



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**COMUNICACIONES**

TEMA:

---

“SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON MONITOREO WEB PARA CONTEO DE PASAJEROS EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO”

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de la Información y Comunicación.

AUTOR: Santiago Fabricio Morales Camacho.

TUTOR: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

Ambato - Ecuador

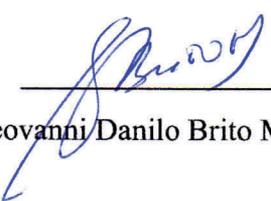
Septiembre, 2017

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema: “SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON MONITOREO WEB PARA CONTEO DE PASAJEROS EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO”, del señor, Santiago Fabricio Morales Camacho estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Septiembre de 2017

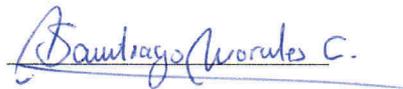
EL TUTOR

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Giovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON MONITOREO WEB PARA CONTEO DE PASAJEROS EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprendan del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Septiembre 2017



Santiago Fabricio Morales Camacho

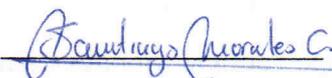
CC: 1804795449

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Septiembre 2017



Santiago Fabricio Morales Camacho

CC: 1804795449

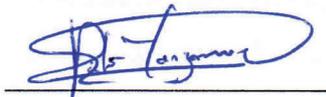
## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ingenieros: Santiago Manzano y Carlos Serra, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON MONITOREO WEB PARA CONTEO DE PASAJEROS EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO, presentado por el señor Santiago Fabricio Morales Camacho de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



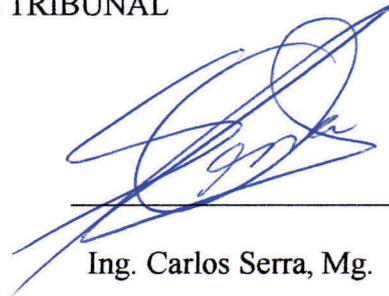
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Ing. Santiago Manzano, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Carlos Serra, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*A Fabiola y Héctor mis queridos padres, su cobijo tierno al alba tras infinitas noches, un ¿cómo te fue en aquel examen?, una mirada de orgullo, palabras de aliento, todos sus detalles para conmigo; este es el fruto de su esfuerzo, el reflejo de las mejores cualidades de ustedes, su pasión en el trabajo, sus atributos de artistas, su inteligencia, su valentía, su amor.*

*Siempre han sido un referente para mí, parte importante de mi inspiración, han sido mi mejor maestro y aún sigo aprendiendo mucho de ustedes.*

*De pequeño me enseñaron cómo funciona el mundo, ahora puedo mejorarlo un poco más.*

Santiago Morales Camacho

## AGRADECIMIENTO

*A Héctor Morales y Fabiola Camacho, les debo un mundo mis queridos padres, gracias por todo.*

*A mis hermanos Leonardo y Evelyn por sus innumerables risas, charlas y por todo el tiempo que compartimos día a día.*

*A Camila por todo su apoyo incondicional y su amor que me ha ayudado a seguir y enfrentar cualquier circunstancia presente.*

*A mis hermanos, familiares y amigos quienes me han apoyado en todos los instantes buenos y malos, con sus palabras y gestos de aliento.*

*Al Ing. Geovanni Brito que me ha ayudado en este proceso con sus conocimientos, paciencia y su total apertura frente a cualquier situación a lo largo de la carrera.*

*A los ingenieros Jurado, Manzano y Brito, su conocimiento ha sido muy valioso y gracias a ello me ha abierto campos laborales.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, mi alma mater, sus pupitres moldearon y vieron nacer a un nuevo ingeniero.*

Santiago Morales Camacho

## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA .....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII

### **CAPÍTULO I**

#### EL PROBLEMA

1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.3. DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específico .....	5

### **CAPÍTULO II**

#### MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.2.1. Sistemas de Transporte Público .....	9
2.2.2. Sistemas de contadores de pasajeros.....	11
2.2.3. Barras contadoras de pasajeros .....	12
2.2.4. Empresas con dispositivos homologados.....	13
2.2.5. Visión artificial Introducción a técnicas de posicionamiento de objetos .	16
2.2.6. Modelamientos para visión artificial .....	17
2.2.7. Sustracción de Fondo Básico .....	18
2.2.8. Sustracción de fondos con fotogramas anteriores.....	20

2.2.9.	Modelo BackgroundSubtractorMOG .....	22
2.2.10.	Adaptación de mezclas gaussianas .....	23
2.2.11.	Detección de sombras .....	23
2.2.12.	Modelo BackgroundSubtractorMOG2 .....	24
2.2.13.	Modelo BackgroundSubtractorKNN .....	26
2.2.14.	Selección de parámetros .....	28
2.2.15.	Software de visión artificial Open CV .....	31
2.2.16.	Python y OpenCV .....	33
2.2.17.	Componentes de una aplicación web .....	33
2.2.18.	Linux, Apache, Mysql y Php o Perl .....	34
2.2.19.	Servidor remoto en internet .....	34
2.2.20.	Sakis3G .....	35
2.3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	36

### **CAPÍTULO III**

#### MARCO METODOLÓGICO

3.1.	MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	37
3.3.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	37
3.4.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	38
3.5.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	38

### **CAPÍTULO IV**

#### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO ..	40
4.2.	REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO .....	40
4.3.	REQUERIMIENTOS PARA EL MONITOREO WEB .....	44
4.4.	SISTEMA CONTADOR DE PASAJEROS .....	47
4.4.1.	Adquisición de Video y Procesamiento .....	48
4.4.2.	Almacenamiento local y presentación local .....	48
4.4.3.	Envío de Datos .....	48
4.4.4.	Monitoreo web .....	49
4.5.	ANÁLISIS TÉCNICO DEL HARDWARE SELECCIONADO .....	50
4.5.1.	Cámara de Video .....	50

4.5.2.	Mini Computador o tarjeta de procesamiento.....	51
4.5.3.	Módulo GSM/GPRS .....	53
4.5.4.	Dispositivos de Visualización .....	54
4.5.5.	Regulador de voltaje .....	56
4.5.6.	Fuente de alimentación .....	57
4.6.	SISTEMA OPERATIVO .....	58
4.6.1.	Elementos para instalación sistema operativo .....	59
4.6.2.	Instalación del sistema operativo .....	59
4.6.3.	Conexiones SSH .....	61
4.6.4.	Instalación de Sakis3G.....	61
4.6.5.	Instalación de RPi LCD .....	62
4.6.6.	Instalación de OpenCV en Raspberry Pi.....	63
4.6.7.	Python en OpenCV .....	64
4.7.	CONTEO DE PASAJEROS POR VISIÓN ARTIFICIAL.....	66
4.7.1.	Explicación flujo de trabajo del programa .....	66
4.7.2.	Captura de Video.....	69
4.7.3.	Acondicionamiento de la señal .....	70
4.7.4.	Bucle de apertura de video.....	71
4.7.5.	Tratamientos morfológicos .....	72
4.7.6.	Delimitación de contornos .....	75
4.7.7.	Tracking de objetos.....	78
4.7.8.	Script Person.py .....	79
4.7.9.	Memorización .....	79
4.7.10.	Interpretación y envío .....	80
4.7.11.	Finalización .....	82
4.8.	SERVIDORES WEB Y DE BASES DE DATOS.....	83
4.8.1.	Servidor local, Instalación de LAMP en raspberry Pi.....	83
4.8.2.	Visualización a través de internet.....	85
4.8.3.	Escritura de registros en bases de datos.....	87
4.8.4.	Lectura de registros y monitoreo .....	88
4.9.	PLANTILLAS EN EXCEL PARA LA GENERACIÓN DE REPORTES Y ANÁLISIS DE DATOS.....	89
4.10.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	90

4.10.1. Iniciación de servicios.....	94
4.10.2. Visión artificial conteo pasajeros .....	95
4.10.3. Sistema de monitoreo.....	97
4.10.4. Pruebas velocidad, escritura de registros .....	99
4.11. PRESUPUESTO .....	101
4.11.1. Presupuesto de desarrollo .....	101

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES.....	103
5.2. RECOMENDACIONES.....	104

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANEXO A: Líneas de transporte público cantón Ambato .....	109
ANEXO B: Tipos de vehículos matriculados .....	110
ANEXO C: Código programa detector y contador de pasajeros.....	111
ANEXO D: Código script person.py.....	114
ANEXO E: Base de datos local, tablas, variables LAMP.....	115
ANEXO F: Base de datos, tablas variables Awardspace.....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipo de buses públicos .....	9
Figura 2. Torniquete tipo brazo .....	12
Figura 3. Barra contadora de pasajeros .....	13
Figura 4. Sustracción de fondo, aplicación básica .....	19
Figura 5. Operaciones para detección de movimiento con visión artificial .....	21
Figura 6. Resultado del modelo de Grimson y BasckgroundSubtractorMOG .....	24
Figura 7. Ejemplo de clasificación K-NN .....	28
Figura 8. Agrupación de datos según clase .....	29
Figura 9. Logo de OpenCV .....	32
Figura 10. Arquitectura de una aplicación web tradicional .....	34
Figura 11. Panel de control de Awardspace .....	35
Figura 12. Reductor de voltaje en la unidad de transporte .....	41
Figura 13. Estructura del sistema propuesto .....	47
Figura 14. Convertidor HDMI a VGA .....	55
Figura 15. Regulador de voltaje tipo Busck LM2596 .....	56
Figura 16. Fuentes de alimentación utilizadas a lo largo del proyecto .....	58
Figura 17. Instalación sistema operativo Raspbian en Micro SD .....	60
Figura 18. Dispositivos para arrancar y usar Raspberry pi3 .....	60
Figura 19. Raspberry Pi enlazado desde OSX por SSH .....	61
Figura 20. Comprobación de archivo cv2.so en directorio de python2.7 .....	65
Figura 21. Llamado de librerías de OpenCV y Numpy desde Python .....	65
Figura 22. Diagrama de bloques básico de la visión artificial .....	66
Figura 23. Diagrama de bloques conteo pasajeros por visión artificial .....	68
Figura 24. Aplicación de sustractor de fondo a video .....	73
Figura 25. Tratamiento morfológico de apertura y encierro .....	74
Figura 26. Delimitación de contornos .....	75
Figura 27. Muestras de áreas de los cuerpos .....	76
Figura 28. Valores de las áreas registrados .....	77
Figura 29. Delimitación de contornos, momentos y delineado de contenedor .....	77
Figura 30. Delimitación de contornos desde vista superior .....	78
Figura 31. Tracking de personas - trayectorias con múltiples vectores .....	79

Figura 32. Petición http, envío de datos.....	80
Figura 33. Conteo pasajeros incrustación datos en video .....	81
Figura 34. Servidor Web instalado en Raspberry pi .....	84
Figura 35. Servidor Web instalado en Raspberry pi .....	85
Figura 36. Subdominio en awardspace .....	85
Figura 37. Escritura de registros en bases de datos .....	86
Figura 38. Lectura de registros en base Local .....	87
Figura 39. Lectura de registros en base Remota .....	87
Figura 40. Petición http a sript.....	88
Figura 41. Gráfico de pasajeros entrantes .....	89
Figura 42. Gráfica plantilla análisis de pasajeros .....	90
Figura 43. Sistema contador de pasajeros instalado en autobús.....	91
Figura 45. Ubicación de la cámara del sistema.....	91
Figura 46. Características de la zona de ingreso.....	91
Figura 47. Vista desde cámara zona de entrada .....	92
Figura 48. Alimentación y cableado de energía.....	92
Figura 49. Booteo visualización en pantalla lcd .....	93
Figura 50. Conexión modem GSM/GPRS.....	93
Figura 51. Comando inicio modem GSM/GPRS.....	94
Figura 52. Inicio de componentes de conexión .....	94
Figura 53. Verificación conexión a internet.....	95
Figura 54. Comando inicialización programa conteo pasajeros .....	95
Figura 55. Detección de movimiento, prueba de entrada .....	96
Figura 56. Detección de movimiento, prueba de salida .....	96
Figura 57. Visualización a través de una laptop .....	97
Figura 58. Sistema de monitoreo local .....	97
Figura 59. Sistema de monitoreo remoto .....	98
Figura 60. Selección de fechas.....	98
Figura 61. Gráfico de histórico .....	99
Figura 62. Selección meses para exportación .....	99
Figura 63. Código para medición de tiempos de escritura de datos .....	100
Figura 64. Registros de tiempos para escritura de datos.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Origen de empresas y equipos contadores de personas homologados.....	13
Tabla 2. Equipos contadores de personas usados por cooperativas .....	14
Tabla 3. Características técnicas contadores de pasajeros .....	15
Tabla 4. Ventajas - Desventajas de métodos de detección de objetos .....	30
Tabla 5. Comparación técnica entre cámaras de video para ordenadores.....	51
Tabla 6. Características de tarjetas de procesamiento.....	52
Tabla 7. Características técnicas módulos GSM/GPRS.....	53
Tabla 8. Dispositivos de visualización para Raspberry pi .....	54
Tabla 9. Características de los sistemas operativos para Raspberry Pi.....	58
Tabla 10. Comandos para la instalación de Modem Huawei.....	62
Tabla 11. Comandos para la instalación del controlador de RPi LCD 3,5”.....	63
Tabla 12. Comandos para la instalación de OpenCV.....	63
Tabla 13. Acondicionamiento del tamaño para video .....	70
Tabla 14. Comandos y parámetros de algoritmo sustractor de fondo MOG2 .....	72
Tabla 15. Comandos para la instalación de LAMP.....	83
Tabla 16. Tiempo de registros de datos.....	100
Tabla 17. Presupuesto para desarrollar el prototipo.....	101
Tabla 18. Valores de comercialización .....	102

## RESUMEN

El conteo de los pasajeros en las unidades de transporte público urbano es considerado una necesidad primordial para el sector del transporte, el respectivo control permite ofrecer un mejor servicio a los ciudadanos y una forma segura de conocer las ganancias de las cooperativas en una jornada de trabajo. Muchas empresas en el Ecuador distribuyen y comercializan sistema que realizan este trabajo, sin embargo la tecnología que usan se ha limitado a sistemas mecánicos o infrarrojos que no ha evolucionado mucho a lo largo de los años.

El presente proyecto de investigación trata sobre las condiciones actuales existentes en la ciudad de Ambato referente a sistemas de contadores de pasajeros utilizados por las cooperativas, que técnicas se han desarrollado para el procesamiento digital de imágenes aplicadas a la detección de personas y el diseño y construcción de un sistema en base a visión artificial que permite el conteo del ingreso y salida de pasajeros con su respectivo monitoreo a través de la web, este consiste en un dispositivo capaz de detectar por medio de una cámara si una persona sube o baja de la unidad de transporte, registrar el número de eventos ocurridos y enviarlos a través de la red GSM/GPRS a un servidor web ubicado en internet para ser accesible por los usuarios, su construcción se elaboró con software y hardware libre que permite la reducción de costos y la capacidad de evolucionar de acuerdo a las necesidades que se presenten.

**Palabras clave:** Conteo de pasajeros, Visión artificial, Buses de transporte urbano, Monitoreo web.

## ABSTRACT

The counting of passengers in urban public transport units is considered a paramount necessity for the transport sector, the respective control allows to offer a better service to the citizens and a sure way to know the profits of the cooperatives in a working day . Many companies in Ecuador distribute and market systems that perform this work, however the technology they use has been limited to mechanical or infrared systems that has not evolved much over the years.

This research project deals with the current conditions in the city of Ambato regarding passenger counters systems used by cooperatives, which techniques have been developed for the digital processing of images applied to the detection of people and the design and construction of a system based on artificial vision that allows the counting of the entrance and exit of passengers with their respective monitoring through the web, this consists of a device capable of detecting by means of a camera if a person goes up or down the unit to record the number of events that occurred and send them through the GSM / GPRS network to a web server located on the internet to be accessible by users, its construction was made with software and free hardware that allows cost reduction and ability to evolve according to the needs that are presented.

**Key words:** Passenger counting, Artificial vision, Urban transport buses, Web monitoring.

## INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología en distintas áreas es un factor creciente, que continuamente cambia y que debe satisfacer y mejorar las condiciones existentes; en el sector del transporte público la tecnología a brindado un soporte para el control, la gestión y la seguridad vial, que aseguren el bienestar de la ciudadanía y el desarrollo urbano. El presente proyecto cubre la necesidad por la creación de un sistema de conteo de pasajeros basado en visión artificial con monitoreo web para el registro y supervisión de los datos registrados en jornadas de trabajo a través de una plataforma ubicada en internet, el desarrollo de este trabajo de investigación se realizó conforme a los capítulos descritos a continuación:

En el primer capítulo se describe los problemas existentes con los contadores de pasajeros vigentes en las unidades de transporte público, que llevan a la justificación del desarrollo de este proyecto, planteando los objetivos generales y específicos a cumplir a lo largo del desarrollo del tema.

En el segundo capítulo se abordan los antecedentes investigativos que se han desarrollado con relación al tema propuesto junto a la fundamentación teórica donde se estudia también las tecnologías de conteo de pasajeros usadas por las cooperativas de transporte público en la ciudad de Ambato y los lineamientos correspondientes que llevaron a su implementación, además de cubrir las técnicas en el campo de visión artificial que permitan el desarrollo del prototipo propuesto.

En el tercer capítulo se describe la modalidad de investigación usada para el desarrollo del proyecto y las actividades llevadas a cabo.

En el cuarto capítulo se realiza la el desarrollo de la propuesta describiendo la estructura del prototipo, el sistema contador de pasajeros, el análisis de requerimientos en la unidad de transporte y para el monitoreo web, el análisis técnico, la selección del software, el servidor web, las plantillas de reportes y las correspondientes pruebas de funcionamiento.

En el quinto capítulo se afirman las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en la realización del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA**

SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON MONITOREO WEB PARA CONTEO DE PASAJEROS EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los sistemas actualmente existentes en el mundo para el análisis de afluencia de personas cada vez toma mayor relevancia en múltiples ámbitos laborales; debido a que la capacidad de analizar el volumen de personas que entran en un sitio constituye un control eficiente tanto del talento humano como de los usuarios a quienes se presta un servicio[1]

En las empresas públicas y privadas se busca tener un control de la hora en la que entran y salen los empleados a las instalaciones destinando así el pago de sus sueldos en función del tiempo en que desempeñan su labor; a semejanza de muchos centros comerciales que buscan tener un monitoreo de la cantidad de personas que entran a consumir productos o servicios en determinadas horas y con ello conocer la rentabilidad de ciertos locales para destinar sus estrategias de marketing y elevar día a día esta afluencia; en otros ámbitos económicos, el reflejo de las ganancias versus la cantidad de personas en un momento dado se puede observar en estadios, eventos deportivos, conciertos y demás que muestran el nivel de aceptación de la población del evento dado.[1]

En el ámbito del transporte público ya se ha visto envuelta esta necesidad de conocer la cantidad de gente que usan las unidades de buses y han sido muchos los sistemas y

mecanismos que se han usado para la contabilización de las personas, pero aun ahora todas las alternativas existentes presentan falencias que no solo conllevan pérdidas económicas para los dueños de los buses sino también inseguridades a la hora de transportarse por este medio.

En Ecuador la capacidad de personas que puede hacer uso de un bus se destina en la cantidad de asientos dentro de la unidad y el espacio dispuesto para personas paradas. Según el instituto ecuatoriano de normalización, se dispone de vehículos automotores diseñados para zonas urbanas con una capacidad de 60 o más pasajeros para el caso de un bus urbanos y menor a 60 pasajeros para mini buses urbanos; siendo la ocupación máxima de pasajeros de pie de 6 por metro cuadrado y un monto del 20 % del total correspondiente a los pasajeros sentados.

El exceso de personas se traduce en peso vehicular (peso del vehículo en condiciones de operación con todo el equipo estándar y con el combustible a su capacidad nominal), exceder el rango estipulado en las ordenanzas de control de las unidades de transporte a la larga desgastan las piezas, llantas y estructura de las unidades al igual que la vida útil del asfalto que debe ser manteniendo periódicamente para evitar baches y rupturas traduciéndose una vez más en gastos y potenciales razones de accidentes de tránsito.[2]

Actualmente en la ciudad de Ambato se cuenta con 22 líneas de transporte urbano autorizadas correspondientes a las cooperativas Libertadores, Tungurahua, Unión Ambateña, Vía Flores y Jerpazol. Cada una de estas líneas de transporte urbano, como normativa efectuada al proyecto caja común en la ciudad de Ambato deben acogerse a la instalación de un control de pasajeros.[3, 4]

Mario Villagómez director del observatorio de movilidad de Quito expone que en muchas ciudades se da el caso que los dueños de unidades imponen al chofer una cuota diaria y los demás ingresos los conserven, produciendo que el chofer, se

mantenga en paradas, frene en lugares no permitidos, corran por ganar un cliente y esto se refleja en la mala calidad del servicio.[5]

Por otro lado la Agencia Nacional de Tránsito necesita conocer la cantidad de usuarios que hacen uso de las unidades de transporte en diferentes horarios y sectores de la ciudad para diseñar ordenanzas de tráfico vial de acuerdo a las necesidades actuales de la población y evitar estancamientos, mejorar los tiempos de transporte, cubrir con suficientes unidades de transporte público a todas las zonas y fundamentalmente evitar accidentes de tránsito.[6]

Además las unidades de transporte rural e interprovincial no disponen de un sistema que pueda otorgar el monitoreo en tiempo real de la cantidad de pasajeros en una jornada de trabajo, y los dueños de las unidades no pueden conocer si sus buses están operativos el tiempo definido.

### **1.3. DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS**

- Área Académica: Comunicaciones
- Sublínea de Investigación: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
- Delimitación Espacial: Unidades de transporte público del casco céntrico de Ambato- Ecuador.
- Delimitación temporal: Durante el periodo Marzo 2017 Septiembre 2017 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para la obtención del Título Terminal de Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El proyecto descrito en este documento tiene como propósito presentar un prototipo de un sistema de visión artificial con monitoreo web para el conteo de pasajeros en buses de transporte público que ayude a la optimización del conteo de personas que ingresan y salen en una unidad de transporte con el fin conocer la cantidad de personas dentro de las mismas.

Monitorear una unidad de transporte público proporciona a sus dueños la capacidad de conocer en tiempo real las actividades llevadas a cabo dentro de sus unidades obteniendo informes en cualquier instante sin tener que estar presentes.

La comodidad dentro de un bus público se considera importante por los pasajeros, el estudio realizado por Marco Batarce y su grupo de investigadores en la ciudad de Bogotá y Santiago refleja que la movilidad en el interior de la unidad es un aspecto que la población tiene en cuenta a menudo; proporcionar la facilidad de usar no solo las puertas del medio y fondo de la unidad sino también la puerta delantera que solo suele estar destinada únicamente para su ingreso, contribuiría a que el pasajero tenga opción de usar cualquier de estas puertas.[7]

Conociendo la cantidad de personas que circulan diariamente por el casco urbano de Ambato el ANT y el GAD Municipal pueden destinar ordenanzas y distribuciones de circulación de tráfico que cubran la demanda de la sociedad.

La capacidad de poder implementar tecnología dentro de unidades de transporte se ha incrementado significativamente, en la actualidad existen dispositivos de muy bajo consumo energético, como es el caso de tarjetas de procesamiento de software libre, o placas con soporte de plataformas y distribuciones de Linux; así también proporcionan soporte y acceso a la red GSM y 3G para el envío de datos, entre otras prestaciones que permite disponer de un sistema robusto y sin requerimientos de pago sobre licencias de uso, distribución y venta; todas estas características los hace atractivos en unidades de transporte público por su fácil implementación con los actuales sistemas de alimentación existentes en ellas, permite instalarlos sin modificaciones o intervenciones en los sistemas ya integrados en los mismos, es así que se puede cubrir decenas o cientos de vehículos sin un mayor impacto económico. [8]

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Implementar un prototipo de sistema de visión artificial con monitoreo web para el conteo de pasajeros en buses de transporte público en el casco céntrico de Ambato.

### **1.5.2. Objetivos Específico**

- Determinar la situación actual de los medios de conteo de pasajeros en las unidades de transporte público presentes en el casco céntrico de la ciudad de Ambato.
- Analizar las diferentes técnicas para el procesamiento digital de imágenes aplicadas a la detección de personas.
- Desarrollar un prototipo de sistema para el conteo de la afluencia de pasajeros en buses de transporte público basados en Visión Artificial.
- Desarrollar una aplicación web para el monitoreo de la contabilización de pasajeros en el sistema propuesto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Existen múltiples instrumentos y equipos para el conteo automático de objetos, partiendo desde simples sistemas mecánicos manuales a compuestos sistemas digitales de conteo; el contar objetos es entonces una necesidad que se ha visto involucrada en diferentes escenarios; desde la industria en la elaboración de productos, e incluso aspectos sociales como por ejemplo la cantidad de gente en un evento deportivo o en un centro comercial; es por ello que esta necesidad ha sido abordada en múltiples investigaciones enfocándose en la construcción de sistemas robustos y de precios accesibles.[1]

Magaly Jiménez en su tesis de grado de la Universidad Nacional de Loja con tema *“Desarrollo de un sistema de visión artificial para la detección de aglomeración de personas en un semáforo”* es capaz de detectar el flujo peatonal en intersecciones de calles principales simulando colocarse sobre un semáforo; desarrollado por medio de Toolbox el software Matlab, se procesa el algoritmo de Viola-Jones para detectar personas por medio del reconocimiento de la parte superior del cuerpo o de su cara aptos para ambientes de luz controlada y con una factibilidad del 60% al 85% de aciertos según el algoritmo aplicado más no está enfocado en la utilización de software de carácter público lo cual lo convierte en un sistema medianamente accesible.[9]

Álvaro Bayona de la Universidad Autónoma en Madrid desarrolla su Trabajo Fin de Master *“Conteo de Personas Mediante Iluminación Láser y Visión Artificial”*, el cual

pretende tomar un nuevo concepto en el tratamiento de la iluminación tradicional en visión artificial por medio del uso de tecnología láser con ayuda del equipo ZM-18H de la empresa Z-Laser, como medio para el acondicionamiento del escenario de análisis y conteo, trabajando en bandas infrarrojas a una longitud de onda de 808 nanómetros para luego desarrollar un algoritmo que analice las secuencias generadas al desplazarse una persona captada por la cámara sensible a infrarrojos CDN-62 de SONY, el sistema propuesto tiene una amplia utilidad evitando las interferencias de sombras y cambios de iluminación lo que lo vuelve un sistema robusto y preciso de los métodos tradicionales que para solventar estas deficiencias presentes hacen uso de complejos modelamientos matemáticos.[10]

Se ha registrado en los repositorios de la Universidad ICESI de Cali Colombia el tema “*Sistema de Visión Artificial para Conteo de Objetos en Movimiento*” presentado por Andrés Loaiza, David Manzano y Luis Múnera en el 2012 el cual trata diferentes procedimientos para la construcción de sistemas de visión artificial con un enfoque técnico en dispositivos ópticos, haciendo un realce en las características del video al usar diferentes tipos como los digitales y análogo-digitales y aperturas de fotogramas a F/1.4 y F/5.6; así como los resultados de acuerdo a las condiciones en donde se desarrolla la visualización, el cual permite tener criterios importantes en la manipulación de blobs para distintos elementos ya sean objetos, autos, personas y animales.[11]

Diego B. y Tomás G, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga en el 2015 desarrollan el tema “*Diseño Y Construcción De Una Plataforma Automática y Utilización De Visión Artificial En Buses Urbanos, Para Facilitar El Acceso A Personas Que Utilicen Sillas De Ruedas*”, un sistema mecánico que ayuda a las personas con discapacidad motriz a ingresar a unidades de transporte al ubicarse en medio de una plataforma la cual con ayuda de una cámara y visión artificial analiza su presencia para iniciar el movimiento de un conjunto de engranajes, poleas y sistemas neumáticos con el fin de activar un brazo elevador y permitir a la persona en silla de ruedas ingresar sin dificultad a la unidad; el sistema, hace uso de únicamente

delimitación de contornos por medio del software Qt para detectar si un objeto se encuentra en la plataforma, más no identifica si se está desplazando o si realmente es una persona, elementos que se podrían mejorar en este sistema.[12]

Por otro lado, en cuanto al conteo de pasajeros en unidades de transporte público, han existido numerosos estudios de sistemas y métodos que permitan la automatización de esta actividad que se puede ver plasmada en los siguientes papers y tesis.

Javier Martínez y Alonso Baquero, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz, presentan el tema “*Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico para el Control de Abordaje de Pasajeros en Buses Interprovinciales del Ecuador*” el cual funciona por medio de tarjetas TAGS de radio frecuencia que contiene la información necesaria para abrir las puertas de la unidad así como la cuenta de pasajeros que ingresan al acercarlo a un receptor a una distancia no mayor a 6cm, el usuario debe siempre traer consigo la tarjeta y esta puede ser utilizada una o máximo dos veces dependiendo de la distancia del recorrido por motivos de descanso, evitando que los buseros o controladores pretendan hacer mal uso de las mismas, además el sistema posee unos sensores infrarrojos colocados a lo largo de la entrada de vehículo para evitar y registrar la presencia de una persona mientras el vehículo se encuentra en movimiento[13]

Pierre Deslauriers, C.E.O (Chief Executive Officer - Director ejecutivo) de la empresa INFODEV con sede en Canadá, desarrolla y distribuye sistemas electrónicos de conteo de personas orientados a peatones en calles, centros comerciales, casinos, pasajeros en vehículos como autobuses, trenes, aviones; su funcionamiento en todas las circunstancias se basan en el uso de sensores direccionales lo que quiere decir que reconoce cuando un individuo entra o sale por una misma puerta identificando su dirección de desplazamiento para luego almacenar los resultados y enviarlos por medio de un concentrador hacia una micro computadora para luego manejar la información de acuerdo a las necesidades de los clientes; todo el sistema está desarrollado tanto en hardware como en software por

INFODEV lo que le hace escalable y robusto con una precisión mínima de 95% y un estándar del 97%. [1]

## 2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.2.1. Sistemas de Transporte Público

Los sistemas de transporte público son modelos de desarrollo urbano orientados a satisfacer necesidades de la población para transportarse en rutas establecidas mediante el pago de una tarifa antes de abordarlo y permitiendo un acceso rápido a las unidades. En Ecuador existen dos tipos de transportes público; los destinados a transporte interprovincial y los urbanos; ambos significativamente parecidos pero con diferencias en la cantidad, tipo y material de los asientos así como los espacios que distan entre ellos; la disposición y tamaño de las ventanas, salidas de emergencia, barandillas y puertas de acceso y un sin número de especificaciones establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana “NTE INEN 1323”[14]



Figura 1. Tipo de buses públicos

Fuente: [15]

Ambato cuenta con 22 líneas de buses de transporte público registrados y autorizados para la circulación, estos están distribuidos en 5 cooperativas pertenecientes a “Los Libertadores, Tungurahua, Unión Ambateña, Vía Flores y Jerpazsol”; juntos forman un parque automotor aproximado de 640 buses matriculados en la provincia de Tungurahua según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) del 2014. Estos buses denominados buses “Tipo” poseen una antigüedad no mayor a 10 años, debido a que en el año 2007 el Consejo Municipal exigió que todas la unidades que

brindan servicio a la ciudad se actualizaran y posean las características descritas anteriormente.[3, 16, 17]

La resolución N° 002-DIR-2014-ANT establece el instructivo para el control y evaluación del sistema de caja común en las operadoras de transporte público terrestre siendo como disposición transitoria de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial LOTTTSV; la instauración y adaptación obligatoria del sistema de recaudo electrónico; este permitirá la estimación de los montos recibidos por la prestación de servicio de transporte al cobro de un pasaje, y la administración del uso de la ciudadanía sobre las unidades de transporte. El sistema de caja común se define como un esquema capaz de estimar el reparto equitativo de las ganancias percibidas entre todos los integrantes de la cooperativa, gracias a un fondo único que es evaluado en forma centralizada y gestionado por una estructura organizacional definida.

En el artículo 5 “Estructura Organizacional”, literal 3, “Procesos de Supervisión y Control”; se establece que debe existir un mecanismo verificador de los registros de pasajeros y tarifas recaudadas para cada una de las rutas y frecuencias realizadas por los buses de transporte; estos registros se validarán con ayuda de medios tecnológicos o manuales estipulados en literal 4 “Proceso de Registro y Conciliación”, en donde se establece entre otros parámetros que los datos sean fidedignos y coherentes, para que en el proceso de “Liquidación” del literal 5, se proceda al pago de cada uno de los socios de la operadora según la fórmula de pago definida previamente y con su respectivo registro de transacciones ya sea digital o físico como medio de respaldo.[18]

En el Artículo 9 “Control y Evaluación” se establece de forma obligatoria que las cooperativas de transporte público deben emitir, en forma mensual, informes sobre la cantidad de pasajeros transportados y el monto obtenido de cada día y de ser posible en cada ruta. A su vez en el artículo 10 “Sistema tecnológico para el control de recaudo” permite a las operadoras implementar sistemas tecnológicos que ayude a la

gestión en las unidades de transporte y lo establece como único medio para el pago tarifario de las unidades de transporte público. Sus características se amplían en La resolución N° 085-DIR-2016-ANT implementada como una reforma de las resoluciones N° 002-DIR-2014-ANT y N° 003-DIR-2014-ANT, donde se modifica y adjunta ciertos artículos entre los cuales se incluye una cuarta disposición que obliga a las operadoras de transporte terrestre a usar únicamente equipos Homologados por la ANT, además, se reforma el artículo 12 con el fin de especificar que el sistema debe ser formado por los siguientes equipos:[18, 19]

- Validador del cobro de tarifas.
- Contador de pasajeros en barras de conteo o equipos correspondientes.
- Equipos de posicionamiento global.
- Sistema con identificador de operadores, rutas y parámetros de las unidades.
- Equipo que controle y monitoree la actividad de la unidad.

### **2.2.2. Sistemas de contadores de pasajeros**

Existen actualmente diferentes métodos, dispositivos y equipos capaces de detectar el número de personas que ingresan en las unidades de transporte algunos de ellos se basan en elementos mecánicos como los torniquetes, y otros en dispositivos electrónicos y digitales; el funcionamiento de los torniquetes o también conocidos como “tornos de control de acceso” puede estar dado por el movimiento giratorio de tres brazos colocados en un ángulo tal que permitan el acceso al empujar uno de ellos. Y el tipo pasillo que es una combinación de un sistema eléctrico mecánico que permite el ingreso de una persona cuando se activa un lector de tarjetas de ingreso u otro medio establecido según los requerimientos del cliente; de estos dos métodos el más común en buses de transporte público es el tipo torniquete de tres brazos debido a su reducido espacio de instalación, fácil movilidad, trabajo en condiciones climatológicas cambiantes, sistemas de recepción de moneda, fichas o tarjetas RFID y con indicadores de acceso o restricción a las unidades de transporte público, además suelen presentar mecanismos antipánicos que consisten en la desactivación

del brazo de paso de pasajeros cuando se presente una necesidad urgente de abandonar la unidad.[20]



Figura 2. Torniquete tipo brazo

Fuente: [20]

### **2.2.3. Barras contadoras de pasajeros**

Otros sistemas contadores de pasajeros ampliamente utilizados en buses de transporte público son los de tipo barra electrónica, un dispositivo que consta una barra de filas de leds infrarrojos emisores y otra barra de leds receptores posicionados estratégicamente; la barra que recibe la señal a su vez posee dos receptores con sensores uno a la par del otro dispuestos horizontalmente con el fin de detectar la dirección que toma una persona al ingresar o salir de la unidad de transporte público interrumpiendo la señal incidente progresivamente en los sensores.

Los dispositivos se colocan tanto en la puerta delantera como en las puertas traseras, con su correspondiente fuente de alimentación y baterías de respaldo; la barra que hace la función de receptor posee una tarjeta de procesamiento, memorias, y puertos para periféricos con el fin de visualizar el contador, además, suelen poseer la opción de colocar dispositivos como GPS y medidores de velocidad, hora y fecha de encendido y apagado del motor entre otras.[21]



Figura 3. Barra contadora de pasajeros

Fuente: [22]

#### 2.2.4. Empresas con dispositivos homologados

Siete empresas constan como certificadas para la venta de contadores de pasajeros homologados según la Dirección de Regulación de la ANT como se visualiza en la tabla 1, de las cuales dos han vencido su fecha de homologación hasta la expedición del documento actualizado el 2 de mayo del 2017.[23]

Tabla 1. Origen de empresas y equipos contadores de personas homologados

Nombre de la empresa Comercializadora	Ubicación de la empresa	Sistema Homologado	Modelo del Equipo	Marca del equipo	Empresa que fabrica el equipo	Ciudad de origen del equipo	Fecha de expiración de la homologación
SGA INNOVAR S.A.	Quito	Optocontrol	Opto 500	Optocontrol	Optocontrol JIBF S.A	San Rafael de Escazú - Costa Rica	12/11/2016
MIVILTECH SOLUCIONES INDUSTRIALES S.A	Ambato	Busmatick	BCP	Busmatick	Busmatick Group	Madrid - España	01/03/2017
PILICITA ESCOBAR CARLOS MIGUEL	Guayaquil	Rasereasy	V1.1, V2.2	Raserbus	Rasercom	N/E	28/08/2017
TECNOLOGIA AVANZADA EN TRANSPORTE TECNOTATSA ECUADOR S.A.	Quito	Recisa Recaudos Integrados S.A	INS43	Sonar AVL	Sonar AVL System S.A.S	Medellin - Colombia	28/08/2017
KRADAC CIA. LTDA	Loja	K-Bus	KCONT1	Kradac	KRADAC CIA. LTDA	Loja - Ecuador	28/08/2017
TECCIAL S.A	Guayaquil	Teccial	T-CNT-001	Teccial	N/E	N/E	29/10/2017
IDEAR ELECTRÓNICA S.A. DE CAPITAL VARIABLE	Guayaquil	Bea	Contador de pasajeros GPS-GPRS	BEA	Sistema BEA	Guadalajara - México	03/06/2018

Fuente: Investigador

A continuación se presenta una tabla 2 con la implementación del sistema de caja común específicamente en cuanto a la instalación de contadores de pasajeros que las cooperativas de transporte de la ciudad de Ambato han ido instalando progresivamente.

*Tabla 2. Equipos contadores de personas usados por cooperativas*

Cooperativa de transporte	Empresa proveedora de equipos	Equipo	Total implementado
Los Libertadores	Sonar AVL a través de Optimovilidad	Sonar AVL LNS50 LNS43	100 %
Tungurahua	Kradac	Kradac/Busmatik	En fase de implementación
Unión Ambateña	Sonar AVL a través de Optimovilidad	Sonar AVL LNS50 LNS43	En fase de implementación
Vía Flores	Busmatik a través de Miviltech	BCP	En fase de implementación
Jerpazol S.A	N/E	Ro-YALL	100 %

Fuente: Investigador

Las cooperativas que se encuentran en un 100% con sus unidades instaladas son los Libertadores y Jerpazol mientras las otras tres cooperativas restantes aún se mantienen en fase de implementación; según el estudio realizado la mayoría de cooperativa de la ciudad de Ambato no usa contadores de pasajeros por infrarrojo diseñados y construidos en el país a excepción de la cooperativa Tungurahua que se abastece por medio de la empresa Kradac con su equipo K-Bus más aunque tienen un dispositivo de su autoría se ha detectado que en las unidades de transporte utilizan un sistema híbrido que consiste en la utilización de una interfaz de visualización creada por ellos y un contador de pasajeros Busmatik, en el anexo I se puede observar fotografías tomadas a una unidad de transporte en donde se detecta la instalación de este tipo de sistema, además en el anexo J se puede observar en cambio el tipo de contador de infrarrojos de marca Ro-yal utilizado por la cooperativa Jerpazol SA.

La tabla 3 muestra las características técnicas más representativas de los contadores de pasajeros homologados en donde se describe que únicamente busmatik tiene un sistema operativo como agregado a las presentadas por los demás dispositivos, estas se presentan a continuación.

### **2.2.5. Visión artificial Introducción a técnicas de posicionamiento de objetos**

La Visión Artificial, al ser una rama de la “Inteligencia Virtual” tiene por objetivo reproducir, matemática y virtualmente, las percepciones visuales que emite el entorno físico, esta información visual obtenida a través de imágenes digitales expresa procesos de análisis e interpretación para construir un escenario real entre el observador y su entorno.

La Visión Artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados. El uso de la Visión Artificial, como herramienta de información e investigación ha contribuido en procesos para el reconocimiento de rostros, el conteo de individuos en un área determinada, la detección de personas u objetos estáticos o en movimiento, mediciones tridimensionales, establecimientos de relaciones espaciales y la simulación en tiempo real de los acontecimientos en un medio físico, con el objetivo de mitigar los problemas y dificultades de seguridad y privacidad de las personas dentro de lugares, especialmente, públicos y de alta concurrencia. Las imágenes que se generan mediante los procesos de la visión artificial deben pasar por filtros para la mejora de la calidad fotográfica y de la información, siendo las técnicas para realzar las propiedades de la imagen el pre procesado, en donde, la manipulación del realce, la eliminación del ruido y la detección de bordes atenúan las irregularidades visuales y mejoran el contraste de la misma para la optimización de su calidad virtual a tiempo real.[24]

El poder discriminar el objeto que se mueve y el escenario que lo rodea surge como principal característica y conforma el núcleo del sistema siendo la parte más crítica a considerar. Este procedimiento dependen de la finalidad a las que son orientadas y no pueden ser tomadas como casos generales, puesto que, lo que funciona y satisface a un sistema y a la resolución del problema, no se desarrollará de la misma manera frente a las variables internas o externas de otro problema. En este apartado se

trataron, principalmente, sistemas basados en la sustracción del fondo, un mecanismo altamente utilizado en la detección del desplazamiento de objetos y del cual se han desarrollado numerosas técnicas embebidas para ser implementados en diferentes software.

#### **2.2.6. Modelamientos para visión artificial**

En los procesos de computación por visión artificial un aspecto importante es la estimación de todos los elementos que componen el campo de visión, un proceso que podría parecer simple si lo comparamos con la capacidad humana de entender nuestro entorno y todos los elementos con los que interactuamos; pero para un computador todos los elementos son simples 1 y 0 en forma de pixeles y poder relacionarlos, para estimar un objeto en particular puede llegar a ser una tarea compleja. La primera fase consiste en obtener una imagen y representarla en una matriz bidimensional siendo cada uno de sus elementos un pixel que varían en brillo e intensidad de sus componentes de color RGB, que posteriormente pueden ser tomados en cuenta dependiendo de sus características para el procesamiento de la imagen o descartados si una gama de color en particular no es requerida.[25]

La segunda fase consiste en estimar el fondo al objeto que se desea analizar, conocido como “Sustracción de fondo” para lo cual existen muchos métodos adaptativos basados en cálculos matemáticos y probabilísticos. Los dos mas conocidos son el algoritmo FGD (Foreground Detection based on background modeling and Bayes classification) y el MOG (Mixture of Gaussians), en el cual el primer método parte de las características de la imagen en cada pixel tomando como referencia la escala de grises o color, al gradiente o estructura local así como los rasgos temporales en cada frame, es así que se usa la teoría de decisión de Bayes para estimar objetos dinámicos o estacionarios y el modelamiento del background. En el segundo método, el algoritmo MOG se modelan los valores de un pixel en particular como una mezcla de distribuciones gaussianas basándose en la persistencia de sus características y la concordancia de cada una de las muestras determinando que pixeles podrían encajar con la estimación del background, y el resto de ellas considerándolas el foreground u objeto analizado.[25, 26]

Una vez obtenido el background, la tercera fase consiste en que un objeto en particular puede ser identificado estableciendo su forma y delimitando sus contornos, proceso conocido como “Procesamiento morfológico de imágenes” en el cual su base es la teoría de conjuntos en el que se plantea tomar una imagen binarizada, 1 y 0 que representan el background y el foreground y clasificarlos por medio de operación como la intersección y union validados por medio de sus propiedades conmutativa, asociativa e idempotente siendo la ultima la mas importante en morfología; el objetivo a fin es obtener estructuras geométricas conformadas por subconjuntos de estructuras geométricas simples, círculos, rectángulos y polígonos que den las características del objeto a analizar.[26, 27]

Determinado el elemento objeto de análisis el tratamiento de este dependerá de la aplicación que se desea implementar y su resultado dependerá de las características previas al análisis del objeto, es así que en cada una de las fases existen procedimientos para la obtención de mejores resultados como la eliminación de ruido, establecimientos de sombras, filtros y desenfoques, dilatación y erosión, vectorizacion de momentos, seguimientos de patrones, estimación de blogs y muchas otras procedimientos que dependen de la aplicación a obtener.[25, 26]

### **2.2.7. Sustracción de Fondo Básico**

El mecanismo de sustracción de fondo tiene como finalidad determinar el escenario estático o sin movimiento y restar los fotogramas siguientes generados por el video captado, este fotograma principal que tiene las características del escenario estático se la conoce como Background, traducción del fondo o segundo plano y los fotogramas siguientes que son el objeto de análisis, llevan el nombre de Foreground o primer plano. El resultado que se obtiene al generar la resta del Background y el Foreground de cada uno de los fotogramas en su composición mínima, permite identificar los cambios que ocurren en los pixeles que forma la imagen y que tras efectuar procedimientos matemáticos a toda esta matriz de pixeles analizada, se logra determinar los objetos que se desplazan en una imagen.[28]

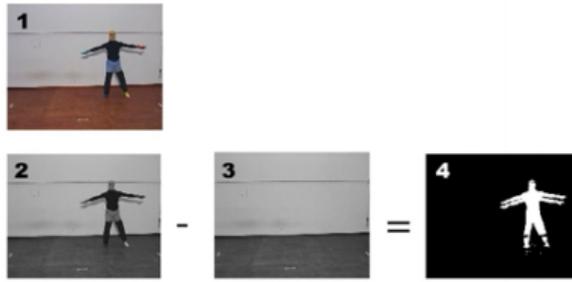


Figura 4. Sustracción de fondo, aplicación básica

Fuente: [28]

En la figura 4 se muestra de forma básica como es el resultado de la sustracción de fondo, en donde, el cuadro superior de la esquina izquierda marcado con el numeral 1, muestra el video capturado por la cámara considerado como la imagen original, la siguiente marcado con el numeral 2 es la imagen tratada para estar compuesta por la composición de escala de grises de datos, es decir, la composición de Pixels en diferentes tonos de grises, proceso realizado para poder realizar la resta de mejor manera con la imagen representada con el numeral 3, esta es la representación del fondo de la imagen, en donde, se desplaza el objeto. El resultado obtenido es la representación del objeto, como lo muestra la imagen marcada con el numeral 4, y que marca al objeto que se desplaza o que es diferente al fondo con una combinación de Pixels en blanco a diferencia del fondo que se muestra como una combinación en color negro, esto se debe a que al momento de realizar la resta de la matriz que conforma la imagen en cada una de sus fotogramas, el resultado anula los Pixels que mantienen las mismas características en las mismas posiciones a lo largo del video. [28]

Otras modalidades basadas en la sustracción de fondo se diferencian por la forma de estimar el Background, o el tratamiento de los fotogramas como la sustracción por imagen de referencia y sustracción con fotogramas anteriores. En el caso del primero, en este método al igual que el de sustracción simple realiza la resta entre el background y foreground, pero la característica principal radica en que el background es una imagen fija que no cambia o se modifica a lo largo de la reproducción del video, esta imagen que suele ser el primer fotograma a la apertura

de la cámara se almacena y se compara con todos los fotogramas posteriores, este método suele ser utilizado en ambientes, donde las características del escenario no son variables.

#### **2.2.8. Sustracción de fondos con fotogramas anteriores**

Este método se caracteriza por la obtención de fotogramas anteriores que representan al background desfasados un cierto tiempo al fotograma actual; de esta manera el escenario se mantiene actualizado frente a perturbaciones en el ambiente que modifican las características del escenario para una mejor estimación del objeto que se desplaza. El retardo que sufre el background frente al frame actual es almacenado en memoria y depende de la velocidad del desplazamiento del objeto; el rango de desfase del fotograma actual y el almacenado mantienen una distancia prudente para evitar detección de objetos como parte del background, a menos que estos se mantengan inmóviles y pase a formar parte del escenario.

Los mecanismos antes mencionados tienen su fundamentación en operaciones matemáticas de adición o sustracción, en donde las escenas totalmente quietas sin movimientos, resultan como un imagen de resultado cero. Pero no solo la visión artificial se basa en esta operación matemática, sino que son el conjunto de múltiples operaciones, transformaciones y algoritmos que permiten el análisis de las características sobre las imágenes, cada una de las operaciones; como lo son expuestas en la figura 5 conllevan un manejo de datos y parámetros modificables que los hace imposibles de tratar individualmente, pero que en su medida los vuelve necesarios para una buena aproximación a la hora de detectar objetos en movimiento; y por tanto matemáticos y científicos han desarrollado librerías computacionales, toolkits, paquetes, que integran muchas de estas operaciones y algoritmos en métodos listos para evitar todas estas configuraciones y que condensan los parámetros en unas pocas ya establecidas como lo son los algoritmos `BackgroundSubtractorMOG`, `BackgroundSubtractorMOG2`, `BackgroundSubtractorKNN`, entre otros.



Figura 5. Operaciones para detección de movimiento con visión artificial

Fuente: Investigador

### **2.2.9. Modelo BackgroundSubtractorMOG**

Este método desarrollado por KaewTraKulPong y Bowden en 2001, basado en un modelo de fondo multicolor por pixel compuesto desarrollado por Grimson Well en 1998, mejora la calidad que sufre el método original en cuanto al aprendizaje lento de entornos cambiantes, siendo capaz de detectar sombras móviles y objetos en movimiento por medio de la utilización de diferentes ecuaciones en diferentes fases.

El modelo de BackgroundSubtractorMOG se diferencia del modelo propuesto por Grimson en las ecuaciones de actualización de fondo, la metodología de inicialización y la introducción de un algoritmo detector de sombras, pero hace uso de los modelos adaptativos no paramétricos de mezclas gaussianas de bajo procesamiento computacional que cubre las falencias que existe al introducir o eliminar un objeto al fondo del escenario como ocurre en el modelo de Koller, que utiliza un filtro Kalman para realizar un seguimiento en los cambios de luminosidad de fondo de cada pixel, por medio de una actualización selectiva incluyendo únicamente los valores probables en la estimación del fondo y que ayuda a disminuir el efecto causado por pequeños movimiento repetitivos presentes en el escenario como es el caso del movimiento de las plantas y árboles.

#### **El modelamiento del fondo**

El fondo se analiza en cada pixel por medio del modelamiento de distribuciones gaussianas representado cada uno por diferentes colores, el tiempo en que estos colores permanece en escena se denomina pesos. El fondo contiene muchos mas pesos debido a que permanece más tiempo y más estáticos, estos forman racimos de Pixels apretados mientras que los objetos en movimiento forman agrandamiento de racimos por efecto de la reflexión en diferentes superficies, esta medida se la conoce como el valor de amplitud

Para que el modelo se adapte en sus cambios de iluminación, se usa un esquema de actualización aplicado en regiones selectivas y no a todo el fondo; el cambio de cada pixel se comprueba contra el modelamiento existente en orden de amplitud haciendo

que solo se actualice los componentes que coincidan, en el caso de no existir una coincidencia, se agrega un nuevo componente gaussiano con la medida en ese punto y un pequeño valor de ponderación.[29]

#### **2.2.10. Adaptación de mezclas gaussianas**

En el modelamiento de Grimson, la sustracción del fondo se realiza marcando un único pixel del primer plano, el cual puede ser cualquiera siempre y cuando este lejos 2,5 desviaciones estándar de cualquier distribución, es analizado y el primer componente gaussiano que coincida con este pixel se actualiza por medio de una ecuación que define la constante de tiempo que determinará el cambio; si no existe coincidencia con ninguna de las distribuciones, el componente menos probable de coincidencia se reemplaza con un componente con el valor medio actual del pixel, una varianza inicialmente alta y un parámetro de peso bajo, que según el documento de Grimson estos dos datos son únicamente necesarios. El modelo de BackgroundSustractorMOG mejora la capacidad de incluir un objeto de primer plano estático como parte del fondo, disminuyendo el término de probabilidad que conlleva a una reducción en las adaptaciones demasiado lentas y permitiendo que el rastreador de objetos pueda cambiar segundos después de la inicialización.[29]

#### **2.2.11. Detección de sombras**

El modelo original no es capaz de detectar sombras debido a que no posee heurística para etiquetar los componentes gaussianos que representan sombras en movimiento, la solución a esto se logró agregando un modelo de color computacional, el cual consiste en analizar un pixel que no sea de fondo con los componentes de fondo actuales, si en su diferencia de los componentes cromáticos y de brillo están dentro de un umbral establecido este es considerado como sombra. Las tres características principales antes expuestas son sustentadas con fórmulas matemáticas y modelamientos a partir de investigaciones y modelamientos previos de diferentes autores, el paper con toda la información se encuentra adjuntado como documento pdf en el disco junto a la información de esta tesis en la facultad de Sistemas Electrónica e Industrial en la Universidad Técnica de Ambato.

La figura 6 muestra un ejemplo del modelo BackgroundSubtractorMOG en donde la primera fila muestra de izquierda a derecha el video original a 15, 105, 235, 290 y 1200 frames por segundo, la siguiente fila muestra el resultado de la aplicación del modelo original de Grimson, en las dos siguientes filas se puede observar un mejoramiento en la identificación de objetos dinámicos como resultado de la implementación del modelo BackgroundSubtractorMOG en donde existe la detección de sombras como muestra la fila 3 y en donde estas se marcan en color gris.[29]

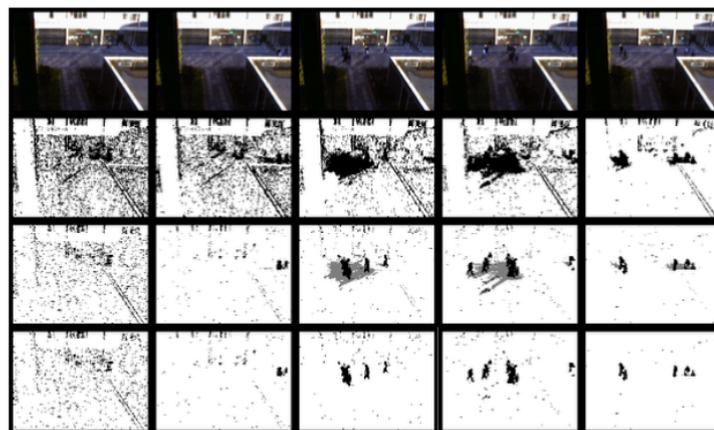


Figura 6. Resultado del modelo de Grimson y BasckgroundSubtractorMOG

Fuente: [29]

### 2.2.12. Modelo BackgroundSubtractorMOG2

El modelo BackgroundSustractorMOG se basa en la ampliación de las ecuaciones estándar de actualización de modelos de mezclas gaussianas mejorando la velocidad de adaptación del modelo; BackgroundSustractorMOG2 creado por Zoran Zivkovic en 2004 es una variante del modelo antes visto, y analiza la restauración del fondo basado en pixeles agregando dos componentes en base a modelos de otros autores para mejorarlo; el primer agregado consiste en un algoritmo mejorado de modelos de mezclas gaussianas desde una perspectiva bayesiana para adaptarse automáticamente a la escena eligiendo el número correcto de componentes para cada pixel; y el segundo agregado consiste en usar un enfoque de núcleo de tamaño variable como ayuda para resolver la elección del kernel, el cual, es parte de la estimación de la densidad de las escenas para la substracción del fondo.

### **Algoritmo de mezclas gaussianas**

La adaptación de futuros cambios en el escenario se consigue actualizando el conjunto de formación eligiendo un periodo de adaptación temporal, luego cada muestra actualiza el conjunto de datos de entrenamiento y se reestima la densidad; en ese instante los datos pueden pertenecer a objetos de primer plano; para limitar la afluencia de datos antiguos se usa una constante de envoltura exponencial decayente y si se alcanza un número máximo de componentes, se descarta el componente con menor peso; el algoritmo entonces se basa en la agrupación lineal, normalmente los objetos de primer plano intrusivos se presentan como agrupaciones adicionales con pesos pequeños y por tanto se puede aproximar el modelo de fondo por los primeros grupos más grandes; si un objeto intrusivo permanece inmóvil durante algún tiempo este se presentará temporalmente como un grupo adicional, mientras más tiempo permanezca estático su peso se hace más grande y poco a poco se lo empieza a considerar como fondo.[30]

### **Estimación de la densidad del kernel**

En métodos expuestos por otros autores la densidad viene dada por una estimación del núcleo con un tamaño fijo, mientras que otros autores como Wand en 1995 adaptan el tamaño del núcleo en cada punto de la estimación. En lugar de intentar encontrar un valor global óptimo, BackgroundSubtractorMOG2 aumenta la anchura del núcleo para cada punto hasta que se cubra una cantidad fija de datos, obteniendo kernel más grandes en áreas con un pequeño número de muestras y núcleos más pequeños en las áreas densamente pobladas y también, se configura de tal manera de que una nueva muestra se ajusta al modelo si hay más de  $k$  puntos en la densidad, siendo estos puntos de tamaño fijo y el volumen o cuerpo de tamaño variable asegurando que no existan problemas de discontinuidad con Pixels vecinos.

### **Mejoramiento en el algoritmo original**

Con un número fijo de componentes el modelo BackgroundSubtractorMOG2 demuestra una mejora en los resultados de segmentación así como en el tiempo de procesamiento, en las pruebas de campo utilizando un tiempo de 320x240 imágenes

y con un procesamiento de PC menor a 2GHz; el nuevo algoritmo se adapta a la escena modelando las áreas dinámicas con más componentes, por lo cual el tiempo de procesamiento también depende de la complejidad de la escena. Por ejemplo en una escena en donde se muestre el movimiento de árboles que es altamente dinámica, el tiempo de procesamiento se acerca al tiempo de procesamiento manejado por el modelo original, pero en escenas donde los elementos de fondo son estáticos el procesamiento de objetos dinámicos mejora considerablemente, esto sucede debido a que los objetos intrusos en el fondo como los árboles, introducen la generación de nuevos componentes que se eliminan después de algún tiempo. Hay que agregar que en entornos dinámicos como lo de los árboles el algoritmo actúa de manera más agresiva, si bien es cierto los tiempos de procesamiento inicialmente son similares al modelamiento original, la segmentación de la densidad en estos casos descarta los componentes sin importancia y se actualiza encontrando mejores modelos de mezclas gaussianas.[31]

### **2.2.13. Modelo BackgroundSubtractorKNN**

BackgroundSubtractorKNN surge del algoritmo K-nearest neighbours, que su traducción es K vecinos más cercanos, este es un método no paramétrico utilizado para la clasificación y la regresión, consta de un sin número de entrenamientos “k” de los componentes más cercanos en el espacio de características.

La salida es una pertenencia a la clase, es decir, un objeto es clasificado asignándolo por sus características a la clase más común por un voto mayoritario de sus vecinos más cercanos, es el resultado de un análisis computacional del promedio de los valores de sus características, asignando pesos a las contribuciones de los vecinos, de modo que los más cercanos contribuyen más al promedio. Se podría entender que el algoritmo K-NN es un tipo de aprendizaje lento basado en la instancia, donde la función sólo se aproxima localmente y todo el cálculo se aplaza a la identificación del tipo de pertenencia; este algoritmo es uno de los más simples métodos de aprendizaje automático; una peculiaridad del algoritmo k-NN es que es sensible a la estructura local de los datos. El algoritmo no debe confundirse con k-means, otra técnica popular de aprendizaje automático.

### **El algoritmo K-NN**

Los ejemplos de entrenamiento son vectores en un espacio de características multidimensionales, cada uno con una etiqueta de clase. La fase de entrenamiento del algoritmo consiste solamente en almacenar los vectores de características y las etiquetas de clase de las muestras. En la fase de clasificación,  $k$  es una constante definida por el usuario y un vector no marcado que se clasifica asignando la etiqueta que es más frecuente entre las  $k$  muestras de entrenamiento más cercanas a ese punto de consulta.

Una métrica de distancia comúnmente utilizada para variables continuas es la distancia euclidiana. A menudo, la exactitud de clasificación de  $k$ -NN se puede mejorar significativamente si la métrica de distancia se aprende con algoritmos especializados como Large Margin o análisis de componentes de vecindario; un inconveniente de la clasificación básica de "votación mayoritaria" ocurre cuando la distribución de la clase es sesgada. Es decir, los ejemplos de una clase más frecuente tienden a dominar la predicción del nuevo ejemplo, porque tienden a ser comunes entre los  $k$  vecinos más cercanos debido a su gran número. Una forma de superar este problema es ponderar la clasificación, teniendo en cuenta la distancia desde el punto de prueba a cada uno de sus  $k$  vecinos, la clase de cada uno de los  $k$  puntos más cercanos se multiplica por un peso proporcional a la inversa de la distancia desde ese punto hasta el punto de prueba.[32]

En la figura 7 se muestra un ejemplo en donde el círculo verde representa la muestra de ensayo que se clasifica en la primera clase de cuadrados azules o en la segunda clase de triángulos rojos, si  $k=3$ , representación de la línea continua, se asigna a la segunda clase porque existe dos triángulos y 1 solo un cuadrado; si  $k=5$ , representación de la línea segmentada, el objeto se asigna a la primera clase, 3 cuadrados debido que es mayor que los triángulos.

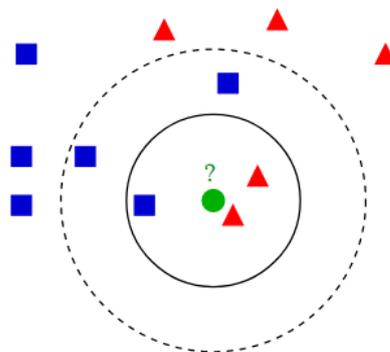


Figura 7. Ejemplo de clasificación K-NN

Fuente: [32]

#### 2.2.14. Selección de parámetros

La selección de  $k$  depende exclusivamente de los datos, mientras mayor sea el valor de  $k$  el efecto del ruido sobre la clasificación se reduce, pero las fronteras entre las clases son menos evidentes, esta selección de  $k$  puede estar definida por varias técnicas heurísticas, teniendo en cuenta que la precisión puede ser severamente degradada por presencia de características ruidosas o irrelevantes, o si las escalas de características no son consistentes con su importancia. Se ha dedicado gran parte de la investigación a seleccionar o escalar características para mejorar la clasificación; un enfoque particularmente popular es el uso de algoritmos evolutivos para optimizar el escalado de características.

#### Propiedades en modelamiento K-NN

En una forma básica algoritmo es fácil de implementar calculado las distancias desde el ejemplo de prueba hacia todos los ejemplos almacenados, pero la demanda computacional es muy exigente debido a la cantidad de operaciones hacia los conjuntos grandes. El uso de un algoritmo de búsqueda aproximada de vecinos más cercanos hace que el trabajo del algoritmo K-NN sea computablemente más eficiente; independientemente si se trabaja con conjuntos grandes, el número de evaluaciones de distancias se reduce, dando paso únicamente a las que sean efectivas, otorgando resultados de consistencias fuertes. A medida que la cantidad de datos se aproxima al infinito, se garantiza que el algoritmo genera una tasa de error no superior al doble de la tasa de error de Bayes que es la tasa de error mínima alcanzable dada la distribución de los datos.

### Extracción de características

Cuando los datos de entrada a un algoritmo son demasiado grandes para ser procesados y se sospecha que son redundantes, entonces los datos de entrada se transformarán en un conjunto de representación reducida, también llamado vector de características. Si los parámetros extraídos son cuidadosamente elegidos, se espera que el conjunto de características extraiga la información relevante de los datos de entrada, para realizar la tarea deseada, usando esta representación reducida en lugar de la entrada de tamaño completo. La extracción de características se realiza en datos sin procesar antes de aplicar el algoritmo k-NN en los datos transformados. Un ejemplo típico es el reconocimiento de rostros, incluyendo la extracción de características y los pasos de pre-procesamiento de reducción de dimensión que usualmente se implementan con OpenCV.

En la figura 8 se presenta un ejemplo visual de la agrupación de datos según las características y la clase de los elementos, esta figura muestra en forma básica como estos se agrupan dependiendo de la cantidad más representativa como es el caso de los elementos ubicados en la esquina superior izquierda, encerrados en un color rojo claro, debido a que en su zona de clasificación predominan los datos en color rojo, el mismo caso ocurre con los elementos encerrados en la fronteras de color verde claro, donde sus elementos predominantes son los verdes incluso existiendo pequeños datos azules y rojos pero que son descartados por la incidencia representativa de la clase. [33]

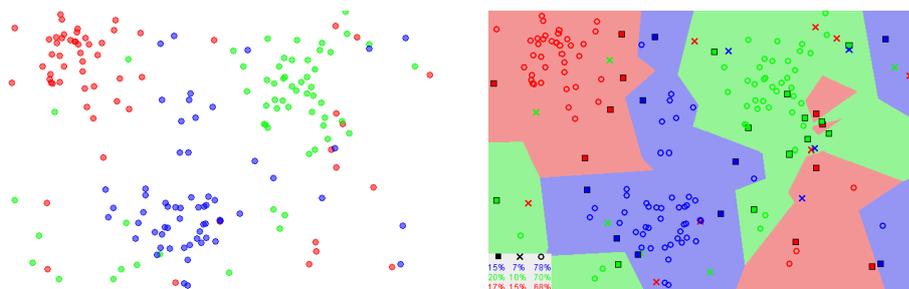


Figura 8. Agrupación de datos según clase

Fuente: [33]

A continuación en la tabla 4 se presentan las ventajas y desventajas que poseen los modelos de detección de movimiento de objetos antes mencionados.

Tabla 4. Ventajas - Desventajas de métodos de detección de objetos

	Ventajas	Desventajas
Sustracción simple	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación matemática de resta de frames simples.</li> <li>Fácil implementación.</li> <li>No necesita de algoritmos complejos.</li> <li>La comparación del background y foreground se realiza en cada fotograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensible con cambios de luz.</li> <li>Gran impacto de ruido en calidades de video bajas.</li> <li>Todo cambio del pixel se identifica como objeto en movimiento.</li> <li>No se detecta un objeto cuando este posee los mismos tonos y características del fondo.</li> </ul>
Imagen de referencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo procesamiento computacional.</li> <li>Fácil implementación.</li> <li>Adecuado para ambientes controlados y no cambiantes.</li> <li>Buena detección de objetos en movimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todo cambio de pixel se identifica como un objeto en movimiento.</li> <li>Si el fondo ha cambiado en lo más mínimo se detecta como un objeto puesto que no concuerda con la imagen de referencia.</li> <li>Generalmente la imagen de referencia es el primer fotograma de la apertura de la cámara, muchas veces este no alcanza a almacenar las características del fondo y se presenta como una foto en gris</li> </ul>
Fotogramas anteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesamiento computacional medio.</li> <li>La imagen de referencia tiene la capacidad de actualizarse.</li> <li>Los ambientes pueden ser medianamente cambiantes en cuanto a iluminación del escenario.</li> <li>Sistema robusto frente a posibles movimientos de la cámara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe crear un sistema de actualización de la imagen de referencia, generalmente estableciendo un retardo en entre los frames.</li> <li>Si el objeto en movimiento pasa a permanecer quieto este puede no ser detectado.</li> <li>Si un objeto es captado en el instante de actualización de la imagen de referencia este se lo considera como fondo.</li> </ul>
MOG	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presente en varios toolkits y librerías en programas de desarrollo de visión artificial.</li> <li>Capacidad de adaptarse a cambios de luz por medio de una actualización selectiva de los valores probables del fondo.</li> <li>Detección de sombras</li> <li>mientras se rastrea el objeto se puede tener.</li> <li>Permite la identificación de fondos dinámicos como el caso de escenas con presencia del arboles y su movimiento de hojas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usa un esquema de actualización aplicado en regiones selectivas y no a todo el fondo.</li> <li>Presenta inconvenientes al calcular eficientemente la función de densidad de linea.</li> <li>Algunos autores moldean los valores de los pixeles a lo largo del tiempo con un proceso autorregresivo, otros usan modelos de Markov ocultos pero ambos suelen ser mucho mas lentos y la adaptación de la escena es más difícil.</li> </ul>

MOG2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente en varios toolkits y librerías en programas de desarrollo de visión artificial.</li> <li>• Mientras se rastrea el objeto se puede tener una estimación de su apariencia.</li> <li>• Detección de sombras.</li> <li>• Detección de cambios de luz.</li> <li>• Se adapta automáticamente a la escena.</li> <li>• Permite la identificación de fondos dinámicos como el caso de escenas con presencia del arboles y su movimiento de hojas.</li> <li>• En fondos dinámicos el modelo actúa de manera mas agresiva descarta los componentes sin importancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para tener óptimos resultados los parámetros de configuración debes ser establecidos de acuerdo a las necesidades del análisis.</li> <li>• La detección de sombras conlleva un mayor procesamiento computacional, lo que es recomendable desactivar si no es necesario.</li> <li>• Los objetos intrusos agregan la generación de nuevos componentes que se eliminan después de algún tiempo, pero esto influye en la velocidad de procesamiento.</li> <li>• En fondos dinámicos el modelo actúa de manera mas agresiva descartando los componentes sin importancia, que muchas veces pueden ser elementos del objeto.</li> </ul>
KNN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno de los más simples métodos de aprendizaje automático.</li> <li>• Agrupación eficiente por numero de elementos representativos</li> <li>• El uso de un algoritmo de búsqueda aproximada de vecinos más cercanos hace que el trabajo del algoritmo K-NN sea computablemente más eficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los ejemplos de una clase más frecuente tienden a dominar la predicción del nuevo ejemplo.</li> <li>• Con valores altos de k las fronteras entre las clases son menos evidentes.</li> <li>• La precisión de k puede estar severamente degradada por presencia de características ruidosas o irrelevantes.</li> </ul>

Fuente: Investigador

De los métodos expuestos anteriormente, los más eficientes son BackgroundSubtractorMOG, BackgroundSubtractorMOG2 y BackgroundSubtractor KNN, de los cuales en las diferentes pruebas de funcionamiento; no excluyendo la utilización de los demás métodos, BackgroundSubtractorMOG2 se ajusta de mejor manera a los requerimientos de desarrollo del proyecto, sus parámetros de configuración usados y demás características se abordan en la sección 4.3 donde se amplia la información del mismo. A partir de esta sección se presenta la estructura del diseño del proyecto, la identificación de las partes de las cuales esta conformado y la forma de evaluación que lleven a escoger las opciones que más se ajustan para la elaboración eficiente y eficaz de los distintos módulos que conforma el prototipo.

### 2.2.15. Software de visión artificial Open CV

En el campo de visión artificial se han desarrollado diferentes softwares y librerías capaces de realizar procesamiento digital de imágenes, algunas alternativas de ellas

bajo licencias de pago como Khoros para sistema operativos Unix y Linux, eVision y Aphelion para Windows, Exbeom para MacOSX o soluciones como The Matrax Image Library (MIL) que maneja su propia arquitectura en hardware; todas ellas con funciones de procesamiento digital de imágenes, análisis de patrones, configuración de cámaras, operaciones estadísticas y matemáticas pero siempre manejando su propio entorno y muchas veces adjuntando librerías de terceros en constantes actualizaciones que los vuelven muy pesados y poco ligeros en procesamiento y velocidad y por supuesto de costos sumamente elevados.

Otras opciones de código abierto como OpenCV, Gandalf, TargetJR, CVipTools, ImageLib, Imlib3D para entornos Linux, NeatVision en base a Java, XMegaWave para entornos Unix y Linux y muchos otros, entregan las características similares en cuando a funciones para visión artificial más a excepción de OpenCV y Gandalf no disponen de marcos de desarrollo completos, requiriendo vinculares con librerías externas.

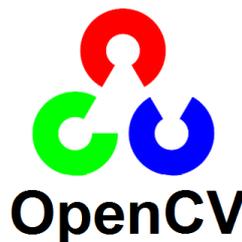


Figura 9. Logo de OpenCV

Fuente: [34]

La alternativa que se utilizó en el desarrollo de este proyecto es Open CV acrónimo de “Open Computer Vision Library”, una librería de visión artificial de código abierto liberado por IMB en Junio del 2000 desarrollado principalmente en lenguaje C con opciones de ser manejado en diferentes lenguajes; esta librería proporciona los mecanismos necesarios no solo para procesar imágenes sino también la habilidad para reconocer gestos, detectar y valorar movimientos, evaluar estructuras morfológicas y posiciones de objetos, aplicar estimadores con diferentes filtros como el de Kalman, procesamientos matemáticos matriciales complejos y capaz de ser utilizado en cualquier plataforma ya sean Linux Windows y OSX, o en el caso de este proyecto Raspbian en base de Debian[34].

### **2.2.16. Python y OpenCV**

Python se considera como un lenguaje de programación que puede usarse como el gestor de los códigos y paquetes para el reconocimiento de movimientos de pasajeros por visión artificial; OpenCV cuenta con una amplia gama de código fuente registrado en sus repositorios escrito exclusivamente en este lenguaje, además raspbian por defecto incluye en su sistema el Ide de Python lo que afirma una integración óptima entre estos dos programas, claro que se puede instalar y manejar otra Ide con un lenguaje diferente soportado por OpenCV, más la capacidad de aprovechar esta solución integrada en raspbian la hace atractiva de usar.

La página “desarrolloweb” define a Python como un lenguaje de programación de propósito general orientado a objetos, un mecanismo de desarrollo de una amplia gama de versatilidad y de carácter simple capaz de realizar soluciones desde aplicaciones para Windows pasando a servidores de red e incluso la creación de páginas web, una característica principal es que este tipo de lenguaje no necesita de un compilador para ejecutar su código, lo que se conoce como un lenguaje interpretado, esto permite crear aplicaciones de forma muy sencilla y rápida debido a que se sustenta de múltiples librerías que hacen que el trabajo sea minimizando, otra ventaja de este lenguaje es que es multiplataforma con versiones para distintos sistema operativos y de carácter libre lo que permite la distribución y uso incluso en ambientes empresariales. [35]

### **2.2.17. Componentes de una aplicación web**

Tres son los componentes primarios que dan cuerpo a una aplicación web; un navegador web, un servidor de aplicaciones web y un servidor de bases de datos; El navegador web es la interfaz de acceso del usuario, el servidor de aplicaciones web es el lugar de almacenamiento de las paginas web accesibles por los usuarios y el servidor de bases de datos proporciona los datos que maneja la aplicación, también en algunos casos almacena procedimientos de lógica empresarial para arquitectura de varios niveles.

Actualmente existen diferentes opciones para cada uno de los componente primarios de una aplicación web, es así que en navegadores web se encuentra a Firefox, Chrome, opera, safari entre otros; servidores de aplicación web existen tipos como Xampp, Wamp, Appser, IIS etc, con respecto a servidores de bases de datos la más conocida es Mysql server pero existen otras como PostgreSQL server, Oracle-XE. [36]

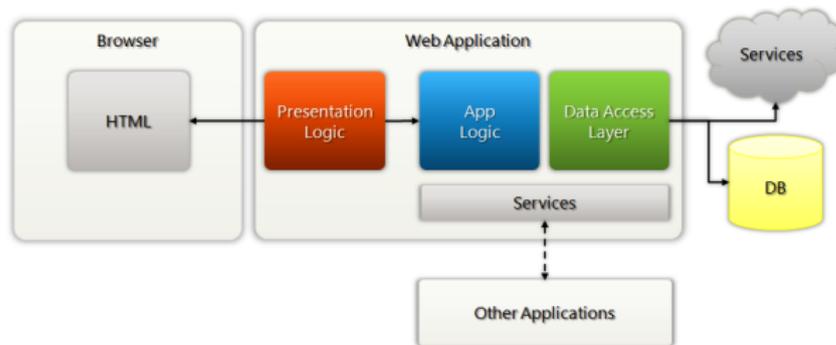


Figura 10. Arquitectura de una aplicación web tradicional

Fuente: [36]

### 2.2.18. Linux, Apache, Mysql y Php o Perl

Denominado comunmente como LAMP, surgió con la intención de crear un proyecto que albergue buenas tecnologías en la creación de aplicaciones para la web basadas en software libre; esta conformado por la orientación a sistemas operativos con kernels en base a linux, un servidor potente y flexible con la posibilidad de ser altamente configurable, un lenguaje open source interpretado de alto nivel orientado a objetos que puede ser embebido en páginas html y una base de datos relacionales, también open source, que es eficiente, sencillo de usar y con alta gama de operaciones con lenguaje sql.

### 2.2.19. Servidor remoto en internet

AWARDSPACE es una empresa que proporciona servicios de hosting web gratuitos en su paquete más básico; con servidores ubicados en Sofia Bulgaria al sureste de Europa , clasificado como parte de los 20 países con velocidad de internet más rápida del mundo alcanzando una media de 50mbit/s superando a países como EEUU y

Reino Unido y con un centro de datos Telepoint que permite optimizar costos de colocación ofreciendo servicios gratuitos y premium a una fracción que el de otros proveedores. La marca del sitio web se puede observar en la figura 11 en donde también se muestra el panel de control de la plataforma de Awardspace que es accesible tras crear una cuenta en sus servicios registrando un usuario y una contraseña y una vez verificado el correo ingresado, se puede manejar los diferentes controles como son para la gestión de dominios, la gestión de archivos, conexiones FTP entre otras opciones.

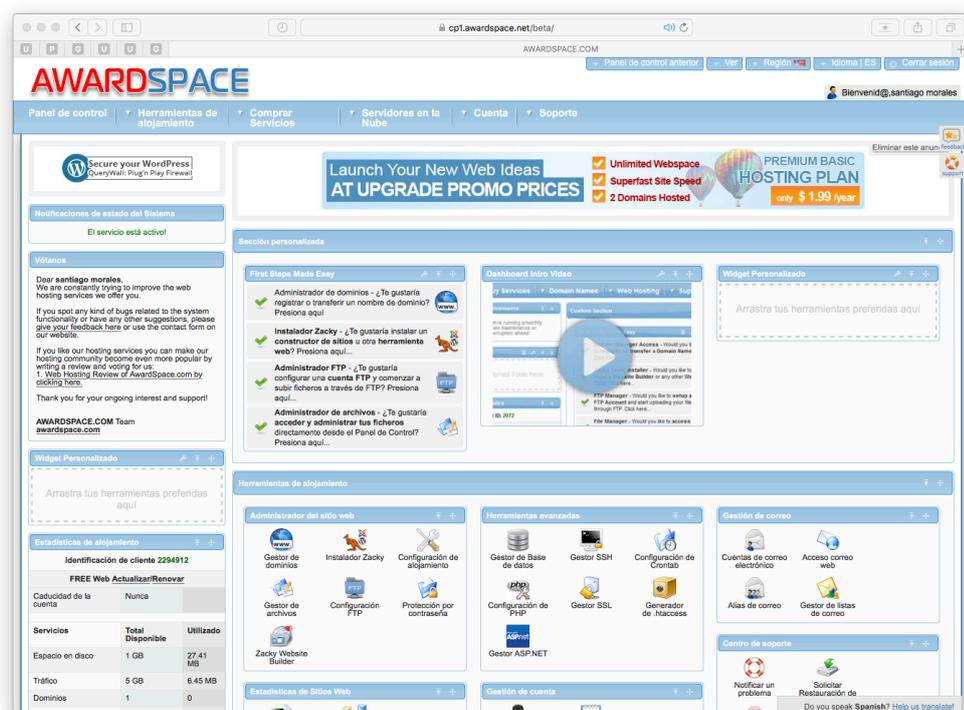


Figura 11. Panel de control de Awardspace

Fuente: Investigador

### 2.2.20. Sakis3G

Script que realiza automáticamente la configuración de modems 3G identificando los entornos como: Kernel, distribución, modem, Operador, Entorno de escritorio. Activando la conexión 3G para la navegación a internet por el proveedor del servicio móvil.[37]

### **2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

Un sistema de visión artificial con monitoreo web para el conteo de pasajeros en buses de transporte público permitirá conocer en tiempo real la demanda de la ciudadanía en determinados recorridos y jornadas de trabajo estimando el dinero recolectado e impidiendo fraudes al no entregar la cantidad de dinero adquirido, así como hacer cumplir el límite de pasajeros permitidos estipulado en los lineamientos de la Agencia Nacional de Transito; mejorando la calidad de servicio y automatizando el parque automotor de transporte público.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es considerada aplicada ya que se presentó un prototipo de acuerdo a los parámetros establecidos en los objetivos y se sustentó en aspectos como:

Investigación bibliográfica, porque la propuesta de solución se basa en información de Técnicas de detección de objetos y personas por visión artificial que se sustentaron en libros, revistas, artículos técnicos, artículos tecnológicos, fichas bibliográficas y publicaciones en internet.

Investigación de campo, ya que la información adquirida está relacionada directamente con la realidad actual de las condiciones de conteo de pasajeros y el impacto que puede sufrir en las condiciones sociales al tener un sistema capaz de optimizar los medios de registro de la afluencia de personas en las unidades de transporte.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Por la característica de la investigación, no se requiere población y muestra.

#### **3.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación se la adquirió de las fuentes bibliográficas consultadas determinando cuales son las tecnologías factibles para la detección de personas por visión artificial que permitieron la creación del prototipo del sistema y que por medio de la observación

enfocada a la investigación de campo se puede evaluar el funcionamiento frente a las tecnologías actualmente existentes.

### **3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Con la información pertinente se recolectó, se analizó y se presentó los resultados por medio de gráficas que muestren cuales son las técnicas actualmente utilizadas en el proceso de conteo de pasajeros partiendo de su efectividad así como su complejidad. El siguiente paso consistió en evaluar los métodos actualmente existentes para la identificación de personas por medio de algoritmos de visión artificial y determinar cuál se ajustan a los requerimientos del proyecto expuesto comparándolos partiendo de sus ventajas y desventajas de las características de los mismos, datos que se obtuvieron de libros y artículos científicos así como datasheets, en donde se presentaron parámetros técnicos que permitieron determinar la mejor opción.

Finalmente se desarrolló una aplicación web basado en los diferentes lenguajes, protocolos y métodos adaptativos para la creación de páginas web que permitieron la manipulación tanto para consultar como almacenar los datos necesarios en el sistema planteado; tomando en cuenta la red de transporte de información que se basó en tecnologías actuales, accesibles y debidamente sustentados en libros y artículos técnicos que juntos otorguen una visualización orientada a los usuarios finales.

### **3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO**

- Análisis de la situación actual de técnicas de contabilización de pasajeros en unidades de transporte público.
- Describir las falencias de los métodos de contabilización de pasajeros en unidades de transporte público.
- Analizar las distintas técnicas de posicionamiento de objetos con visión artificial.
- Contrastar las ventajas y desventajas de los distintas técnicas de posicionamiento de objetos con visión artificial.

- Identificar un método de posicionamiento de objetos con visión artificial que se oriente a la identificación de personas basadas en Open Source.
- Identificar lenguajes de programación y plataformas para identificar una persona con visión artificial.
- Diseñar un sistema que monitoree e identifique a una persona al ingresar a una unidad de transporte público.
- Desarrollar un servidor para monitorear la información de ingreso, hora y fecha del evento junto a sus parámetros de funcionamiento.
- Desarrollar una red de envío y transmisión de información hacia el servidor para el monitoreo del sistema.
- Diseñar las interfaces de visualización control y monitoreo del sistema tanto para dispositivos móviles como plataformas web.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento del prototipo propuesto.
- Elaboración de informe final.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO.**

El sistema que se ha diseñado consta de un contador por medio de visión artificial para la entrada y salida de pasajeros; una cámara ubicada en la entrada principal de la unidad de transporte, capta en video el movimiento de los pasajeros, una mini computadora analiza, procesa, acondiciona y determina la información necesaria para evaluar el ingreso o salida, esta información es almacenada localmente para visualizar y generar reportes de la actividad diaria, a su vez, la misma información recogida es enviada en tiempo real por medio de una conexión GPRS otorgada por una operadora móvil, hacia un servidor web de una plataforma gratuita en internet. Los usuarios acceden a monitorear el sistema desde cualquier parte del mundo, siempre y cuando se disponga de los permisos necesarios y claves de acceso.

#### **4.2. REQUERIMIENTOS PARA EL DESARROLLO**

Antes de presentar los requerimientos en la unidad de transporte, se menciona que la unidad de transporte público posee tres puertas, con capacidad de 40 personas sentadas y 30 paradas, este dispone de alimentación por medio de dos batería de 12 voltios, juntas proporcionan a la unidad, energía hasta los 24 voltios, además contiene un reductor de voltaje ANLIXUN como se muestra en la figura 12 que se presenta a continuación.

##### **Número de sistema de análisis de pasajeros**

El sistema es capaz detectar si el pasajero ingresa o sale de la unidad de transporte por lo que el sistema prioritariamente requiere estar ubicado en la puerta principal

junto al conductor debido a las características de forma de cobro del pasaje; al ser un prototipo se lo ubico en la puerta en mención y no se requiere de instalación en las demás puertas, más no se prohíbe que este se adapte para una registro de entrada y salida en cualquiera de ellas.



Figura 12. Reductor de voltaje en la unidad de transporte  
Fuente: Investigador

### **Detección de pasajeros**

El prototipo del sistema requiere que detecte el ingreso y salida de las personas sin importar que usen la misma puerta, además, identificar cuando ingresan dos o más personas juntas, el ancho de la puerta por la cuál pueden entrar los pasajeros es de 1.5 metros; el análisis del video debe ser capaz de cubrir aquella distancia en el foco de visión, la puerta impide que dos personas ingresen paralelamente; en el caso de puertas por la cual las personas puedan ingresar de esta manera, el sistema debe ser capaz de configurarse para su correcto análisis.

### **Cámara de video**

La adquisición de video es el primer enlace hacia el procesamiento digital de imágenes, es por eso que la cámara requiere ciertas características como los son que se integre fácilmente con la mini computadora o placa de procesamiento tanto en conexiones físicas como en drivers, una calidad de video capaz de detectar los rasgos característicos de las personas y el ambiente que lo rodea, un formato de video con compresión optima para la fácil gestión del mismo, dimensiones reducidas y un detalle complementario que sea de bajo costo.

### **Mini computadora**

La mini computadora, que es la parte central del sistema, requiere que se procese fácilmente la información, es decir que posea buena capacidad de memoria RAM para gestionar sin ningún problema las exigencias de los programas en funcionamiento, además poseer el suficiente espacio de almacenamiento para albergar las bases de datos y demás información contenida; también requiere dimensiones lo suficientemente pequeñas para aprovechar el espacio que es reducido en la unidad, capacidad de conexión física con los distintos periféricos, bajo consumo energético, y como características complementarias que sea de software libre, y bajo costo.

### **Visión artificial**

Se requiere que los programas manejados para el análisis de las personas sean de carácter libre, es decir de open source, lo que proporciona fácil acceso y difusión del sistema sin el cobro de licencias por el software, debe ser capaz de integrarse con el sistema operativo de la mini computadora, es decir fácil instalación y actualización, uso de driver's y dll's, disponer de repositorios e información técnica, convergencia con lenguajes de programación y capacidad de ejecutar algoritmos definidos en el estudio de visión artificial como el BackgroundSubtractorMOG2, delimitación de contornos, tracking de objetos acondicionamiento de imágenes,, librerías de procesamiento matemático entre otros.

### **Alimentación energética del sistema**

La tarjeta procesadora, los módulos de conexión GSM, las cámaras y demás dispositivos electrónicos requieren una alimentación de 5V para su normal funcionamiento, y una corriente mínima de 3 amperios, por lo cual es necesario la utilización de un sistema de acople y regulación entre el voltaje de la batería de la unidad de transporte y el sistema de conteo de pasajeros, que impida y regule la sobre carga de todos estos elementos para su correcto funcionamiento, así como también de un respaldo de batería que asegure la alimentación del sistema en el caso de algún corte de energía directo desde la batería.

### **Almacenamiento de la información**

En el aspecto local, la información debe ser almacenada como respaldo en bases de datos dentro de la mini computadora, podrá ser accedido por medio de consultas de acuerdo a los requerimientos del usuario, esto implica que se ocupe espacio de almacenamiento siendo tomado en cuenta para la gestión correcta de la información; además, para poder gestionar la bases de datos, el mini computador debe hacer el trabajo de un servidor, lo que permite visualizar los resultados del sistema por medio del acceso de paginas web e interconectar los resultados del conteo en una pequeña red dentro de la unidad de transporte público.

### **Servidor local**

La información contenida dentro del servidor local es de acceso únicamente por el usuario ubicado en la unidad de transporte, lo que implica pocas peticiones al servidor con un bajo ancho de banda, este dispondrá de una ip fija o variable para la conexión entre dispositivos y la visualización de resultados, la puesta en marcha, el manejo y funcionamiento del servidor no debe intervenir con el correcto funcionamiento del sistema de reconocimiento del ingreso de pasajeros, ya que ambas conviven en la misma mini computadora.

### **Visualización local**

El usuario dentro de la unidad de transporte puede acceder a la información a través de una conexión local desde la mini computadora y un dispositivo con acceso a la red junto a un navegador web, los smart phone o una laptop pueden ser usados para ingresar hacia los formularios de consultas del servidor local, además se puede visualizar el conteo de pasajeros por medio de una pantalla conectada directamente hacia la mini computadora en donde se visualizará la información actual de ingreso y salida de pasajeros junto a la imagen captada por la cámara, esta distribución tanto en la pantalla como en la red local asegura que solo la persona autorizada pueda acceder a toda el histórico registrado, mientras que el conductor o el controlador solo dispongan de la información actual para efectos de su labor.

### **Red local**

La red local interconecta a los dispositivos orientados a la visualización y permite el mantenimiento y acceso al sistema contador de pasajeros dentro de la mini computadora, esta red local inalámbrica permite el acceso únicamente de los usuarios que posean las credenciales necesarias; en la parte de hardware, se requiere de un dispositivo wifi que se integre con el sistema, y debe estar previamente configurado para que acepte las conexiones de red bajo ciertos parámetros establecidos.

### **Red de transporte**

El sistema requiere de un modulo GPRS que se integre con la mini computadora y sea capaz de enviar la información recogida para su almacenamiento por el sistema de monitoreo web, para lo cual posee una tarjeta SIM con línea activa y paquete de datos contratados para abastecer la demanda de envío de información, de esta manera se podrá conectar el servidor remoto con el sistema de conteo a través de internet, pasando por las antenas de la operadora móvil, y creando una conexión directa e inalámbrica en cualquier parte donde se encuentre el bus, se debe asegurar que la cobertura de la señal celular se encuentre presente a lo largo del recorrido de la unidad.

## **4.3. REQUERIMIENTOS PARA EL MONITOREO WEB**

El monitoreo web es el punto de convergencia entre el usuario y el sistema instalado en la unidad, sin un buen funcionamiento del monitoreo web, los resultados no son apreciados por parte de los consumidores del sistema, la cantidad de pasajeros en una jornada se expresa en cifras cotejadas por los dueños de las unidades de transporte, los cuales necesitan de un sistema accesible en cualquier lugar a cualquier hora del día, es así que se describe los requerimientos necesarios para su correcta implementación a continuación.

### **Servidor en internet**

El sistema de monitoreo es accesible por el usuario en cualquier parte del mundo a través de internet, por lo cual es necesario que el servidor disponga de un dominio y

un hosting, el prototipo no puede costear una plataforma de pago mensual o anual, es así que el sistema requiere un servicio gratuito; existen muchos sitios en internet que ofertan estas opciones agregando identificadores de la empresa concatenados al dominio que se quiera identificar al sistema, es necesario que también el servicio provea un panel de control para gestionar archivos, bases de datos, conexiones ftp y otros servicios para levantar el acceso al sistema; no se demanda gran cantidad de espacio en el disco y la cuota de tráfico solo se realiza con el usuario del sistema requiriendo un bajo ancho de banda, se agrega también la necesidad de seguridad sobre la información que se almacena y protección contra intrusos.

### **Recepción de la información**

Los datos del sistema de conteo de pasajeros son enviados a través de internet y se almacenan en el servidor remoto, para ello el sistema debe tener acceso y todas las descripciones de las bases de datos donde se registra la información, pero, muchos de las plataformas que ofrecen estos servicios prohíben el acceso remoto a las bases de datos, se requiere entonces de un script que haga el puente entre el sistema y las bases de datos del hosting por medio de peticiones url, este script maneja las claves y usuarios necesarios y los comandos para ejecutar el registro de la información que se desea almacenar.

### **Visualización remota**

De forma similar a la visualización local, se requiere que los usuarios visualicen la información registrada a través de internet desde un motor de búsqueda o una aplicación móvil, el acceso al dominio permite a los usuarios ingresar al respectivo sistema para ser enrutados hasta llegar a observar la información registrada; cualquier persona con las credenciales necesarias puede logearse al sistema y seleccionar las diferentes páginas de acuerdo a sus necesidades

### **Páginas web**

El sistema requiere de presentar la información en formatos apreciables y simples para los usuarios quienes prefieren datos precisos y concisos, así como una

organización coherente y de fácil entendimiento; al momento de ingresar o seleccionar campos, las acciones que se tomen sobre ellos deben proporcionar la información suficiente para que el usuario sepa como usarlos y que ingresar en ellos, como es el caso de escoger de fechas, seleccionar ítems, introducir texto etc.

El contenido de estas páginas esta enmarcado en mostrar la cantidad de pasajeros de entrada y salida en una unidad de transporte especifica en donde se encuentre el sistema instalado, estos datos se irán actualizando instantáneamente cada vez que exista un evento nuevo en la unidad, el código o el lenguaje a utilizar debe ser capaz de actualizar la información sin interacción del usuario, es decir la acción de volver a cargar una página esta descartada, en términos simples los datos se refrescan más no la página que los contiene; se requiere también de páginas en donde el usuario pueda seleccionar un rango de fechas y ver la cantidad de pasajeros en cada día del rango establecido, gráficas con los datos específicos ayudan al usuario a conocer como han sido las variaciones de personas que usan la unidad.

### **Respaldo de la información**

Se requiere de páginas encargadas para ejecutar un respaldo de la información para que el usuario pueda descargar los datos que visualiza o desea para ser analizada de forma separada en algún software específico, para lo cual se necesita de un script que transforme los registros seleccionados en un archivo con formato estándar que pueda ser reconocido en cualquier computador, procesos que serán transparentes para el usuario que solo reconocerá la acción de descargar; los datos por si solos no representan un aporte al respaldo, debido a ello, se requiere de una plantilla externa que poseerá el usuario en la cual ingresara la información obtenida

### **Ampliación externa de la información respaldada**

Como se menciona en el literal anterior, la información respaldada por si sola no aporta un mayor uso a los datos descargados, la manipulación de ellos por medio de una plantilla que posea externamente el usuario, permite ampliar el panorama del

comportamiento y desempeño de la unidad de transporte, se requiere así que dicha plantilla, evalúe los datos obtenidos y reconozca posibles fallos, o el mal funcionamiento por algún motivo del sistema, mostrando aquellos días en los cuales se ha detectado el reconocimiento de personas, y realice un cálculo de probabilidad demostrando el valor numérico de los datos faltantes.

La estructura que conforma este proyecto esta dividido en dos sistemas como lo muestra la figura 13; el primero ubicado en la unidad de transporte público, que es el sistema que genera la información del conteo de pasajeros, y el segundo, el sistema de monitoreo web, un sistema dependiente del primero que almacena la información generada.

#### 4.4. SISTEMA CONTADOR DE PASAJEROS

El conteo de pasajeros se desarrolla por medio de un conjuntos de elementos electrónicos o procedimientos lógicos de software que están relacionados entre si y que siguen una estructura como se describe en la figura 13.

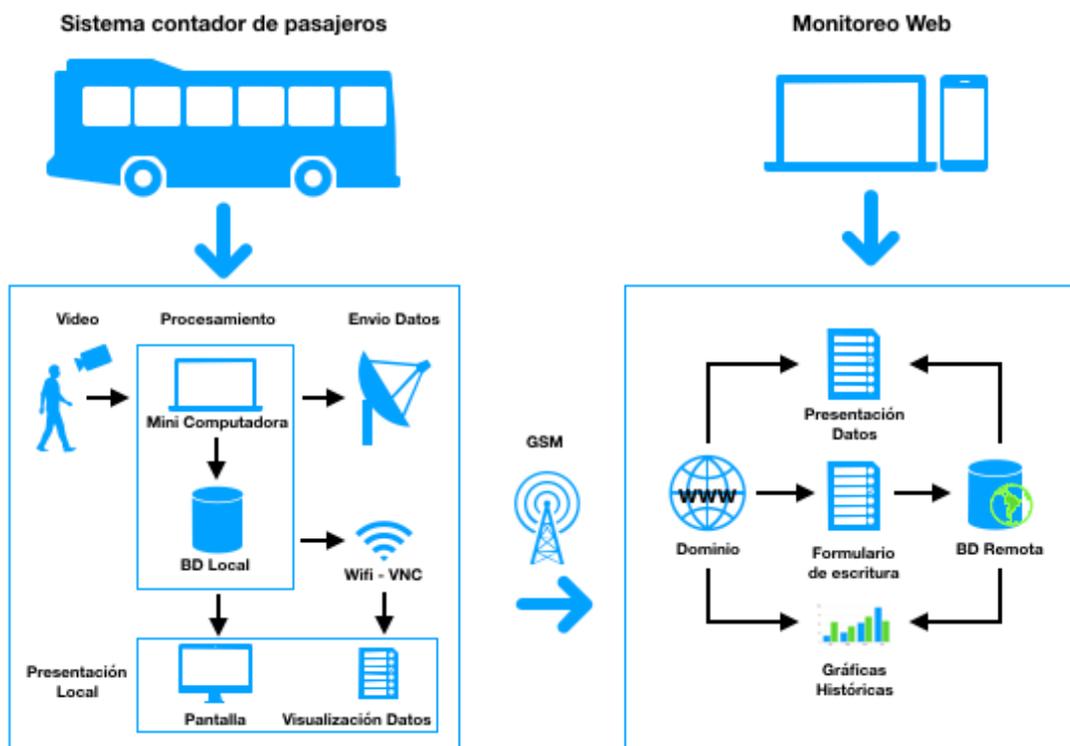


Figura 13. Estructura del sistema propuesto

Fuente: Investigador

#### **4.4.1. Adquisición de Video y Procesamiento**

El movimiento de las personas al subir y bajar de la unidad de transporte es captado por una cámara de video, esta se ubica en la entrada de la unidad de transporte, dispuesto en un ángulo de visión capaz de ver desde la parte superior a una persona; la buena identificación de una cámara de video propicia en cierta forma la eficiencia del sistema, puesto que asegura la calidad de la imagen que posteriormente se analiza. El procesamiento en su primera fase adquiere el video de la cámara para posteriormente, procesar digitalmente las imágenes con el fin de obtener como resultado un conteo de la cantidad de personas que han ingresado a la unidad, este dato siendo un número entero, es gestionado para ser almacenado junto a información de las características del evento en el siguiente proceso.

#### **4.4.2. Almacenamiento local y presentación local**

El módulo de almacenamiento local permite la visualización de los datos almacenados en forma de un backup local, este es gestionado por una servidor de bases de datos instalado en la mini computadora; el administrador puede descargar y visualizar la información almacenada sin que necesariamente deba conectarse al servidor web ubicado en la nube de internet, asegurando que si se cae el sistema de transmisión de datos, este no afecte en los reportes finales.

La información que ha sido almacenada en forma local es visible para el administrador del sistema por medio del modulo de presentación local; conformado por la apertura de una red local, permite a cualquier dispositivo dentro de la red acceder a una pagina web y visualizar la información presentada, otro sub módulo de esta etapa esta conformado por la visualización de una pantalla conectada a la mini computadora, esta presenta la actividad captada por la cámara de video junto a la información de conteo de pasajeros incrustados en el video resultante.

#### **4.4.3. Envío de Datos**

Los datos resultantes del conteo, la hora y fecha del evento, son enviados por medio de una red GPRS, el fin es realizar una conexión desde la unidad de transporte hacia

la nube de internet y establecer una comunicación con el servidor web para que almacene los datos y sean accesibles por los administradores designados, este módulo que es un dispositivo electrónico conectado a la mini computadora, hace uso de una tarjeta SIM con un paquete de datos contratado a la operadora del servicio móvil.

#### **4.4.4. Monitoreo web**

El monitoreo web tiene la finalidad de presentar al usuario la información recopilada sobre el ingreso o salida de los pasajeros a través de una plataforma accesible por internet, lo que implica que los administradores puedan usar un navegador o una aplicación móvil como elemento de visualización, los elementos que los conforman son los siguientes:

##### **Almacenamiento Remoto**

Al igual que el módulo de almacenamiento local, el de almacenamiento remoto hace uso de un servidor de bases de datos que se encuentra en una plataforma accesible por internet, este permite el uso de un panel de control para gestionar los archivos necesarios para manejar la conexión; el sistema contador de pasajeros se conecta a través de la red GSM haciendo una petición hacia un script alojado a la plataforma que le permite escribir nuevos valores en la base de datos los cuales serán utilizados para la presentación de la información.

##### **Dominio - Página web**

La plataforma en su versión gratuita permite tener un dominio con la descripción de la empresa o producto concatenado el nombre de la plataforma, un ejemplo de ello sería: “*el\_dominio\_de\_mi\_tesis.atwebpages.com*”, de esta forma los administradores puedan ingresar al monitoreo del contador de pasajeros de una manera sencilla accediendo a la dirección web por medio de un navegador, un teléfono inteligente o cualquier dispositivo capaz de leer dichas páginas.

## **Presentación de datos**

Como se mencionó antes la plataforma alberga diferentes archivos para ser usados por el usuario, algunos de ellos escritos en php, html, JavaScript etc, con el fin de ser presentados cuando se los requiera; páginas web encargadas de visualizar los valores provenientes del contador de pasajeros se actualizan automáticamente cuando se recibe un nuevo dato, manteniendo una organización visual que permita al usuario entender de manera rápida el estado dentro de la unidad de transporte.

## **Gráficas históricas**

De forma similar a la finalidad de los archivos que presentan la información en tiempo real del contador de pasajeros, las gráficas históricas son archivos, páginas web que funcionan para presentar la información histórica entre dos fechas escogidas por el usuario, esta se presenta en un gráfico de series con la cantidad de pasajeros total en un día tanto para entrada y salida, esta forma de presentar la información ayuda a tener una idea de como se desarrolla la actividad dentro de la unidad y poder analizarla para beneficios del usuario del bus.

## **4.5. ANÁLISIS TÉCNICO DEL HARDWARE SELECCIONADO**

Para escoger los dispositivos que mejor se ajustan para el desarrollo del proyecto se partió de los requerimientos planteados, dando prioridad a aquellos que cumplan con un carácter libre y de bajo coste, pero que respondan de manera efectiva a las necesidades planteadas.

### **4.5.1. Cámara de Video**

Existen muchos métodos de integrar una cámara de video con una computadora, en la tabla 5 se presenta una comparativa analizando aspectos como la integración, calidad de la imagen, el número de fotogramas, el rango de visión entre otros parámetros.

Tabla 5. Comparación técnica entre cámaras de video para ordenadores

	Logitech C310	Web cam Terrax C118	Raspberry modulo V2
Distintivo			
Resolución	5Mpx	5Mpx	8Mpx
Soporte de video	1280 x 720	640x480	1080p30, 720p60 y 640x480p90
Consumo de memoria RAM en video	2GB	512MB	No especificado
Sensor	Tecnología Logitech Fluid Crystal	No especificado	Sony IMX219
Conectividad	Usb 2.0	Usb 2.0	CSI interfaz serie al conector S5 de placa raspberry pi
Sistemas operativo destinados	Windows 7, 8, 10 o superior macOS 10.10 o superior, linux	Windows 7, 8, 10 o superior macOS 10.10 o superior, linux	Raspberry pi en cualquier distribución
Frecuencia máxima de la imagen	30fps	25fps	30fps
Formato de video	No especificado	H262, h264	raw h.264
Distancia focal	No especificado	5cm en adelante	1m en adelante
Voltaje de operación	5[v]	5[v]	5[v]
Costo dolares	\$70	\$17	\$55

Fuente: Investigador

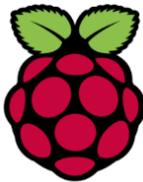
De las características antes expuesta, la cámara web Terrax C118 fue seleccionada para realizar las tareas de captura de video, con 5Mp en resolución permite adquirir imágenes con una buena calidad, un bajo requerimiento en memoria RAM y conexión por medio de usb, la hace compatible con cualquier computadora que disponga de estas capacidades, la cámara modulo v2 original para raspberry se descarto por que difiere en costos e integración estándar hacia cualquier mini computadora, debido que en la puesta en marcha del sistema se necesitaba recorrer opciones variables en hardware y software.

#### 4.5.2. Mini Computador o tarjeta de procesamiento

La mini computadora es la encargada de la gestión de la mayor cantidad de sistemas dentro del proyecto, esta debe ser capaz de ejecutar al mismo tiempo diferentes

procesos que entre las primordiales es ser capaz de analizar y procesar video, es así que las tres opciones en la tabla 6 a continuación.

Tabla 6. Características de tarjetas de procesamiento

	Latte Panda	Raspberry Pi 3	Beagle Bone Black
Logo			 beaglebone
Sistema operativo	Windows 10	Raspbian, Noobs	Android 4.0, Ubuntu y Debian con Cloud9
Base del sistema operativo	Windows	Linux	Linux
Memoria RAM	2-4 GB	1GB	512MB DDR2
Procesador	Intel Quad Core	ARM Cortex A53	AM335x ARM Cortex-A8
Número de puertos usb	2	4	1
Conexiones Inalámbricas	Wifi, Bluetooth 4.0	Wifi, Bluetooth 4.1	No posee
Puertos Ethernet	Si	Si	Si
Número de puertos IO	32	40	2X46
Velocidad del Reloj	1.8GHz	1.2GHz	720MHz
Lenguajes admitidos	Software de Arduino C++	C++, C, Python	Python, JavaScript
Soporte para análisis de video	Si	Si	Si
Voltaje de operación	5 [V]	5 [V]	5 [V]
Corriente de operación	2 [A]	2,5 [A]	0,35 [A]
Dimensiones	8,8 * 7,0 cm	8,6cmx5,7cm	8,66 x 5,46cm
Peso	55gr	45gr	No especificado
Precio	160	70	115

Fuente: Investigador

Las placas detalladas anteriormente permiten la implementación de análisis de video con su correspondientes lenguajes de programación según los requerimientos. Las placas más representativas son Latte Panda con una memoria de 2 a 4 GB y raspberry

con 1GB, que las hace estables para el procesamiento digital de imágenes. El sistema operativo contribuye para escoger a Raspberry Pi3 debido a que posee hardware y software de código abierto y cumple con todas las características necesarias para el desarrollo de este proyecto.

#### 4.5.3. Módulo GSM/GPRS

El módulo GSM/GPRS tiene como finalidad establecer la comunicación entre el sistema y el servidor donde residen los datos del conteo de pasajeros en internet para enviar los datos recopilados; en el mercado actualmente existen varios circuitos y módulos desarrollados para permitir este cometido como Huawei y SIMCOM, siendo la primera una de las empresas que más se ha relacionado con las telefónicas produciendo *dongles* para el servicio de internet móvil. En la tabla 7 se compara técnicamente dispositivos de estas dos empresas.

Tabla 7. Características técnicas módulos GSM/GPRS

	SIM 808	SIM 900	Dongle E173s
Distintivo			
Empresa Fabricante	SIMCOM	SIMCOM	HUAWEI
Chip SIM	Sim 808	Sim 900	EAP
Banda de operación	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz	HSUPA/HSDPA/UMTS 2100MHz; EDGE850/900/1800/1900MHz
Puertos	Serial	Serial	USB
Slot SIM	Estándar de 6 pines	Estándar de 6 pines	Estándar de 6 pines
Cualquier Operadora	Si	Si	Previo desbloqueo
GPS interno	Si	No	No
Fuente de alimentación	5v/2A	5v/2A	5v/500mA
Tamaño	6.5x5.4x1.3cm	5x4x0,5cm	8,4x2,7x1,18 cm
Precio	60	50	25

Fuente: Investigador

Se optó por usar el módulo Dongle E173s de la marca Huawei; posee la capacidad de conectarse a redes GSM y GPRS con bandas de frecuencia 850, 900, 1800, 1900 MHz. Su conexión por medio de un puerto usb, y el bajo costo de adquisición lo hace un producto viable para usarlo como parte de la red de transporte de la información registrada. Los modems comercializados por las operadoras móviles Claro, Movistar y CNT, incorporan en su Firmware una versión que representa a la empresa para ser uso exclusivo de ella; por lo cual fue necesario desbloquear características tales como la aceptación de un chip de cualquier operadora y otras prestaciones que permitan explotar al máximo el uso de este dispositivo.

#### 4.5.4. Dispositivos de Visualización

Para observar el conteo de pasajeros así como manejar la mini computadora es necesario integrar una pantalla o un elemento de visualización que se integre con la mini raspberry pi para lo cual se muestra en la tabla 8 una comparativa técnica de elementos que pueden conectarse con sus características más representativas para ser evaluadas; este dispositivo que forma parte del sistema planteado puede ser descartado debido que fácilmente se puede usar una conexión SSH y con ello manejar scripts y códigos, pero inicialmente resulta beneficioso para una rápida instalación del software y código integrado.

*Tabla 8. Dispositivos de visualización para Raspberry pi*

	Pantalla LCD de ordenador	LCD táctil 3,5"	Touch Screen 7"
Distintivo			
Pulgadas	19"	3,5"	7"
Tecnología	LCD	LCD táctil resistida	LCD touch capacitiva
Resolución	1366x768	480x320	800x480

	Pantalla LCD de ordenador	LCD táctil 3,5"	Touch Screen 7"
Color	total 17 millones	RGB a 16 bits	RGB a 24 bits
Ángulo de visión	170°	No especificado	70°
Puerto de conexión en raspberry	HDMI con conversor	SPI	SPI
Interfaces electrónicas	HDMI a VGA	No	puertos GPIO
Fuente de alimentación	120V AC independiente	5V	5V independiente
Requiere teclado y ratón	Si	No	No
Precio	\$120	\$35	\$70

Fuente: Investigador

A lo largo del proyecto se utilizó las pantallas LCD de ordenador y LCD táctil de 3,5" de raspberry; la primera como periférico de salida en el primer booteo del sistema operativo y la instalación de los paquetes y software necesario para el desarrollo del proyecto, para lo cual se utilizó un convertidor de HDMI a VGA por la diferencia de puertos que manejan los dispositivos respectivos como se puede observar en la figura 14.



Figura 14. Convertidor HDMI a VGA

Fuente: Investigador

La pantalla de 3,5 pulgadas por el contrario no necesita de un teclado y un ratón a diferencia de la pantalla de PC, sus reducidas dimensiones la hace factible para la integración en el diseño del sistema propuesto como elemento de visualización

perenne del conteo de pasajeros así como su bajo consumo de energía que le proporciona la propia raspberry, ambos periféricos de visualización pueden coexistir simultáneamente debido al uso de diferentes puertos en la placa lo que no afecta de ninguna manera al uso de los mismo.

#### 4.5.5. Regulador de voltaje

El voltaje de operación de la raspberry pi 3 es de 5v controlada por un regulador de voltaje conectado hacia el puerto mini usb de la placa, proporciona una alimentación estable a todos sus componentes internos, además, la placa toma energía a través de los puerto GPIO pero estos no disponen de un regulador de voltaje que asegure que se entregará el valor correspondiente de operación; si varios dispositivos como la cámara web, el modulo GSM/GPRS y el conversor para la salida de video se alimentan a partir de la regulación del voltaje del puerto mini usb, este indica que si existe una sobre carga, un corto circuito o una caída de voltaje, esto afectaría directamente a la placa, para lo cual la manera de evitar estos inconvenientes es alimentar a todo el sistema a partir de un regulador, que limitará el voltaje para una salida constante, el módulo que se utilizo fue el regulador de voltaje LM2596 como se muestra en la figura 15 este dispositivo es una fuente de alimentación tipo Buck referente de fuente conmutada.

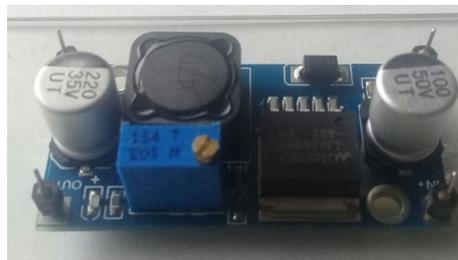


Figura 15. Regulador de voltaje tipo Busck LM2596

Fuente: Investigador

Su voltaje de salida varia de entre 1,25V a 30V con una corriente máxima de 5A, este dispositivo por medio de su potenciómetro se fijó en 5V, alimentando a todo el circuito suministrando la corriente necesaria para la operación efectiva de cada uno

de los dispositivos conectados a la placa, al tener el regulador de voltaje la fuente de alimentación no presupone ninguna conflicto más se expande información sobre ella en el siguiente literal.

#### **4.5.6. Fuente de alimentación**

La mini computadora raspberry pi entre sus páginas oficiales describe que el cargador de alimentación que otorga la energía necesaria para su correcto funcionamiento es de 5v a 2,5 Amperios, debido aquello se adquirió un cargador con estas características que alimentaron sin ningún inconveniente mientras se realizaba procesos de instalación de programas y librerías par a la visión artificial, aun cuando se conectó la cámara web que analiza el movimiento de los pasajeros, esta funcionó correctamente, el problema surgió al conectar el dispositivo modems GSM/GPRS; la corriente necesaria para operación de este dispositivo es de 500 mA y al conectarse simultáneamente la cámara web, el conversor HDMI a VGA y el propio modem, este respondía insatisfactoriamente, desconectándose o reseteando su funcionamiento impidiendo mantener una conexión a la red estable, la solución surge utilizando un cargador común de laptop, en este caso un cargador hp de 18,5 V y 3,5A al regular el voltaje de salida como se explicó anteriormente el usarlo no implica ningún problema.

Con respecto a la alimentación que proporciona la unidad de transporte, anteriormente se señaló que la unidad maneja un voltaje entre 12 y 24V con una corriente de 30A suficientes para alimentar a la raspberry pi. Aquellas fuentes de alimentación, partiendo desde el cargador de 2,5A hacia el cargador HP y finalmente el conjunto de baterías del autobús, responden en su momento a la necesidad tanto en la instalación de campo como el la simulación en las pruebas previas. En la figura 16 se muestran fotos de las fuentes de alimentación, de izquierda a derecha se muestra el cargador de 2,5A de raspberry, a continuación el cargador hp y finalmente el reductor de voltaje en la unidad de transporte.



Figura 16. Fuentes de alimentación utilizadas a lo largo del proyecto

Fuente: Investigador

#### 4.6. SISTEMA OPERATIVO

El sistema operativo estuvo directamente correlacionado a la placa seleccionada siendo capaces de ser instaladas diferentes tipos de ellos destinados a distintos objetivos; pero para la implementación del proyecto los que más se ajustaron a los requerimientos son los desarrollados por la fundación oficial de Raspberry, sus características técnicas se visualizan en la tabla 9:

Tabla 9. Características de los sistemas operativos para Raspberry Pi

	Noobs	Raspbian
Distintivo		
Orienta a usuarios	Nuevos sin conocimientos de la plataforma	Con conocimientos de sistemas operativos en base a Linux
Tipos	Noobs y Noobs Lite	Raspbian Jessie with Pixel y Raspbian Jessie Lite
Version del kernel	2.4.0	4.4
Sistemas y programas alternativos	Incluidos	Necesitan descarga por parte del usuario
Programas incluidos con licencia	Mathematica y The Wolfram	Mathematica y The Wolfram
Última actualización	2017/04/10	2017/04/10

Fuente: Investigador

El sistema operativo Noobs por sus características lleva pre instalado librerías y paquetes por defecto para una fácil utilización de los usuarios que no dispongan de conocimientos previos sobre el manejo e instalación de paquetes, pero al tratarse de un proyecto que busca la instalación específica y el menor uso de memoria de almacenamiento se optó por Raspbian que viene en su versión completa con un escritorio en base a pixel, atractivo a la vista y de fácil manejo; el kernel usado es a base de Debian.

#### **4.6.1. Elementos para instalación sistema operativo**

Una vez que se definió trabajar con la mini computadora raspberry pi 3 B el siguiente paso fue instalar el sistema operativo raspbian para poder comenzar con el desarrollo del proyecto, para lo cual es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Mini computador Raspberry Pi3 B
- Tarjeta de memoria de 8GB
- Cargador de 2,5 Amperios con conector micro usb
- Periféricos de entrada (Mouse, Teclado)
- Periférico de salida (Pantalla)
- Cable HDMI o conversor de HDMI a VGA (como fue el caso en este proyecto)

#### **4.6.2. Instalación del sistema operativo**

El sistema operativo que se instaló en la Placa es Raspbian Jessie with Pixel que se obtuvo de la página oficial de Raspberry.org en el apartado de descargas, con un peso de más de 4GB se necesitó de una tarjeta de memoria SD de 8GB capaz de contener el sistema operativo y sus archivos sin dificultad, una vez descargado la imagen .img se procedió a montarlo en la tarjeta SD con el programa Win32 Disk Manager que es un programa para escritura de imágenes de disco raw en dispositivos removibles muy utilizado para desarrollo embebido, la figura 17 muestra el proceso de instalación que se llevo a acabo para lanzar el sistema operativo.

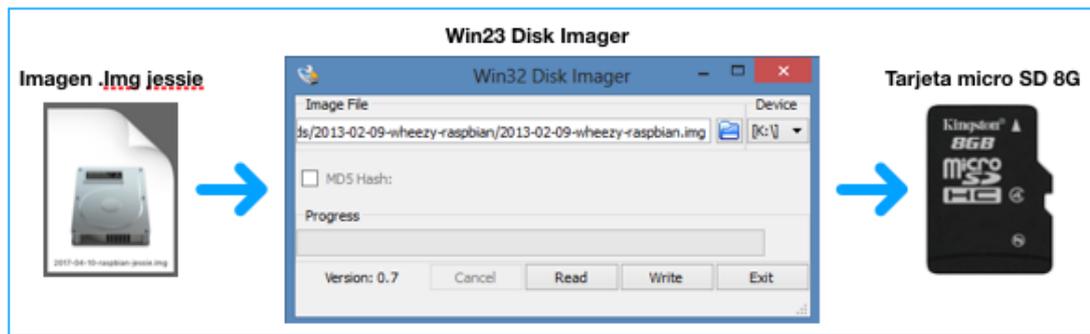


Figura 17. Instalación sistema operativo Raspbian en Micro SD

Fuente: Investigador

Una vez finalizado la escritura de la imagen, se colocó la tarjeta en la ranura de la placa y antes de encenderlo por primera vez se conectó un teclado, un mouse y un cable HDMI o el convertidor HDMI a VGA para visualizarlo en un monitor de computadora, al momento de energizar la tarjeta automáticamente se lanza el sistema operativo para ser visualizado en el monitor, el ingreso al usuario root se realizó automáticamente con nombre de usuario “pi” y contraseña “raspbian”; la figura 18 muestra la arquitectura de conexión de los elementos para arrancarlo y visualizarlo.

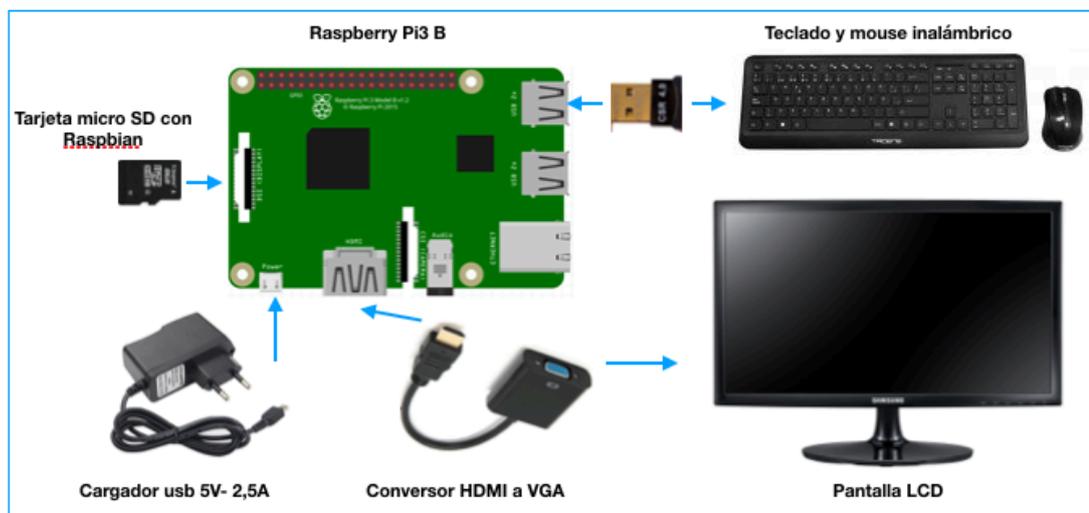


Figura 18. Dispositivos para arrancar y usar Raspberry pi3

Fuente: Investigador

Los primeros pasos es expandir el uso de toda la memoria como nativa para el sistema operativo y hacer uso del espacio que no se utilizó por parte del sistema operativo instalado; también se puede configurar zonas horarias, idioma, lenguaje del teclado, activación de servicios ssh que serán muy útiles en todo el desarrollo.

### 4.6.3. Conexiones SSH

Una forma de controlar la mini computadora es por medio de una conexión SSH que se activó por medio del panel de preferencias, configuraciones de raspberry pi, interfaces y habilitando la opción SSH; por otro lado desde el ordenador que se controla la terminal se debe instalar el programa Putty del caso de que se maneje desde un Windows y abrir la terminal en caso de OSX que cuenta con los servicios de SSH incluidos; en ambos casos se debe especificar el usuario root y contraseña de la raspberry pi para que autentifique el ingreso. La figura 19 muestra una conexión SSH desde la terminal de OSX hacia la raspberry pi con dirección local 192.168.1.2



```
santiagomorales — pi@raspberrypi: ~ — ssh pi@192.168.1.2 — 80x24
Last login: Thu Jun 22 02:48:04 on console
[Santiagos-iMac:~ santiagomorales$ ssh pi@192.168.1.2
pi@192.168.1.2's password:

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Jun 21 22:58:41 2017
pi@raspberrypi:~ $
```

Figura 19. Raspberry Pi enlazado desde OSX por SSH

Fuente: Investigador

Ya dentro del sistema operativo por cualquiera de estos métodos expuestos el siguiente paso fue instalar y verificar los paquetes necesarios para poder desarrollar sin ninguna dificultad el proyecto para lo cual se conectó la tarjeta a internet por medio de ethernet o por la tarjeta wifi incluida en el dispositivo.

### 4.6.4. Instalación de Sakis3G

A continuación, en la tabla 10 se detalla y Describe la instalación del Programa Sakis3G, para el manejo del modem huawei sobre una raspberry pi. El Dongle E173s

es completamente compatible para la administración del mismo sobre el dispositivo utilizado.

Tabla 10. Comandos para la instalación de Modem Huawei

#	Comando	Descripción
1	\$ sudo apt-get update	Actualización de paquetes y repositorios
2	\$ sudo apt-get install ppp	Instalación de PPP Protocolo de punto a punto ()
3	\$ sudo wget "http://raspberry-at-home.com/files/sakis3g.tar.gz"	Descarga de paquetes sakis3g.tar.gz para el manejo y control de tarjeta SIM.
4	\$ sudo mkdir /usr/bin/modem3g	Creación de carpeta "modem3g"
5	\$ sudo chmod 777 /usr/bin/modem3g	Proporcionar permisos de administrador a carpeta creada
6	\$ sudo cp sakis3g.tar.gz /usr/bin/modem3g	Copiar archivo descargado en carpeta modem3g
7	cd /usr/bin/modem3g	Redireccionamiento a la carpeta modem3g
8	sudo tar -zxvf sakis3g.tar.gz	Descompresión de archivo con extensión .tar.gz
9	sudo chmod +x sakis3g	Proporcionar permisos de ejecución
10	vim /etc/sakis3g.conf	Modificar archivo de configuración
11	OTHER="USBMODEM" USBMODEM="12d1:1c05" APN="1234" APN_USER="movistar" APN_PASS="movistar"	Adicionamiento y configuración de archivo "sakis3g.conf" para una autenticación automática.
12	sudo ./sakis3g connect	Conexión con modem
	sudo ./sakis3g disconnect	Desconexión con Modem

Fuente: Investigador

La edición del archivo "sakis3g.conf" brinda la ventaja de una autenticación automática sobre el modem, facilitando la conexión sobre el mismo.

#### 4.6.5. Instalación de RPi LCD

Existen varios métodos de instalación de controladores de módulos externos en la tabla 11 describe una de las maneras de configurar la LCD táctil 3.5" para la Raspberry pi.

Tabla 11. Comandos para la instalación del controlador de RPi LCD 3,5”.

#	Comando	Descripción
1	\$ sudo raspi-config	Configuración de Raspberry pi.
2	\$ wget "http://www.waveshare.com/w/upload/0/00/LCD-show-170703.tar.gz"	Descarga del archivo controlador de LCD.
3	cp LCD-show-170703.tar.gz /home	Copiar el archivo a la Raíz.
4	cd /home	Redirigirse a la raíz.
5	tar xvf LCD-show-170703.tar.gz	Descomprimir el archivo.
6	cd LCD-show/	Acceder a la carpeta LCD-Show.
7	chmod +x LCD35-show	Proporcionar permisos de ejecución sobre el archivo.
8	./LCD35-show	Ejecutar.
9	vim config.txt	Editar el archivo config.txt.
10	/ dtoverlay=ads7846 /	Eliminar la línea de comando "dtoverlay=ads7846" por medio del editor de textos.
11	reboot	Reiniciar el Sistema.

Fuente: Investigador

Es obligatorio realizar el reinicio del sistema una vez instalado el controlador, debido a que el paquete debe ser reconocido.

#### 4.6.6. Instalación de OpenCV en Raspberry Pi

Dentro de la terminal se ingresaron los siguientes códigos en forma consecutiva como se observa en la tabla 12 para la integración de OpenCV y la instalación de los paquetes necesarios para su procesamiento matemático; así también, la actualización del IDE de Python y sus demás librerías nativas del sistema operativo.

Tabla 12. Comandos para la instalación de OpenCV

#	Comando	Descripción
1	\$ sudo apt-get update \$ sudo apt-get upgrade	Actualización e instalación de los paquetes existentes
2	\$ sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config	Instalación de cmake como ayuda para lo construcción de procesos de OpenCV
3	\$ sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev	Instalación de varios paquetes de formatos de entrada y salida incluyendo JPEG, PNG etc
4	\$ sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev \$ sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev	De igual manera para paquetes de formatos de video Stream

#	Comando	Descripción
5	\$ sudo apt-get install libgtk2.0-dev	Librería de desarrollo GTK para trabajar con los sub módulos de ventanas para visualización de imágenes
6	\$ sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran	Instalación de dependencias extras para optimización de operaciones matriciales utilizadas en OpenCV
7	\$ sudo apt-get install python2.7-dev python3-dev	Aunque esta incluido en Raspbian es necesario instalar los archivos de cabecera para compilar OpenCV con enlaces de Python
8	\$ cd ~ \$ wget -O opencv.zip https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.1.0.zip \$ unzip opencv.zip	Descarga y descompresión de los archivos de OpenCV desde el sitio oficial versión 3.1.0
9	\$ wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py \$ sudo python get-pip.py	Instalación de un administrador de paquetes de Python PIP
10	\$ pip install numpy	Instalación de numpy para procesamiento numérico
11	\$ cd ~/opencv-3.1.0/ \$ mkdir build \$ cd build \$ cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \ -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \ -D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \ -D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/ opencv_contrib-3.1.0/modules \ -D BUILD_EXAMPLES=ON ..	Preparación de los archivos para la instalación de OpenCV haciendo uso de cmake
12	\$ make -j4	Compilación de OpenCV controlando el número de cores "4" que raspberry posee para acelerar el proceso
13	\$ sudo make install \$ sudo ldconfig	Instalación de OpenCV

Fuente: Investigador

#### 4.6.7. Python en OpenCV

Este lenguaje se uso para la ejecución de OpenCV y en el proceso de instalación se aprovecho para actualizar conjuntamente este lenguaje con su respectivo interprete, una vez finalizado todos los procesos de instalación, su comprobación se la puede realizar verificando la existencia del archivo "cv2.so" accediendo al directorio que contienen los archivos de OpenCV como librerías de Python, estos se encuentran en \$cd /usr/local/lib/python2.7/dist-packages/ en algunos casos este archivo puede estar alojado en la carpeta site-packages que viene a tener la misma funcionalidad de dist-package; en la figura 20 se muestra la existencia del archivo antes mencionado.

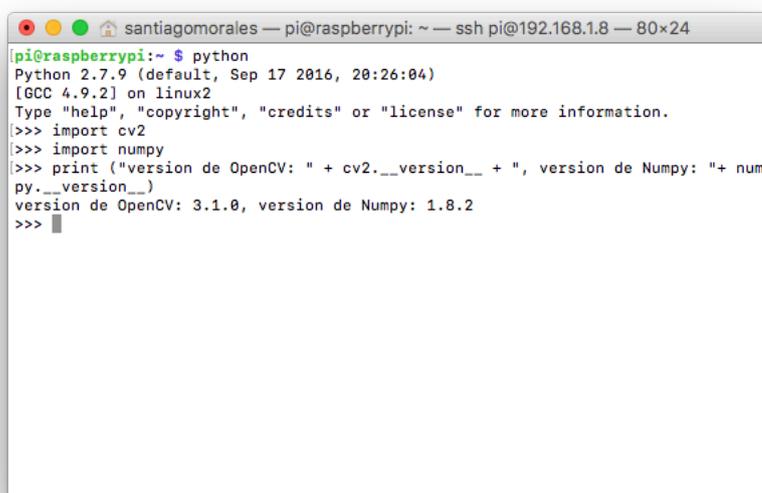


```
santiagomorales — pi@raspberrypi: /usr/local/lib/python2.7/dist-packages — s...
[pi@raspberrypi:~ $ cd /usr/local/lib/python2.7/dist-packages/
[pi@raspberrypi:/usr/local/lib/python2.7/dist-packages $ ls
cv2.so  imutils  imutils-0.4.3.dist-info  pip  pip-9.0.1.dist-info
[pi@raspberrypi:/usr/local/lib/python2.7/dist-packages $
```

Figura 20. Comprobación de archivo cv2.so en directorio de python2.7

Fuente: Investigador

Si el proceso se ha realizado correctamente la placa esta lista para utilizar las librerías del procesamiento digital de imágenes de Opencv para Python, la figura 21 muestra el interprete de Python ejecutar el llamado de la librería de OpenCV y de Numpy mostrando en la consola las versiones 3.1.0 y 1.8.2 respectivamente.



```
santiagomorales — pi@raspberrypi: ~ — ssh pi@192.168.1.8 — 80x24
[pi@raspberrypi:~ $ python
Python 2.7.9 (default, Sep 17 2016, 20:26:04)
[GCC 4.9.2] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
[>>> import cv2
[>>> import numpy
[>>> print ("version de OpenCV: " + cv2.__version__ + ", version de Numpy: " + num
py.__version__)
version de OpenCV: 3.1.0, version de Numpy: 1.8.2
[>>>
```

Figura 21. Llamado de librerías de OpenCV y Numpy desde Python

Fuente: Investigador

#### 4.7. CONTEO DE PASAJEROS POR VISIÓN ARTIFICIAL

Una vez se dispone de todas las librerías, paquetes y programas instalados se procedió a escribir el programa que analiza el movimiento con visión artificial de los pasajeros al subir y bajar de una unidad de transporte, estos códigos son la parte más importante del proyecto; la codificación del programa es un conjunto de procesos correlacionados entre sí que ejecutan una función específica y que juntos permiten contabilizar a los pasajeros, para lo cual, en la figura 22 se muestra un diagrama de bloques donde se describe los procesos en forma global del sistema.

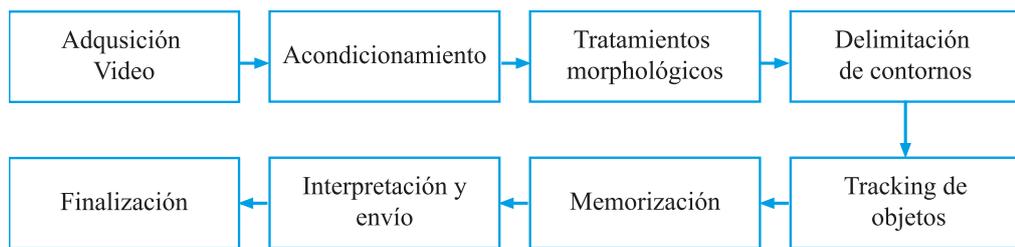


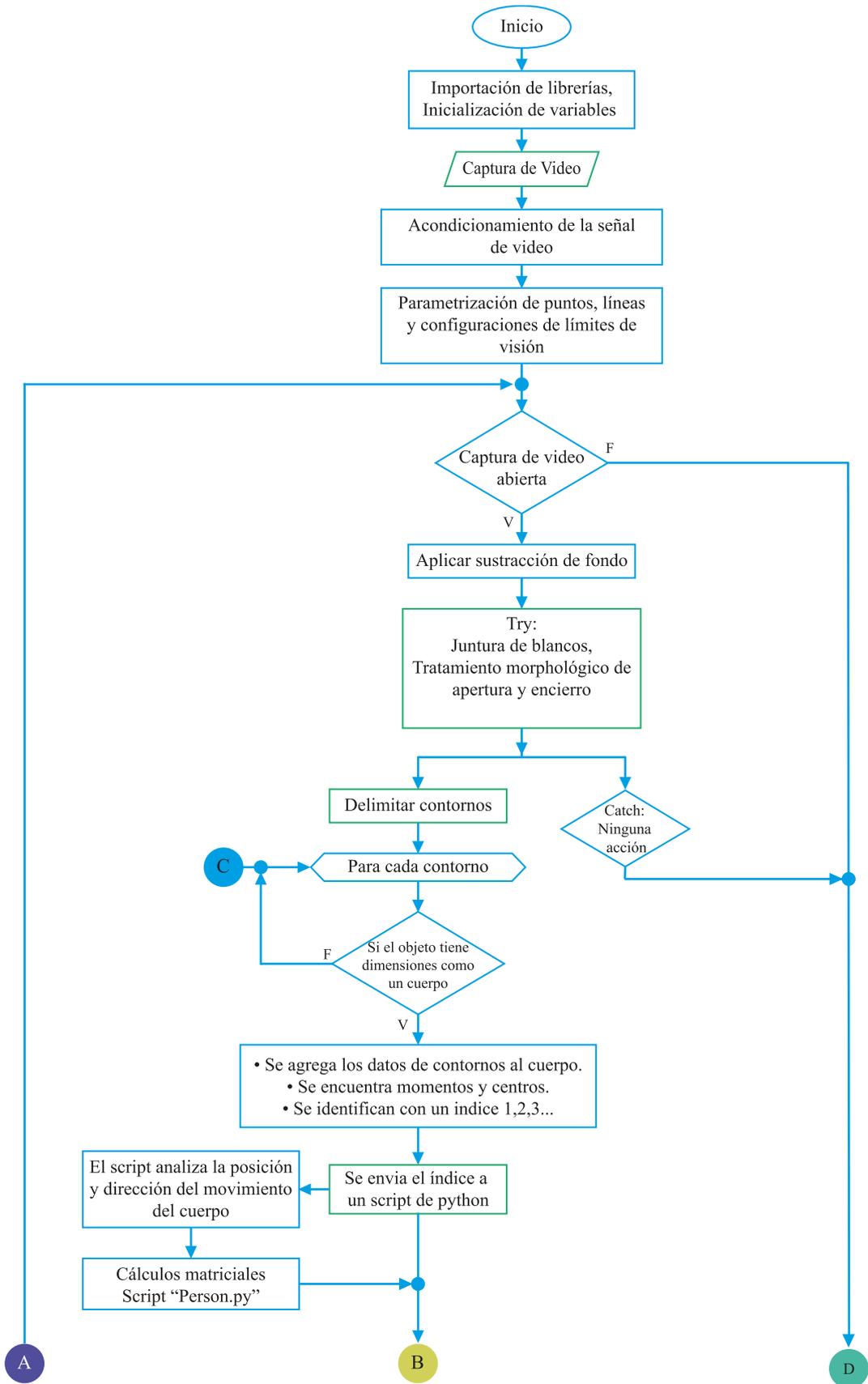
Figura 22. Diagrama de bloques básico de la visión artificial

Fuente: Investigador

El siguiente diagrama de bloques de la figura 23 muestra un panorama más amplio de como se realiza la interacción entre cada proceso para la visión artificial, más esta distribución también cubre de manera específica, sencilla y puntual los procesos importantes llevados a cabo en la realización del programa con el fin de estructurar un modelo conciso del trabajo; el código con todas sus sintaxis, líneas exceptuadas de procesos congelados y comentarios se puede observar en el Anexo C y en una copia digital en el disco que se encuentra archivado en la biblioteca de la facultad de Ingeniería En Sistemas Electrónica e Industrial.

##### 4.7.1. Explicación flujo de trabajo del programa

El programa inicia importando librerías para su funcionamiento; time y urllib son parte del conjunto de librerías que trae consigo por defecto el IDE de Python, pero numpy, cv2, imutils y Person son librerías y scripts desarrollados por terceros con funciones específicas.



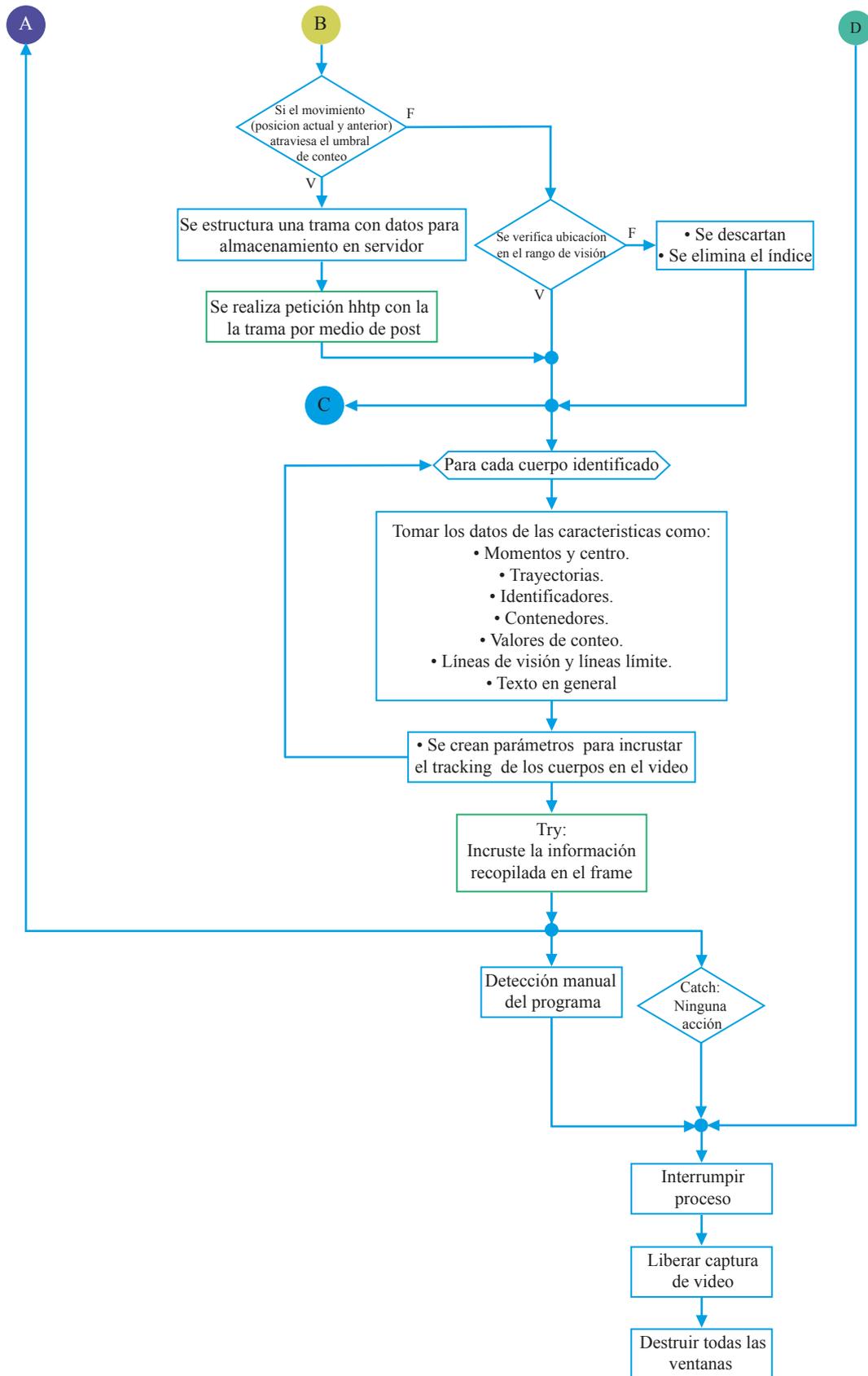


Figura 23. Diagrama de bloques conteo pasajeros por visión artificial.

Fuente: Investigador

Las dos primeras librerías corresponden al procesamiento matemático con matrices y el paquete para desarrollo de visión artificial que se instalaron previamente; `imutils` es una librería para la realización y cálculo del tracking de objetos y `Person` por su lado no es una librería sino más bien es un script escrito en Python con el fin de ayudar a la realización del tracking de los pasajeros en movimiento cual se explicará con más detalle adelante.

Una vez que las Librerías han sido exportadas correctamente se inician variables que contendrán la información necesaria sobre fechas, horas, conteo de entrada y salida, códigos para identificar aquellos datos entre otros; a lo largo de la codificación se crearon aun más variables que ha medida que surgen procesos entran a realizar tareas específicas, pero aquel detalle se deja en manos del lector sobre el código en los anexos.

#### **4.7.2. Captura de Video**

El programa inicia con la adquisición de la señal de video por medio de la cámara web, el puerto correspondiente al cual se conectó al raspberry se identificó con un 0, que representa el primer equipo tipo cámara conectado a los puertos COM de la Raspberry, del caso de conectar más de ellas, estas se identificarán con los números enteros siguientes; La librería de OpenCV utiliza los comandos `cv2.VideoCapture` para interpretar y asignar a una variable los fotogramas que representan el video, de esta manera cada nueva imagen aislada será almacenada en la variable que se denominó “cap”.

Una forma de verificar si la adquisición de video se está realizando correctamente es creando un bucle en el cual por cada fotograma adquirido, este se reproducirá por medio de los comandos “`cv2.imshow`” generando ventanas consecutivas que se interpretan como la secuencia de video mientras se está ejecutando el mismo. Del caso que no se visualice ningún fotograma o se tenga en el terminal un mensaje de aviso donde se describe que la variable que se desea imprimir está vacía, se debe verificar si la mini computadora trae consigo los codecs de video necesarios para

interpretar la señal adquirida; en raspberry pi este proceso estuvo incluido en la lista de comandos para la instalación de OpenCV, particularmente en el punto 3 y 4; estas librerías de formatos de videos como JPEG, MKV, AVI entre otros, asegurarán que el video sea entendible y reproducible por la mini computadora.

#### 4.7.3. Acondicionamiento de la señal

Con el fin de consumir menor cantidad de recursos de la mini computadora para un procesamiento más eficiente, la señal de video adquirida se manipuló para disminuir el consumo de memoria al momento de tratar cada una de las imágenes que lo componen, de esta manera, se redimensionó el tamaño del frame ajustándolo a un valor de 480x240; esto permite disponer de imágenes con un tamaño considerable que puede ser observado en una pantalla y con la suficiente resolución para que la imagen no se note muy pixelada; se probó también con un tamaño de 160x120 y, aunque se mejora el procesamiento en cuanto a velocidad así como la calidad de la imagen se ve mucho mejor, el tamaño de las ventanas que se generan es muy reducido impidiendo observar todas las etiquetas y líneas límite. En la tabla 13 se puede observar una comparación entre el resultado de utilizar los tamaños originales del video frente al acondicionamiento a 480x240 y 160x120 pixels junto a una descripción de su rendimiento en cuanto a velocidad y calidad de la imagen.

Tabla 13. Acondicionamiento del tamaño para video

	Tamaño Normal	A 480x240 px	A 160x120 px
Visualización a través de VNC			
Persona frente a visión	El cuerpo se sale de los límites de visión	El cuerpo se encuentra en los límites	El cuerpo se encuentra en los límites
Calidad de la imagen	Tendencia a pixelarse	Normal	Buena
Ventana frente a espacio de pantalla	Sobre pasa los limites	Dentro de los límites	Dentro de los límites
Apreciación de la pantalla para el usuario	Muy excedido	Normal	Muy pequeño

	Tamaño Normal	A 480x240 px	A 160x120 px
Velocidad de procesamiento del video	Baja	Normal	Normal
Incrustación de elementos al video	No se aprecian líneas límite, ni letras descriptivas etc	Todos los elementos visibles	No se aprecian líneas límite, ni letras descriptivas etc
Características para usar este tamaño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir una pantalla con mejores pulgadas.</li> <li>• Aumentar el número de frames por segundo.</li> <li>• Mejorar la mini computadora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar el número de frames por segundo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacomodar los elementos incrustados al video.</li> <li>• Mejorar el tamaño de la pantalla</li> </ul>

Fuente: Investigador

Se optó por ejercer un procesamiento a 480x240 px, en esta resolución la imagen no pierde calidad, el procesamiento del video se realiza de forma normal y es apreciable para el usuario observador del sistema puesto que a un menor tamaño no se puede interpretar muy bien las imágenes. Otro parámetro que se configuró es el número de fotogramas con el que se trabaja, la cámara Terrax c-118 tiene un valor máximo de 25 fotogramas pero este puede ser utilizado cuando se maneja una resolución de 640x480, es así que, se acondiciona la señal de video para que se obligue a trabajar con 25 fotogramas con los comandos “cap.set(5,25)” donde 5 es el índice del parámetro de configuración, en este caso las características de fotograma y 25 el valor propiamente dicho.

Otras características que modifican el resultado del video es la integración de elementos, estos van desde líneas límite y de visión, etiquetas de texto que representan el conteo de pasajeros, todos ellos con parámetros de color, grosor fuente; estos elementos se parametrizan una vez acondicionado el manejo del video y son el antecesor a la apertura del bucle donde se procesa el conteo.

#### 4.7.4. Bucle de apertura de video

Este bucle es un elemento muy importante a lo largo de la programación del contador de pasajeros, dentro de este se desarrollan todo los procesamientos morfológicos y de tracking de los elementos visualizados, contiene múltiples sub procesos con

condiciones e invocaciones a otros scripts, las peticiones http las cuales permiten enviar los datos recogidos a través de internet se ejecutan únicamente si la apertura del video se realiza con normalidad, en el bucle constan las interrupciones necesarias para asegurar que el programa se detenga cuando se presentan fallos caídas del sistema o de la red, de la cámara o el procesamiento, finalizando todos los procesos y liberando el buffer de la cámara para una próxima apertura.

#### 4.7.5. Tratamientos morfológicos

El tratamiento morfológico busca interpretar un elemento como un cuerpo distinto al fondo que lo contiene. El primero consiste en estimar el fondo o también se conoce como sustracción de fondo, anteriormente se habló de distintos mecanismos utilizados para el análisis de sustracción de fondo, conociendo desde los tipos más básicos de suma y resta de frames hasta los mecanismos basados en varios algoritmos como MOG y MOG2.

Este procesamiento se basó en el uso del algoritmo BackgroundSubtractorMOG2, iniciando con el llamado a la librería y especificando los valores de configuración; en la tabla 14 se muestra el comando y los parámetros utilizados para aplicar este algoritmo de sustracción de fondo.

*Tabla 14. Comandos y parámetros de algoritmo sustractor de fondo MOG2*

Detalle	Significado
Comando de invocación	FondoSustraido = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2(history=100, varThreshold=20, detectShadows=False)
FondoSustraido	Es la variable donde se almacena el aplicador de sustracción de fondo.
cv2.createBackgroundSubtractorMOG2	Comando utilizado para invocar la librería en OpenCV que trae consigo los algoritmos definidos para MOG2 para crear el aplicador de sustracción de fondo.
history=100	Representa el histórico de detalles analizados en el aplicador de sustracción de fondo, sirve para la actualización del fondo como un refresco del área de análisis, de esta manera la vision se adapta al escenario.
varThreshold=20	Permite eliminar el nivel de ruido presente en la imagen, por medio de la interpretación de los cambios de color de los pixeles, a mayor sensibilidad estos se detectan como cuerpos
detectShadows=False	Permite configurar a adaptación a la detección de sombras.

Fuente: Investigador

En la versión de OpenCV 3.1.0, los comandos de invocación a la librería del comando MOG2 cambian ligeramente es así que a las versiones anteriores a 2.4.8 la sintaxis se modificaba a “cv2.BackgroundSubtractorMOG2” y el parámetro de configuración de sombras cambiaba a “bShadowsDetection”. El algoritmo una vez creado y almacenado se aplicó a la señal de video que de aquí en adelante a esa señal se la denominará “frame”; el resultado de aplicar este algoritmo para estimar el fondo se puede visualizar en la figura 24 que se presenta a continuación.

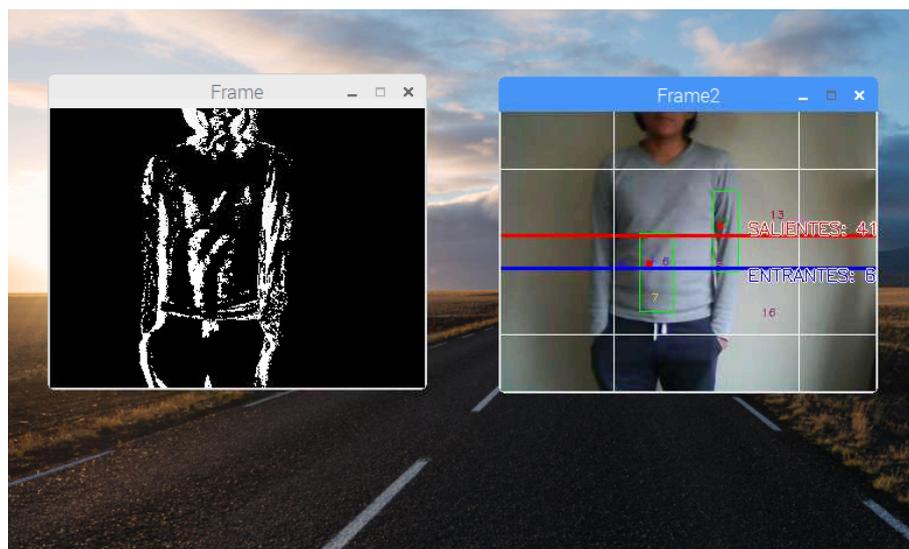


Figura 24. Aplicación de sustractor de fondo a video

Fuente: Investigador

La ventana a la izquierda que contiene una imagen en blanco y negro surge al aplicar el sustractor de fondo al frame, el algoritmo analiza los objetos presentes en el escenario y por medio de cálculos matemáticos descarta cuales pertenecen al primer plano, como un objeto inmóvil, un paisaje o cualquier otra cosa que no sea un objeto dinámico, el restante se considera un elementos del segundo plano y por consiguiente se resalta y se lo considera importante.

Una vez se detectó el elemento de primer plano es necesario aplicar mecanismos de encierro y apertura de bordes, estos mecanismos consisten básicamente en tomar la imagen binarizada, es decir blanco y negro y tomar pequeñas porciones de la imagen

para convertirlas en uno de los dos binarios; de manera sencilla se puede decir que se toma una parte de la imagen blanca y se la hace negra y el otro mecanismo toma una parte de la imagen negra y la hace blanca. En la figura 25 se muestra la aplicación de los mecanismos de encierro y apertura.



Figura 25. Tratamiento morfológico de apertura y encierro

Fuente: Investigador

La tercera imagen muestra el frame al cual se le aplicó la sustracción de fondo luego se le aplica el tratamiento morfológico de encierro representado en la primera imagen desde la izquierda, y finalmente el tratamiento de apertura, esto permite eliminar pequeños pixeles de color blanco haciendo que sean absorbidos por el cuerpo principal cuando se trata del encierro, esto elimina el ruido presente para que con ayuda de la apertura o dilatación el color blanco adquiera mayor volumen y su estructura corporal se defina de mejor manera; el objetivo al que se desea llegar con la modificación de los parámetros que se denominan kernels es atraer a la mayor cantidad de pixels que se presentan como ruido y definir objetos lo mayormente delimitados para poder ser interpretados más adelante. Si existe algún tipo de fallo, no se puede establecer estos tratamientos o el video no se integra correctamente el bucle se rompe porque del caso contrario se presentarían errores lógicos.

#### 4.7.6. Delimitación de contornos

Como su nombre lo indica el proceso consiste en tomar el cuerpo encontrado y definir los contornos que posee, este proceso se realiza determinando los límites que posee en relación al fondo, el cambio de binarios que existe de un cuerpo hacia el fondo representa un contorno y esta es su forma más simple para identificarla; el poder delimitar un contorno trae consigo la capacidad de conocer cuántos cuerpos y objetos se encuentran en un escenario y cuáles de ellos pueden ser descartados de acuerdo a sus características, por ejemplo el movimiento de un pasajero al subir de un bus está sujeto a traer sombras y movimientos reflejos que comúnmente tienen un menor volumen que el cuerpo de una persona y al delimitar su contorno se puede entender que sus características no concuerdan con las especificaciones del estándar de una persona, y así eventualmente descartarlo.

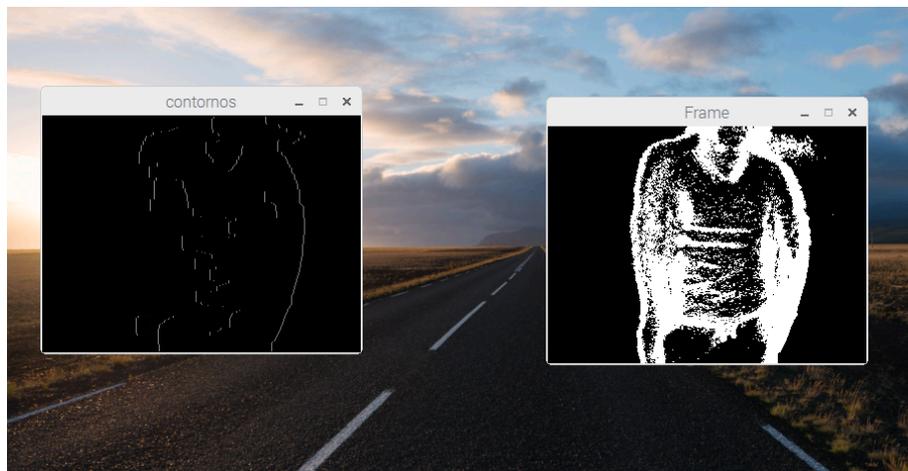


Figura 26. Delimitación de contornos

Fuente: Investigador

En la figura 26 desde la izquierda se puede observar como se reflejan los contornos del cuerpo capturado en la figura de la derecha como se puede observar los contornos son el límite entre el binario blanco y negro del fondo, es importante encontrar los contornos debido a que estos son representaciones vectoriales de los cambios de píxeles, en este instante las imágenes y objetos pasan a ser componentes matemáticos que pueden ser manejados con diferentes propiedades y operaciones, y se convierten en algo más que un conjunto de datos que representan un tono RGB.

Cada contorno se vuelve un ente individual que contiene diferentes puntos y coordenadas; por lo cual deben ser clasificados y filtrarlos de acuerdo a los que cumplan con la característica de ser el contorno de una persona o asemejarse lo más posible a una; un condición compara el área del contorno encontrado y si este es mayor al tamaño establecido de un cuerpo, se mantiene para futuros procesos, se calcula sus momentos que son las coordenadas de los puntos centros del área de los contornos, además se encuentra el rectángulo que lo delinea con sus respectivos valores de coordenadas, todo este cálculo sirve para identificar de manera correcta una persona detectada. La fórmula con la cual se establece el tamaño de una persona varia de acuerdo a la visión y posición de la cámara, más este valor se calculó de acuerdo a los tamaños del frame, la fórmula se presenta a continuación:

$$\text{areaTH} = w * h / 250$$

Donde:

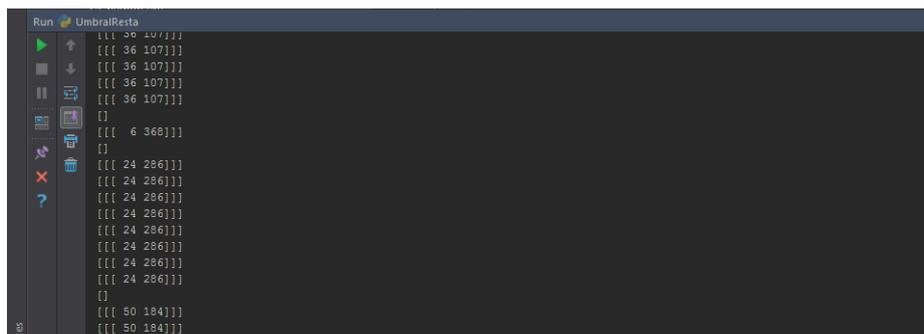
- areaTH es el área resultante de una persona.
- w es la medida del ancho del frame.
- h es la medida de la altura del frame.
- 250 es un valor constante que establece la medida mínima para el cuerpo de una persona.

Este valor surge de 368 muestras tomadas del valor del área resultante de los contornos delimitados; representa el promedio de los valores mínimos de las áreas en pixels, esto permite conocer el tamaño que ocupa los cuerpos en la escena, la figura 27 contiene ejemplos en donde el área de los cuerpos se limita en color verde; también se visualiza en la figura 28 los valores registrados en consola.



Figura 27. Muestras de áreas de los cuerpos

Fuente: Investigador



```
Run UmbraIReSta
[[[ 36 107]]]
[[[ 36 107]]]
[[[ 36 107]]]
[[[ 36 107]]]
[[[ 36 107]]]
[[[ 36 107]]]
[[[ 6 368]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 24 286]]]
[[[ 50 184]]]
[[[ 50 184]]]
```

Figura 28. Valores de las áreas registrados

Fuente: Investigador

En la figura 29 se muestra unas fotografías donde se ven de izquierda a derecha la delimitación del objeto encontrado, seguido de los momentos de los cuerpos y al final el cuadro delineado que contiene todo el objeto analizado.

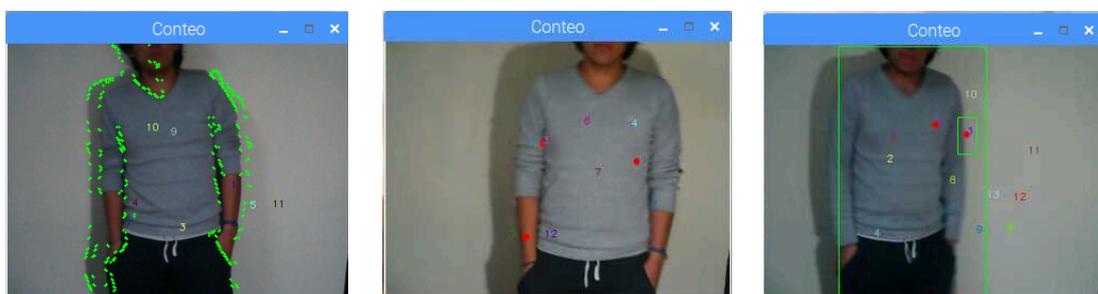


Figura 29. Delimitación de contornos, momentos y delineado de contenedor

Fuente: Investigador

El cuadro delineado surge para envolver dentro de un paralelogramo a toda la región del cuerpo analizado este servirá para identificar cada contorno encontrado y visualmente seguir su desplazamiento a lo largo del escenario, además de ser usado como una forma de observar cuantos cuerpos coexisten al mismo tiempo, cada uno de ellos se identifica con un índice que se incrementa individualmente cuando un nuevo cuerpo entra en los límites de visión; el primer cuerpo detectado posee el índice 1 el siguiente el 2 y así sucesivamente, cabe recalcar que el programa identifica el tamaño del cuerpo y asigna el primer índice al de mayor volumen para evitar asignaciones innecesarias a sombras o elementos no deseados.



Figura 30. Delimitación de contornos desde vista superior

Fuente: Investigador

La figura 30 es otro ejemplo con una perspectiva en donde la cámara se ubica en la parte superior al ingreso de una persona, desde la izquierda hacia la derecha se visualiza la captura de video, la sustracción de fondo y el ultimo, la delimitación de contornos, desde esta perspectiva se visualiza mejor el desplazamiento de los pasajeros y permite identificar cuando dos o más personas se mueven juntas y por otro lado esta posición permite que la cámara se ubique en un sitio donde no es accesible por los usuarios.

#### 4.7.7. Tracking de objetos

Una vez que se dispone de la información de los índices, la delimitación de los cuerpos el cálculo de centros y momentos, se toma toda esta información y por medio de una llamada a función del script Person.py se envían los datos necesarios para procesar el tracking de los cuerpos. Este proceso consiste en comparar toda la información de vectores, coordenadas, características de color y datos en general de cada cuerpo detectado o como se suelen denominar a estos elementos blob, frente a sus mismas características pero en frames anteriores para así poder predecir como se desarrolla su movimiento y los cambios relevantes que sufre.

Este proceso al igual que el análisis por computador exige una gran cantidad de cálculos matemáticos matriciales para cada uno de los pixels que conforma el blob de todos los existentes en la escena; el programa está desarrollado para procesar cualquier movimiento en cualquier instante de acuerdo a las apariciones de cada blob sin que interfieran uno con otro y de esta manera poder estimar como son las características del movimiento particular de cada cuerpo.

#### 4.7.8. Script Person.py

El movimiento se calcula tomando el histórico de las posiciones de cada índice junto a las características de sus contornos y se comprueba sus coincidencias con lo que se puede trazar múltiples vectores con la posición inicial y final de cada frame anterior y actual registrados en matrices de datos; la codificación de este script para sus correspondientes algoritmos se puede observar en el ANEXO D y también en una copia del archivo en el CD adjunto de esta tesis. La figura 31 describe lo antes mencionado visualizando el recorrido de una persona a lo largo de una secuencia de video, en donde de izquierda a derecha se observa en primer lugar el análisis de contornos seguido el movimiento que ha iniciado desde los límites superiores de la visión de la cámara y se que se ha desplazado con dirección norte sur; la línea blanca es el resultado de múltiples vectores anidados uno tras otro en cada aparición de un nuevo fotograma, se podría entender este trayecto en la imagen final de la derecha donde se representa un ejemplo de la animación de vectores.



Figura 31. Tracking de personas - trayectorias con múltiples vectores

Fuente: Investigador

#### 4.7.9. Memorización

El beneficio de realizar un tracking de personas radica en que al analizar si estos blobs atraviesan la línea de conteo que se encuentra en la mitad del escenario a lo largo de su movimiento sea cual sea su dirección, si el blob en el frame anterior del objeto en cuestión se encuentra antes la línea y el blob en el frame actual se encuentra después de la línea, códigos en el programa interpretan que la persona está ingresando a la unidad de transporte; por el lado contrario si el blob en el frame anterior se encuentra

después de la línea y en el frame actual se encuentra antes de la línea, el programa interpreta que una persona esta saliendo de la unidad de transporte; A más líneas de contabilización mayor será la sensibilidad sobre el conteo de pasajeros pero se debe implementar un algoritmo que describa las opciones cuando uno o más de estas líneas límites no son cruzadas o se puede llegar a tener conteos duplicados, además se verificó que los blob se encuentren en los rangos de visión para evitar apariciones fortuitas de sombras.

#### 4.7.10. Interpretación y envío

Cuando ya se ha identificado el evento ya sea de entrada o salida de pasajeros el programa crea una variable que contiene la información sobre el valor numérico de conteo, un código que identifica si es de entrada o salida, la fecha del evento con formato día -mes - año, identificadores para cada uno de estos datos; un extracto del código se puede ver en la figura 32 a continuación.

```
#empaquetado de variables a enviar por post a pagina web
campos = urllib.urlencode({"nombre": conteoent, "salida": conteosal, "fecha": varfecha})

#envio petición por url, https request
sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnovent.atwebpages.com/18Mayo/procesarfechaEstable.php", campos)
```

Figura 32. Petición http, envío de datos

Fuente: Investigador

Se realiza una petición http y por medio de un conjunto de caracteres en formato string se especifica la url del script alojado en el servidor local y remoto en internet conjuntamente con la variable que contiene los datos, de esta manera se puede almacenar en su base de datos respectiva la información recogida, más adelante se describe con detalle las especificaciones de todos los scripts alojados en el servidor local y remoto y el proceso que siguen cada uno de ellos.

Si el almacenamiento de los datos se realizó correctamente, los script envían una respuesta que puede ser visualizada por medio de la consola en el programa, del caso en que falle, se informa que hubo problemas de registrar el dato.

Todos los parámetros recopilados, los centros, las trayectorias, identificadores y contenedores rectangulares, valores de conteo, líneas límite y de visión y en general el texto producido se recoge y es incrusta en cada frame para la visualización del video, de esa manera el usuario puede ver el movimiento de los pasajeros de una forma entendible con el correspondiente cantidad de personas que han entrado y salido a la unidad. Referente a los índices, se programó un actualización de estado para que cuando haya pasado un tiempo prudente sin actividad de la detección de un blob, este se elimine con el fin de generar siempre un número controlado de elementos y en las próximas interacciones de blobs se inicialicen con el índice 1. Una imagen de lo antes expuesto se puede visualizar en la figura 33 donde la cámara para detección de personas se ubicó en la parte superior del marco de una puerta y un usuario atraviesa las líneas de conteo generando simulando el registro de entrada y salida.

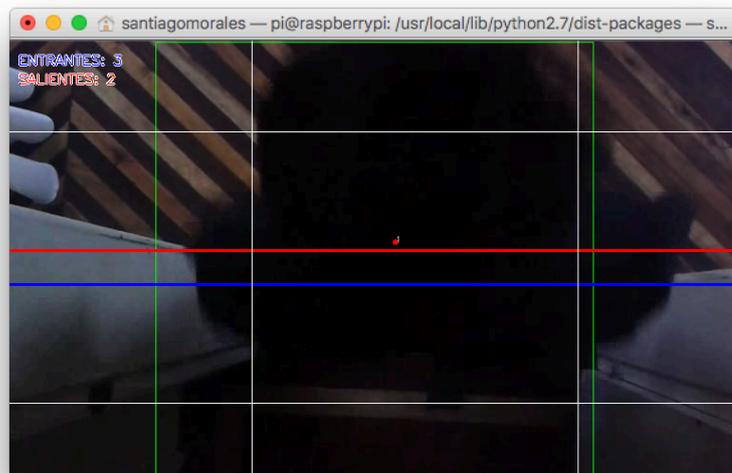


Figura 33. Conteo pasajeros incrustación datos en video

Fuente: Investigador

Los elementos representativos en la ventana del programa de conteo de pasajeros son:

- **Líneas blancas:** Son las encargadas de limitar la visión y procesamiento de la imagen, es el rango por el cual los pasajeros pueden ser detectados; permite discriminar elementos del fondo que interfieran en el análisis de video por ejemplo paredes, pasamanos etc.

- **Línea Roja y Azul:** Estas líneas son las encargadas de registrar cuando un pasajero ha atravesado el umbral de conteo, la dirección con la cual se cruza esta línea determina si un pasajero ingresa o sale de la unidad de transporte público.
- **Cuadro delineador verde:** Este permite limitar y representar al pasajero que se desplaza por el escenario, cubre el área con un paralelogramo de los bordes de un pasajero, hace las veces de un contenedor que visualmente es eficiente seguir.
- **Texto entrada y salida:** Este texto se actualiza cada vez que un pasajero ingresa o sale interceptando las líneas de conteo, representando la cantidad de pasajeros que han provocado dicho evento permitiendo que el usuario puede conocer la cantidad que se ha registrado.
- **Background:** Es la imagen del fondo, el escenario en donde ocurre la contabilización, el análisis computacional de visión artificial permite estimar los objetos que no pertenezcan a él, en este caso una persona que se desplaza
- **Foreground:** Es el o los objetos que no pertenecen a background, son todos los elementos distintos que contienen ciertas características morfológicas que permiten establecerlos como pasajeros.

#### 4.7.11. Finalización

Para finalizar el programa se codificó dos opciones, una manual y una automática; la forma manual consiste en que el usuario puede parar el sistema por medio de la presión de teclas, estas que pueden ser la letra q o la tecla escape, proporcionan los mecanismos para interrumpir el bucle que administra los fotogramas del video y todo el procesamiento que surge a partir de él, además, cierra la adquisición de la señal de enviando ordenes de liberar a la cámara web y paso siguiente destruye las ventanas que se generaron por medio de una limpieza de la memoria; similarmente ocurre cuando se realiza de forma automática, este medio se activa cuando un proceso a lo largo del programa ha fallado, es un mecanismo de protección tanto en hardware y software del sistema, debido a que la interrupción controlada ayuda a evitar pérdidas de información, tratamiento incorrecto de variables y errores que desactiven o cambien configuraciones del sistema como drivers o librerías.

## 4.8. SERVIDORES WEB Y DE BASES DE DATOS

Los registros del conteo de pasajeros se almacenan en bases de datos para ser visualizados por los diferentes servidores, uno se ubicó en memoria de la Raspberry instalando LAMP y otro se aloja en un servidor en otro país accesible por medio de internet.

### 4.8.1. Servidor local, Instalación de LAMP en raspberry Pi

Como se sustentó anteriormente, este proyecto maneja un volumen de datos generados por la contabilización de los pasajeros que son almacenados de manera local en la tarjeta, para su administración control y visualización de parte de los administradores; la instalación se realizó con los comandos que en la tabla 15 se describe.

Tabla 15. Comandos para la instalación de LAMP

#	Comando	Descripción
1	sudo addgroup www-data sudo usermod -a -G www-data www-data	Creación y permisos del grupo usado por apache
2	sudo apt-get update	Actualización de los repositorios existentes
3	sudo apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5	Instalación de Apache y php
4	sudo /etc/init.d/apache2 restart	Reinicio, puesta en marcha de los componente
5	sudo ifup lo	Activación de interfaz loopback para instalación de MySQL
6	sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql phpmyadmin	Instalación de MySQL y PHPMyAdmin
7	sudo nano /etc/php5/apache2/php.ini	Acceso al archivo php.ini para modificación
8	extension=mysql.so	Código que se escribe antes del apartado "Dynamics Extention" del archivo php.ini
9	sudo ln -s /etc/phpmyadmin/apache.conf /etc/apache2/conf.d/phpmyadmin.conf	Conexión entre phpmyadmin y apache
10	sudo /etc/init.d/apache2 reload	Recarga de apache para activación
11	<?php phpinfo(); ?>	Código insertado en el archivo de prueba info.php ubicado en la ruta/var/www
12	/etc/apache2/apache2.conf	Acceso al archivo apache2.conf para hacer funcionar phpMyAdmin
13	Include /etc/phpmyadmin/apache.conf	Código que será insertado al final del archivo apache2.conf
14	/etc/init.d/apache2 restart	Reinicio de apache para puesta en marcha

Fuente: Investigador en base a [38]

Cabe recalcar que en el ítem 6 para la instalación de MySQL y PHP, al ingresar el código y descargar los paquetes necesarios se ejecuta una ventana para el ingreso de contraseñas para el usuario root de phpmyadmin las peticiones son guiadas y con unas cuantas especificaciones se puede seguir con la instalación normalmente; una vez que todo haya finalizado con éxito, se puede comprobar el funcionamiento ingresando en un navegador a la dirección ip de la tarjeta y accediendo a repositorios que muestran la instalación de php, phpMyAdmin y el funcionamiento del servidor.

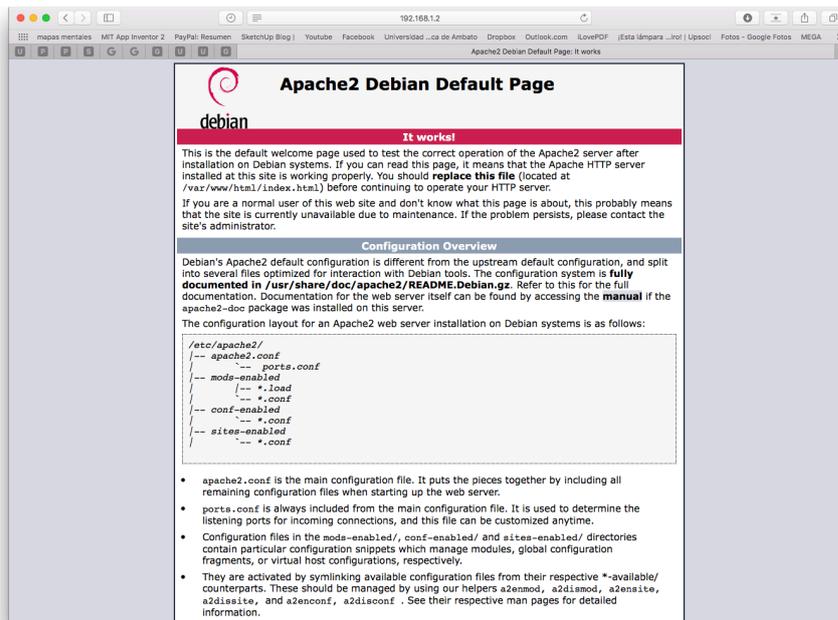


Figura 34. Servidor Web instalado en Raspberry pi

Fuente: Investigador

La figura 34 muestra la página de instalación de apache para la distribución de raspberry basada en debian, la cual es accesible por medio de un navegador web con la dirección ip del servidor que fue la misma raspberry pi, la figura 35 muestra la página de información de php que se activo por código, la visualización de esta página indica que la instalación se realizó correctamente y que se puede usar todos los servicios del procesador de hipertexto. En el anexo E se puede observar capturas de la base de datos creadas y sus respectivas tablas con las variables que almacenan la información recibida, en una forma similar funciona el servidor remoto en internet con la diferencia que el servicio lo provee una empresa privada que otorga cuentas previa suscripción gratuita.



Figura 35. Servidor Web instalado en Raspberry pi

Fuente: Investigador

#### 4.8.2. Visualización a través de internet

La visualización de las páginas que almacene el servidor web es accesible por medio de un dominio; este puede ser uno particular con el nombre que se desee siendo estos contratados en los paquetes de pago, por otro lado en este proyecto se hizo uso del paquete gratuito que permite la contratación de un subdominio, esto significa que el dominio contendrá el nombre que deseemos junto al nombre de la empresa por ejemplo *mi\_subdominio. + atwebpages.com*; de esta manera el dominio con el cual se accede a las páginas web del proyecto se puede visualizarlo en la figura 36 que se presenta a continuación.



Figura 36. Subdominio en awardspace

Fuente: Investigador

De igual manera la plataforma otorga el acceso a MySQL con configuración automática de usuario y contraseña y con la posibilidad de crear bases de datos. En el anexo F se puede visualizarla con sus respectivas tablas, variables y datos almacenados y que en su estructura es idénticamente a las del servidor local; es considerable mencionar que ambas bases de datos llevan las mismas variables en formatos int, varchar, date etc, estas fueron diseñadas para almacenar la información generada desde el sistema de conteo de pasajeros y cuyos datos son adquiridas por peticiones de scripts de los servidores web para ser analizadas y visualizarse en tablas, gráficos y generación de reportes. El flujo de trabajo que realizan los scripts para la escritura en las bases de datos se puede observar en la figura 37.

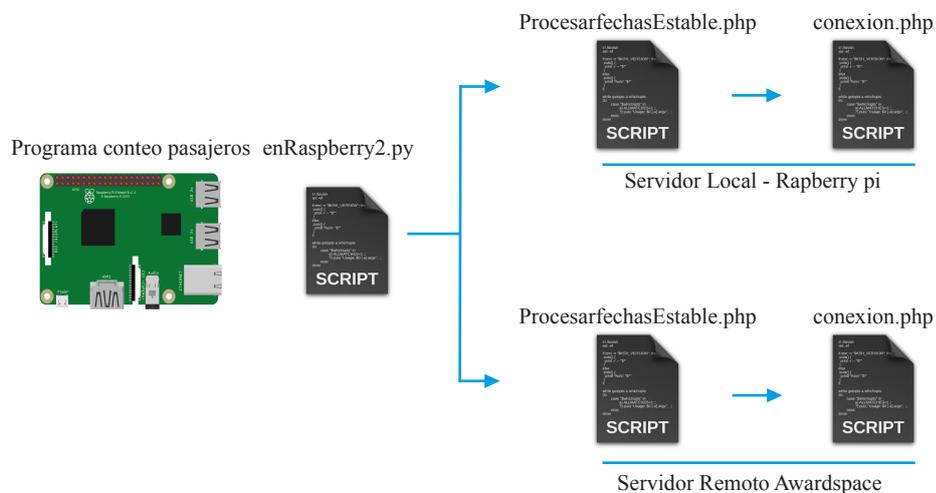


Figura 37. Escritura de registros en bases de datos

Fuente: Investigador

La lectura de la información recopilada en la bases de datos se distribuye por separado en los procesos que ejecutan los scripts en la base de datos local y la base de datos remota; aunque siendo muy similares, estas se diferencian esencialmente en la adquisición de la información; las peticiones locales las realiza a la base de datos almacenada en la mini computadora raspberry pi con sus propias credenciales de host, usuario, contraseña y base de datos, mientras que las peticiones de las páginas web en internet las realiza a la base de datos también con las credenciales específicas almacenada y administradas en Awardspace. La figura 38 y la figura 39 muestra los nombres de los scripts que realizan este trabajo y en el ANEXO G se puede observar dichos archivos alojados en el servidor local y en el servidor remoto respectivamente.

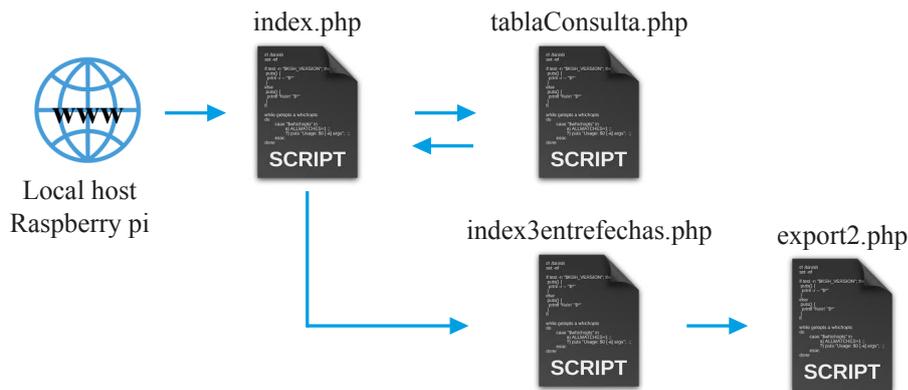


Figura 38. Lectura de registros en base Local  
Fuente: Investigador

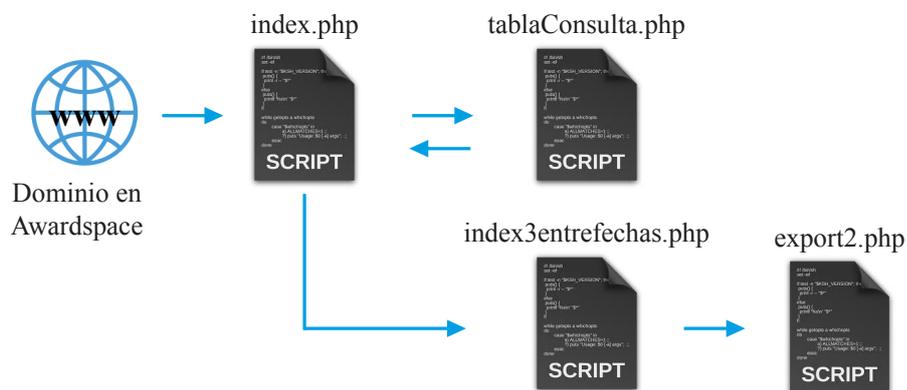


Figura 39. Lectura de registros en base Remota  
Fuente: Investigador

### 4.8.3. Escritura de registros en bases de datos

El programa de conteo de pasajeros escrito en python y ubicado en la raspberry pi envía una petición http a los scripts ubicados en el servidor local y en el remoto por medio de la especificación de la url del servidor que es el local host o dirección ip de la mini computadora y el dominio del hosting en Awardspace agregando los datos de los registro por medio de post; el script “procesarfechasEstable.php” recibe esta petición y analiza las variables enviadas, si estas coinciden con las condiciones planteadas se pide al script “conexion.php” las variables que contienen la información sobre el host, usuario y contraseña y se ejecuta un comando query para insertar los datos recibidos a las columnas correspondientes de las tablas de las bases

de datos específicas, si existe algún error o no se produce el registro correctamente se devuelve un acuse de recibo informando que hubo problemas al insertar, si todo se realizó correctamente se recibe el acuse de recibo informando el código del evento que se insertó. En la figura 40 se puede observar el fragmento de código que realiza la petición http

```
#envio peticion por url, https request
sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnovit.atwebpages.com/18Mayo/procesarfechaEstable.php", campos)
#sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnovit.atwebpages.com/procesar.php/procesar.php", campos)
sitio = urllib.urlopen("http://localhost/procesarfechaEstable.php", campos)

#respuesta del sitio
print (sitio.read())
```

Figura 40. Petición http a script

Fuente: Investigador

#### 4.8.4. Lectura de registros y monitoreo

Como se especificó anteriormente para el monitoreo web se ingresa al subdominio especificado por la url “http://transporteinnovit.atwebpages.com/18Mayo/” en donde por defecto se accede al script “index.php”; este archivo escrito en php y html se encarga de consultar con jquery y Ajax el último dato registrado, de esta manera si un dato nuevo es agregado por el sistema de conteo de pasajeros la página se actualiza automáticamente para mostrarlos, esto lo realiza por medio de una consulta query a la base de datos por medio del archivo “tablaConsulta.php”.

El archivo index está constituido para la visualización por una tabla que muestra los datos registrados de personas entrantes, el código del evento 1 para entrantes y 2 para salientes y su fecha correspondiente; tras esta tabla se encuentra dos textbox que al clicar despliega calendarios para la selección de un rango de fechas que se envían por medio de un botón como método Post hacia el script “index3entrefechas.php”; el archivo toma estas dos fechas y las almacena en variables para realizar una consulta que devuelva el total de eventos registrados en una fecha específica y genera una matriz con la suma de todos aquellos eventos para cada día en el rango establecido, un script proporcionado por google para la implementación de gráficas de barras, dispersión, pasteles entre otras es seleccionado para tomar los datos de la consulta y

mostrarlos visualmente ordenados en un plano de coordenadas con ejes de valores de fechas y total de pasajeros entrantes y salientes respectivamente. La figura 41 muestra uno de los gráficos generados por el script para las fechas del 1 al 9 de septiembre.

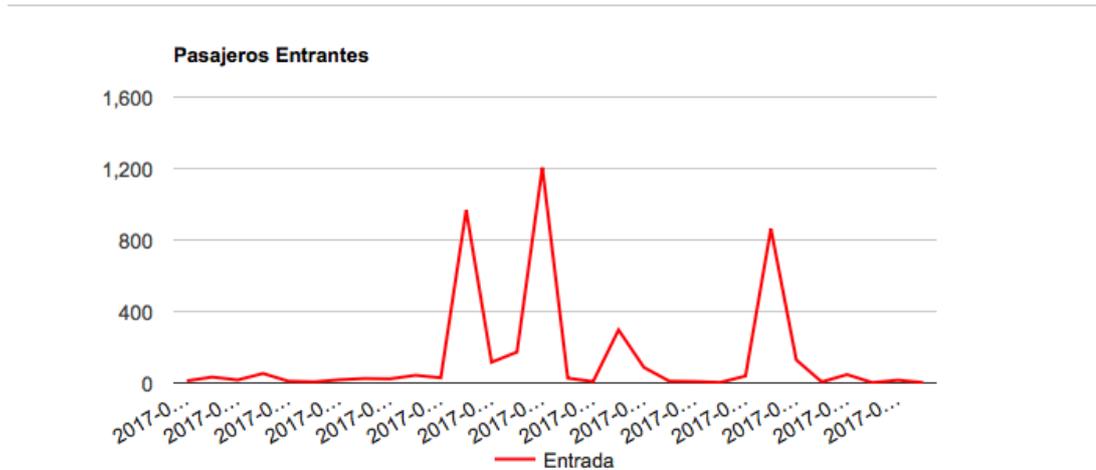


Figura 41. Gráfico de pasajeros entrantes

Fuente: Investigador

Seguidamente de los gráficos se ubicó un listbox y un botón para la selección de un mes específico este permite enviar dicho parámetro hacia el script “export.php” que recibe por POST este dato para enviar una petición query a la base y obtener los registros correspondientes, se que procesan para generar un archivo .xls compatible con Excel, este proceso se realizó con el fin de proporcionar al usuario la capacidad de realizar backups de la información y poder tratar estos datos con plantillas de reportes acondicionados a las necesidades.

#### **4.9. PLANTILLAS EN EXCEL PARA LA GENERACIÓN DE REPORTE Y ANÁLISIS DE DATOS**

Como agregado adicional a la presentación de los datos en el monitoreo web, se creo una plantilla para la interpretación de los registros generados por el script “export.php”; esta plantilla consiste en tomar los datos que por alguna motivo no se presenten ordenados o con días faltantes y analizarlos para conocer como es el desempeño y la cantidad de personas que ingresan mensualmente para lo cual, en

primer lugar se ordenó los datos adquiridos, se identificó si algún día entre el 1 y el 30 de aquel mes no existe, se calcula el día correspondiente a la fecha para poder distribuir entre días laborales y fines de semana debido a que la cantidad de pasajeros que usa la unidad de transporte cambia, los datos correspondientes a cada día de la semana entre el mes se promedian y finalmente se aplican modelos estadísticos para analizar el posible valor de los días no registrados, esto proporciona una tendencia de la cantidad de pasajeros que se presentan en gráficos como se observa en la figura 42 en donde este muestra la tendencia de los datos de los fines de semana para el mes de marzo; en el anexo H se amplía las gráficas que se puede manejar con la plantilla.

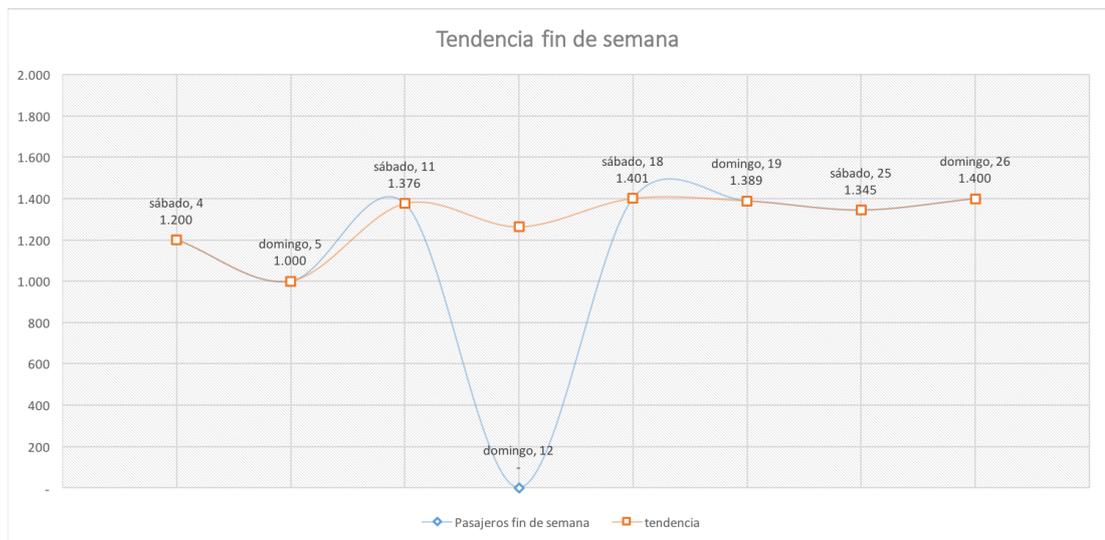


Figura 42. Gráfica plantilla análisis de pasajeros

Fuente: Investigador

#### 4.10. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para poner a prueba el funcionamiento del prototipo se colocó el en el techo interno de una unidad de transporte público muy cercano a la puerta principal. En la figura 43 se observa el sistema de conteo de pasajeros por visión artificial colocado en el lugar mencionado.



Figura 43. Sistema contador de pasajeros instalado en autobús.

Fuente: Investigador

La cámara que adquiere el video para el conteo de pasajeros por visión artificial se ubicó de manera perpendicular al techo para poseer una visión frontal y superior de las personas que se desplazan, la figura 45 muestra la colocación de la cámara.



Figura 45. Ubicación de la cámara del sistema

Fuente: Investigador



Figura 46. Características de la zona de ingreso

Fuente: Investigador

En la figura 46 se observa las características de la puerta de ingreso en la que se aprecia que la dirección que las personas toman al ingresar a la unidad de transporte es en forma diagonal, además el espacio que tiene la ancho idóneo para que pase una sola persona a la vez es al final de las gradas por lo que el dispositivo trabajará de mejor manera si se ubica siguiendo estas características, la figura 47 muestra la visualización desde la cámara.



Figura 47. Vista desde cámara zona de entrada

Fuente: Investigador

El sistema se alimenta del reductor de voltaje conectado a las baterías del bus, por medio del cableado que atraviesa el marco de la puerta hasta llegar al prototipo; la figura 48 muestra la conexión entre ellos.



Figura 48. Alimentación y cableado de energía

Fuente: Investigador

A diferencia de la cámara web que puede extenderse por medio de cable, la pantalla de 3,5' y el modem GSM/GPRS se conectan directamente a la mini computadora por los puertos GPIO y USB respectivamente; Al encender la raspberry pi, un script se encarga de inicializar conjuntamente la pantalla para la visualización del sistema, la figura 49 muestra la pantalla en funcionamiento y el booteo del sistema operativo de la mini computadora, de esta manera el conductor puede observar el movimiento de los pasajeros y el registro del conteo de los mismos.



Figura 49. Booteo visualización en pantalla lcd

Fuente: Investigador

Para acceder a la red celular otorgada por Movistar se conectó el modem tomando en cuenta que no exista obstrucciones que puedan debilitar la señal, la figura 50 muestra el mini computador conectado con el modem GSM/GPRS.



Figura 50. Conexión modem GSM/GPRS

Fuente: Investigador

#### 4.10.1. Iniciación de servicios

Para iniciar los servicios de internet a través de la red móvil se debe iniciar los servicios del modem, la figura 51 muestra los comandos que permiten mandar las ordenes de ejecución.

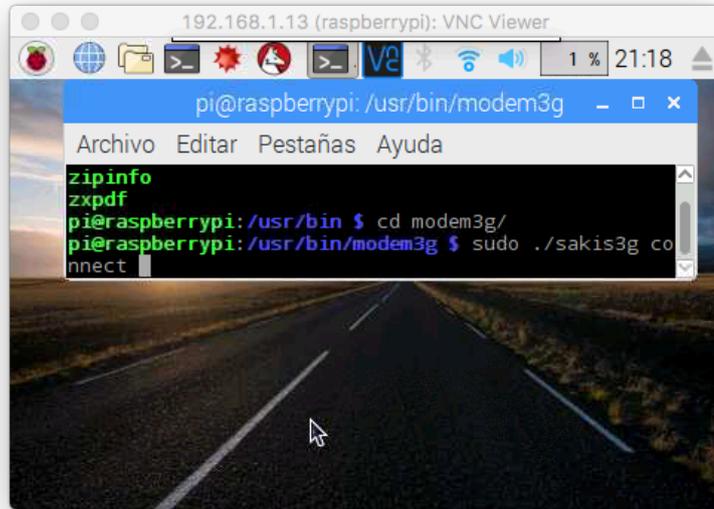


Figura 51. Comando inicio modem GSM/GPRS

Fuente: Investigador

Scripts con la información de conexión se ejecutan internamente de acuerdo a las peticiones del modem en cuanto a proveedores de servicios de red, claves PIN, usuarios y contraseñas del punto de acceso, descripción y tipo de modem, esto permite evitar que se ingresen parámetros manualmente en ventanas emergentes, si la conexión se ejecuta con normalidad el modem se encuentra listo para usarse. En la figura 52 se puede observar el sistema informando que la conexión a la red se esta estableciendo y a la derecha que la conexión a finalizado.

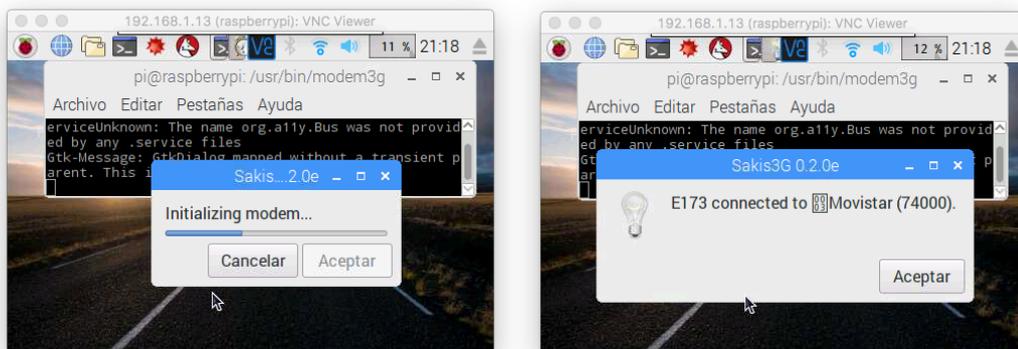


Figura 52. Inicio de componentes de conexión

Fuente: Investigador

Una forma sencilla de comprobar la capacidad de salida a internet fue abriendo un navegador y comprobando el acceso a una página web como google. La figura 53 muestra un ejemplo de ello.

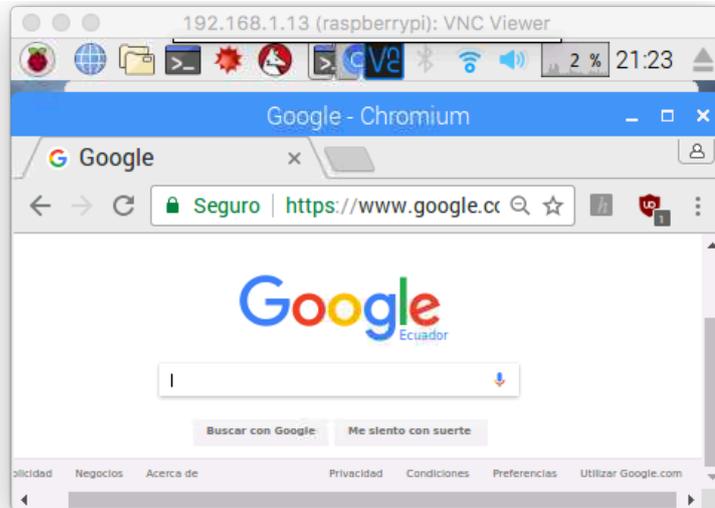


Figura 53. Verificación conexión a internet

Fuente: Investigador

#### 4.10.2. Visión artificial conteo pasajeros

Una vez que se tiene conexión móvil y la cámara conectada al sistema esta listo para funcionar, La figura 54 muestra el llamado a la ejecución del programa escrito en Python para el análisis de ingreso de pasajeros.

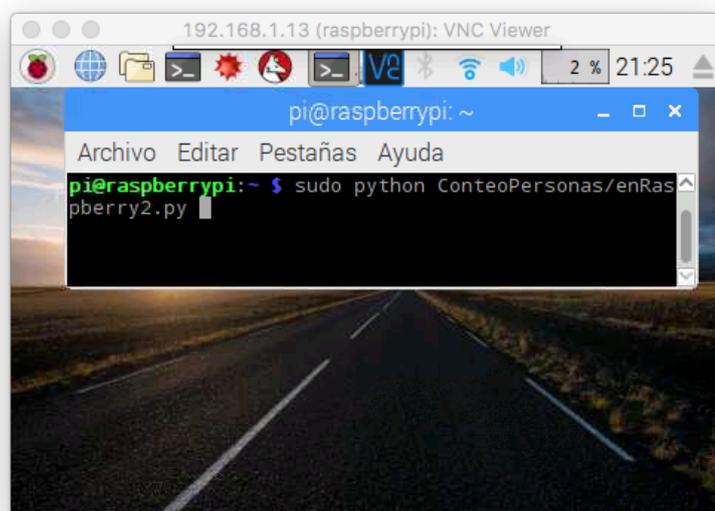


Figura 54. Comando inicialización programa conteo pasajeros

Fuente: Investigador

El programa se inicializa y el sistema de conteo de pasajeros por visión artificial entra a funcionar, una imagen con el sistema en funcionamiento se puede observar en a figura 55 a continuación, en donde se ve el ingreso de un pasajero a la unidad de transporte .

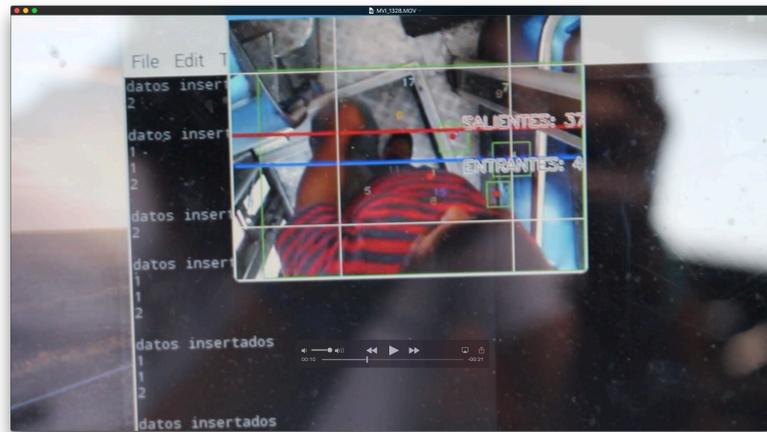


Figura 55. Detección de movimiento, prueba de entrada

Fuente: Investigador

En la figura 56 se puede observar como el pasajero abandona la unidad de transporte y su detección correspondiente.



Figura 56. Detección de movimiento, prueba de salida

Fuente: Investigador

En la figura 57 se puede observar el servicio de visualización a través de la red inalámbrica local desde una laptop hacia la mini computadora raspberry pi.



Figura 57. Visualización a través de una laptop

Fuente: Investigador

### 4.10.3. Sistema de monitoreo

Los datos de evento se registran localmente y en el servidor remoto en internet para su monitoreo, estos pueden ser accesibles por medio de un navegador; cuando la visualización es local, el acceso al monitoreo se realiza por medio de la ip de la mini computadora, la figura 58 se observa el acceso al sistema de monitoreo local.

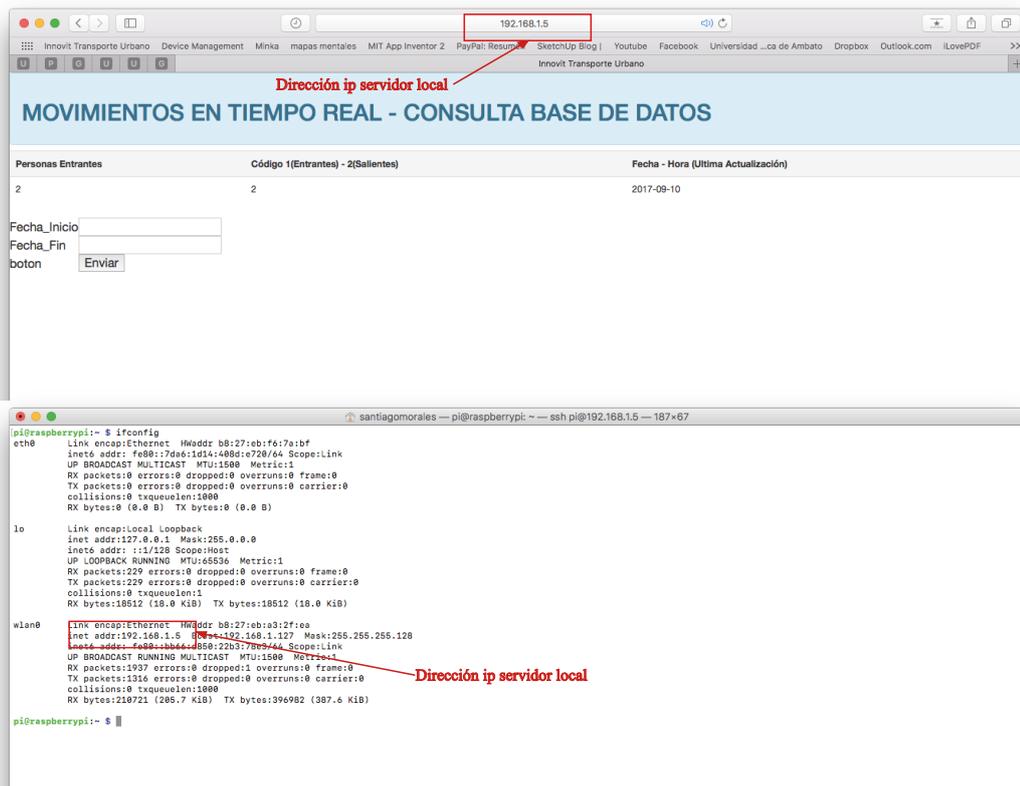


Figura 58. Sistema de monitoreo local

Fuente: Investigador

El acceso al monitoreo remoto se realizó por medio del dominio “http://transporteinnovit.atwebpages.com/18Mayo/”, la figura 59 muestra la visualización del monitoreo accedido a través de su dominio.

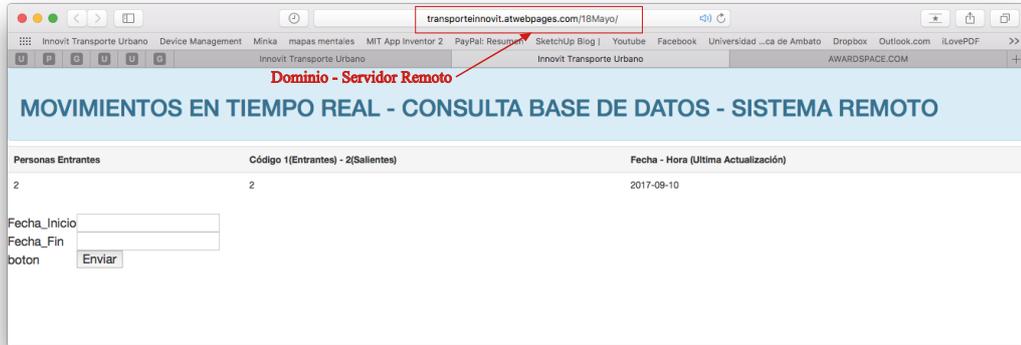


Figura 59. Sistema de monitoreo remoto

Fuente: Investigador

El histórico de registro de pasajeros se accedió a través del botón enviar, previamente seleccionando el rango de dos fechas establecidas; la figura 60 muestra la selección de dichas fechas.

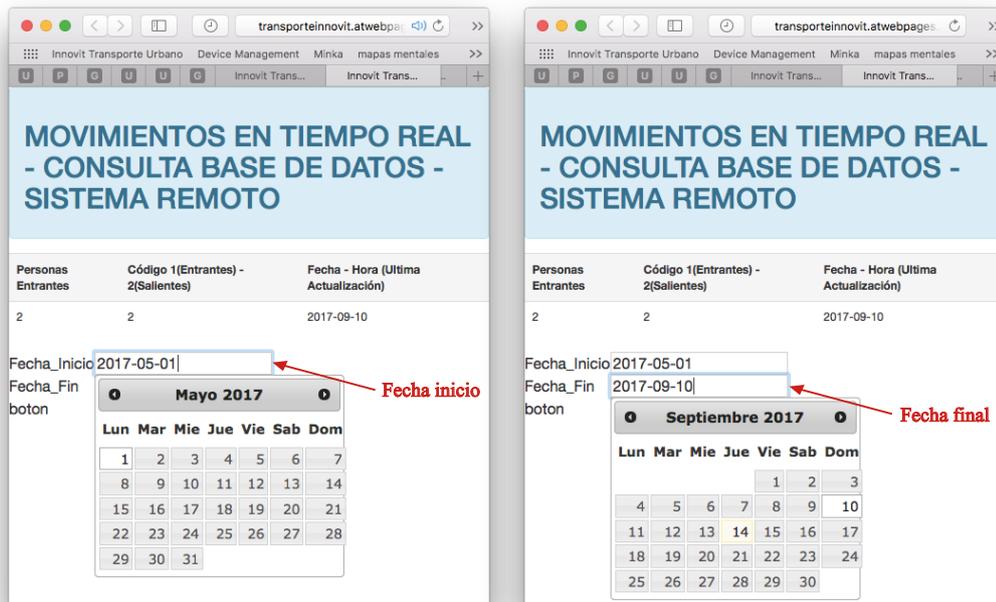


Figura 60. Selección de fechas

Fuente: Investigador

Tras seleccionar el rango deseado de fechas a visualizar y enviarlas se despliegan gráficas con los valores totales de pasajeros entrantes y salientes en cada día registrado, la figura 61 muestran las gráficas resultantes.

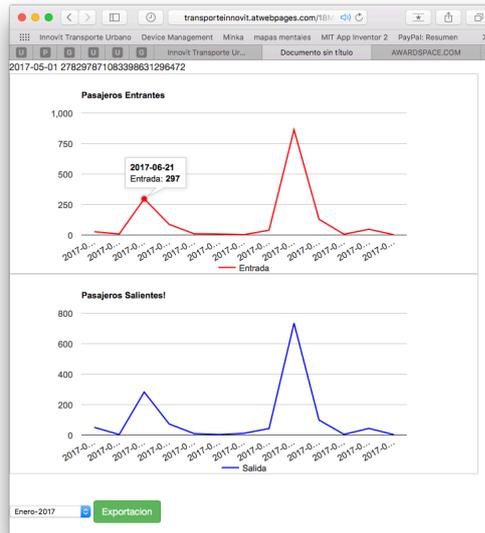


Figura 61. Gráfico de histórico

Fuente: Investigador

El list box de la esquina inferior izquierda permite desplegar un listado de meses para exportar sus valores a un documento en formato .xls, la figura 62 visualiza esta opción

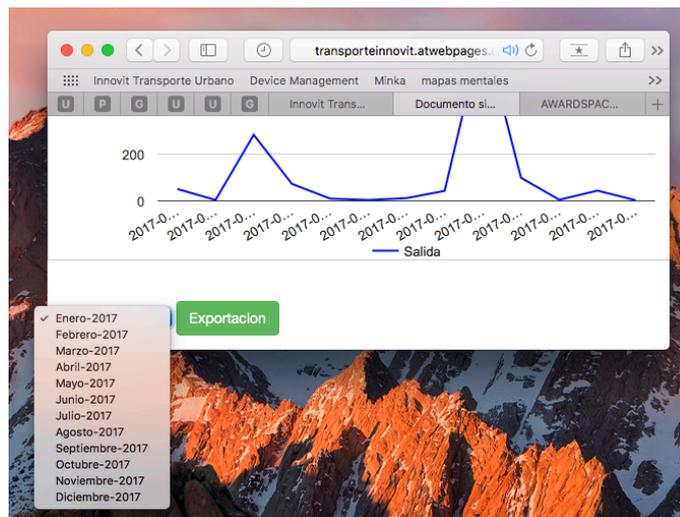


Figura 62. Selección meses para exportación

Fuente: Investigador

#### 4.10.4. Pruebas velocidad, escritura de registros

Las pruebas de escritura de los registros se realizó tanto para la base de datos local como la remota en internet, la tabla 16 muestran los datos obtenidos.

Tabla 16. Tiempo de registros de datos

Servidor	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Local acuse de recibo	244 ms	237 ms	584 ms	296 ms	242 ms
Remoto acuse de recibo	348 ms	465 ms	305 ms	617 ms	472 ms
Tiempo total de registro	592 ms	702 ms	889 ms	913 ms	719 ms
Promedio registro local	320,6 ms				
Promedio registro remoto	441,4 ms				
Promedio total	762 ms				

Fuente: Investigador

Los cálculos consistieron en registrar el tiempo que tarda entre la ocurrencia del evento al cruzar las líneas de contabilización y el acuse de recibo proveniente de los scripts, el tiempo en promedio de registro en ambas bases de datos es de 8,97 segundos, siendo el tiempo de mayor demanda el registro a través de la red móvil.

La figura 63 muestra el fragmento de código en el cual se consulta la hora en el instante del evento y la hora al momento del acuse del recibo para calcular el tiempo que tomo en registrarse, la figura 64 contiene muestras de los tiempos usados para escribir un dato a través de la red celular.

```

hora1 = datetime.datetime.now()
print hora1
#respuesta del sitio
print (sitio.read())
hora1r = datetime.datetime.now()
print hora1r
#print ("hora de regreso")
tiemporespuesta = hora1r - hora1
print tiemporespuesta

```

Figura 63. Código para medición de tiempos de escritura de datos

Fuente: Investigador

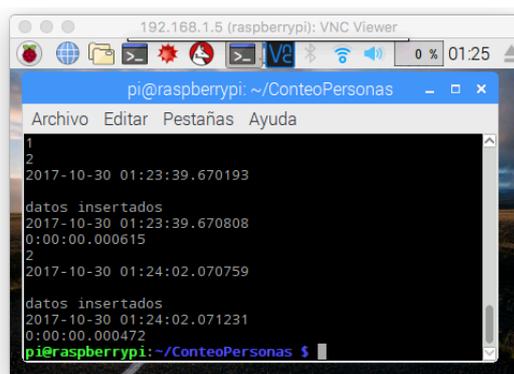


Figura 64. Registros de tiempos para escritura de datos

Fuente: Investigador

## 4.11. PRESUPUESTO

El costo de los elementos, dispositivos y accesorios para la investigación y elaboración de este prototipo difieren en el costo de implementación individual del sistema puesto que muchos de los elementos se compraron con fines de prueba, adaptación y arranque de las fases de elaboración, a continuación se tratan el presupuesto de desarrollo y el presupuesto de implementación del sistema.

### 4.11.1. Presupuesto de desarrollo

En este apartado se aborda el costo total de los equipos necesarios para poner en marcha el prototipo sin excluir ningún elemento requerido, la tabla 17 muestra el desglose de los elementos.

*Tabla 17. Presupuesto para desarrollar el prototipo*

Item	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Raspberry Pi 3 B	1	70,00	70,00
Cámara web Terrax C118	1	17,00	17,00
Pantalla LCD 3,5'	1	35,00	35,00
Modem GSM/GPRS E173	1	25,00	25,00
Chip movistar	1	5,00	5,00
Paquete de datos básico mensual movistar	1	17,00	17,00
Regulador de voltaje	1	8,00	8,00
Case acrylic	1	10,00	10,00
Lagartos	4	0,25	1,00
Paquete ganchos adhesivos	1	1,00	1,34
Metros de cable	10	0,80	8,00
Cargador 5V 2,5A	1	4,91	4,91
Cable HDMI 1,8 mts	1	8,70	8,70
Convertidor HDMI a VGA	1	32,30	32,30
Memoria SD 8GB ADATA clase 10	1	11,00	11,00
Mouse usb	1	8,00	8,00
Teclado usb	1	11,00	11,00
Borneras	2	0,50	0,50
Cable usb a usb micro	1	2,00	2,00
Baquelita	1	5,00	5,00
Espadines	1	3,00	3,00
<b>TOTAL</b>			<b>283,75</b>

Fuente: Investigador

El costo de la elaboración del prototipo fue de 283,75 dólares americanos, que representa los elementos directos e indirectos que llevan a la construcción del mismo, cubre los dispositivos para el conteo de pasajeros por visión artificial, alimentación de energía, paquete de datos de internet móvil, periféricos de entrada y salida como mouse, teclado y monitores, adaptadores y protección física de los circuitos; el lector puede tomar de referencia estos valores para la puesta en marcha del prototipo. Algunos de los elementos se adquieren una única vez con el fin de poner en marcha el sistema, y en un ámbito de producción, la tabla 18 muestran los costos eventuales de instalación y comercialización.

*Tabla 18. Valores de comercialización*

Descripción	Costo
Sistema contador pasajeros por visión artificial	283,75
Instalación en unidad de transporte público	30,00
Servicio hosting web awardspace	9,99
Levantamiento de servidores	30,00
Porcentaje de ganancias 30%	86,03
<b>TOTAL</b>	<b>439,77</b>

Fuente: Investigador

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- La Agencia Nacional de Transito en cumplimiento de la resolución 002-DIR-2014, 003-DIR-2014 y 085-DIR2016, homologa equipos contadores de pasajeros, más los equipos registrados trabajan únicamente con tecnología infrarroja, no existe desarrollo de equipos en base a visión artificial lo cual otorga la factibilidad de elaborar un producto nacional.
- El algoritmo BackgroundSubtractorMOG2 permite adaptación automática de la escena frente a perturbaciones de luz así como detecciones de sombras, junto a una interpretación más precisa de fondos dinámicos; en las pruebas de campo con imágenes a una resolución de 360x240 px y un procesamiento menor a 2GHz el modelo presenta mejoras sustanciales frente a su antecesores.
- La delimitación de contornos aplicado a la visión artificial por computador efectuada, determina en las pruebas de funcionamiento que el área promedio que ocupa una persona en la escena es de 250p según 368 muestras generadas a 25 fotogramas por segundo y en una resolución de 360p del tracking de las personas, esta medida permite filtrar los objetos presentes descartando objetos de menor tamaño como luces y sombras que se presenta como ruido.
- En las pruebas de funcionamiento del monitoreo de web del conteo de pasajeros se registró que los datos se almacenan en una media tiempo de 320,6 ms en el formato local y de 441,4 ms para el monitoreo remoto, dependiendo principalmente del estado de la red móvil GSM/GPRS para la subida de los registros a los servidores en el segundo caso; su diferencia se debe a que el almacenamiento local se desarrolla en la misma mini computadora lo que evita las

perdidas por medio ambiente y otros factores que relentizan el envío de la información.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a investigadores, desarrolladores e ingenieros el estudio de factibilidad del ingreso de un dispositivo contador de pasajeros bajo la homologación de la Agencia Nacional de Tránsito como una opción para los actuales dispositivos existentes basados en tecnologías de infrarrojos.
- Para las pruebas de las distintas técnicas de procesamiento digital de imágenes, es conveniente tener presente las versiones de programas que se utiliza dependiendo del sistema operativo en el que se desarrolla puesto que entre ellas varían no solamente en instalación de librerías sino también en formatos de código como es caso del llamado a la librería de OpenCV en donde `BackgroundSubtractorMOG2` cambia a `createBackgroundSubtractorMOG2`, sentencia utilizada para la estimación de fondo y que puede traer errores de compilación si no se detalla correctamente.
- En el diseño del contador se recomienda a desarrolladores tomar las referencias del espacio designado para el ingreso de pasajeros debido a que si existe la posibilidad que dos personas entren juntas horizontalmente, la mala configuración puede crear conteos únicos, para lo cual es necesario configurar los límites de visión y detección con el fin establecer condiciones de segmentación del escenario y lograr estimar que dos cuerpos se desplaza simultáneamente y así registrarlos correctamente.
- Se recomienda que en el monitoreo web los estilos y llamado a funciones externas para la elaboración de gráficos sea estructurado y programado de manera local para evitar el mal funcionamiento cuando se caigan dichos servicios, debido a que el sistema puede registrar y funcionar pero visualmente se vería afectado, también se recomienda abordar el uso de servidores web bajo el pago de suscripciones puesto que el servicio gratuito permite el uso de subdominio bajo el nombre de Awardspace identificador que puede ser descartado por un dominio con un nombre netamente descrito a los intereses del desarrollador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Infodev, “Sistemas automático de conteo de personas para edificios y vehículos”, 2016. [En línea]. Disponible en: [http://www.infodev.ca/fileadmin/user\\_upload/PDF/INFODEV\\_Corporativo.pdf](http://www.infodev.ca/fileadmin/user_upload/PDF/INFODEV_Corporativo.pdf). [Consultado: 28-mar-2017].
- [2] N. INEN, “VEHÍCULOS AUTOMOTORES. BUS URBANO. REQUISITOS.”, NTE INEN 2 2052010, vol. 1, pp. 2, 4, 12, 2010.
- [3] Comunicación, “Nueva rotulación de línea de buses en Ambato | GAD Municipalidad de Ambato”, 24 Mayo, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ambato.gob.ec/nuevas-rotulacion-de-linea-de-buses-en-ambato>. [Consultado: 29-mar-2017].
- [4] GADMA, “Alcalde Luis Amoroso inauguró el proyecto de caja común | GAD Municipalidad de Ambato”, Noticias GADMA, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ambato.gob.ec/alcalde-luis-amoroso-participo-en-el-lanzamiento-del-proyecto-para-regular-las-rutas-y-frecuencias-del-transporte-urbano-con-la-aplicacion-de-la-caja-comun>. [Consultado: 29-mar-2017].
- [5] El Comercio, “Las cinco quejas al servicio de transporte | El Comercio”, El Comercio, Sierra Centro Cuenca, 23-sep-2014.
- [6] ANT, “Resolución No. 037-DIR-2016-ANT”, 14 Julio, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2016/file/3621-resolucion-no-037-dir-2016-ant-normativa-de-homologacion-tecnica-de-sistemas-de-posicionamiento-global-de-equipos-gps-hibrido-satelital-y-gprs-para-maquinaria-y-equipo-pesado-integrado>. [Consultado: 29-mar-2017].
- [7] M. Batarce et al., “Evaluation of Passenger Comfort in Bus Rapid Transit Systems”, 2015.
- [8] Pavel Shved, “Seguimiento del transporte público con una Raspberry Pi y un display LCD - Raspberry Pi 3”, raspberryshop.es, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberryshop.es/wp/seguimiento-del-transporte-publico-con-una-raspberry-pi-y-un-display-lcd/>. [Consultado: 22-oct-2017].
- [9] M. Jiménez, “Desarrollo de un sistema de visión artificial para la detección de aglomeración de personas en un semáforo”, Universidad Nacional de Loja, 2015.
- [10] Á. B. Gómez, “CONTEO DE PERSONAS MEDIANTE ILUMINACIÓN LÁSER Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN”, Universidad Autónoma de Madrid, 2011.
- [11] A. Loaiza, D. Manzano, y L. Múnera, “Sistema de visión artificial para conteo de objetos en movimiento”, Cali, 40, 2012.

- [12] D. Bustamante y T. Guamán, “Diseño y construcción de una plataforma automática y utilización de visión artificial en buses urbanos, para facilitar el acceso a personas que utilicen silla de ruedas.”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Mecatrónica., 2015.
- [13] M. Javier y B. Alonso, “Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico para el Control del Abordaje de Pasajeros en Buses Interprovinciales del Ecuador”, Universidad Internacional del Ecuador, 2013.
- [14] NTE y INEN, “VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.1323”, Quito, 2009.
- [15] El Comercio, “Especificaciones Técnicas que debe tener un bus :: EL COMERCIO”, especiales el comercio, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://especiales.elcomercio.com/2014/09/buses-especificaciones/>. [Consultado: 10-abr-2017].
- [16] El Telégrafo, “En Ambato, 430 buses del servicio urbano son considerados nuevos”, *Regional Centro*, 10-oct-2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/en-ambato-430-buses-del-servicio-urbano-son-considerados-nuevos>. [Consultado: 29-may-2017].
- [17] INEC, “Anuario de Estadísticas de Transportes 2014”, *Ecuador en Cifras*, 2014. [En línea]. Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica\\_de\\_Transporte/Publicaciones/Anuario\\_de\\_Estad\\_de\\_Transporte\\_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2014.pdf). [Consultado: 29-may-2017].
- [18] Secretaria General ANT, “Resolución No 002-DIR-ANT INSTRUCTIVO PARA EL CONTROL Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CAJA COMÚN EN LAS OPERADORAS DE TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE”, Agencia Nacional de Tránsito, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2014/file/2027-resolucion-no-002-instructivo-para-el-control-y-evaluacion-del-sistema-de-caja-comun-en-las-operadoras-de-transporte-publico-terrestre>. [Consultado: 30-may-2017].
- [19] Secretaria General ANT, “Resolución No. 085-DIR-2016-ANT REFORMA A LAS RESOLUCIONES No. 002-DIR-2014-ANT QUE CONTIENE EL ‘INSTRUCTIVO PARA EL CONTROL Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CAJA COMÚN EN LAS OPERADORAS DE TRANSPORTE PÚBLICO TERRESTRE’ Y No. 003-DIR-2014-ANT QUE CONTIENE”, ANT, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2016/file/3758-resolucion-no-085-dir-2016-ant>. [Consultado: 30-may-2017].
- [20] H. Mendoza, “Tornos para espacios reducidos”. A3M, España, 2014.

- [21] DIGICOUNTER, “Contador de Pasajeros”, Brasil, 2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.digicounter.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19&Itemid=27&lang=es](http://www.digicounter.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=27&lang=es). [Consultado: 10-abr-2017].
- [22] BEA-RT, “Barras Contadoras de Pasajeros”, Sistema BEA, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.bea.com.mx/nuestros-productos/item/20-barras-contadoras-de-pasajeros>. [Consultado: 10-abr-2017].
- [23] ANT, “Listado de Dispositivos de Control Homologados”, Agencia Nacional de Tránsito, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/servicios/homologacion-de-taximetros/listado-de-taximetros-homologados>. [Consultado: 30-may-2017].
- [24] abia.tic, “Visión artificial e interacción sin mandos”, [sabia.tic.edu.es](http://sabia.tic.edu.es), 2010. [En línea]. Disponible en: [http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos\\_adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/](http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos_adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/). [Consultado: 10-abr-2017].
- [25] H. H. Cetinkaya y M. Akcay, “People Counting at Campuses”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 182, pp. 732–736, may 2015.
- [26] P. Kaewtrakulpong y R. Bowden, “An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection”, 2001.
- [27] U. Gon, “DETECCION DE PERSONAS A PARTIR DE VISION ARTIFICIAL”, CARLOS III DE MADRID, 2010.
- [28] M. Domingo, “Visión Artificial”, *Intel. Artif.*, p. 115, 2002.
- [29] Zivkovic, Z., & Van Der Heijden, F. (2006). Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction. *Pattern Recognition Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.11.005>
- [30] Bradski, G. (2008). *Segmentation BackgroundSubtractorMOG2. BackgroundSubtractorMOG2*. [http://www.ais.uni-bonn.de/~holz/spme/talks/01\\_Bradski\\_SemanticPerception\\_2011.pdf](http://www.ais.uni-bonn.de/~holz/spme/talks/01_Bradski_SemanticPerception_2011.pdf)
- [31] Cangui, V. & Toapanta, S. (2017). Sistema de reconocimiento de personas por su forma de caminar, para el registro de acceso, utilizando procesamiento de video y software libre. Algoritmo de mezclas gaussianas. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13293/1/T-ESPEL-ENI->
- [32] Li, J., Guo, J., & Fan, H. (2015). Video background subtraction algorithm for a moving camera. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*. <https://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.8.09>

- [33] Lakshmi, V. (2007). Moving Object Detection By Background Subtraction. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO Certified Organization)*, 32972(1). Retrieved from [www.ijirce.com](http://www.ijirce.com)
- [34] V. M. Arévalo, J. González, y G. Ambrosio, “LA LIBRERÍA DE VISIÓN ARTIFICIAL OPENCV APLICACIÓN A LA DOCENCIA E INVESTIGACIÓN 1”.
- [35] M. Alvarez, “Qué es Python”, *Desarrollo Web*, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>. [Consultado: 08-sep-2017].
- [36] BM, “Componentes de aplicaciones basadas en la web”, IBM Knowledge Center, 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPEK\\_10.0.0/intro/src/tpc/db2z\\_componentsofwebapplications.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPEK_10.0.0/intro/src/tpc/db2z_componentsofwebapplications.html). [Consultado: 11-abr-2017].
- [37] Offensive Security, “Sakis3G | Penetration Testing Tools”, Sakis 3G, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://tools.kali.org/hardware-hacking/sakis3g>. [Consultado: 11-sep-2017].
- [38] A. Esquiva, “Tutorial Raspberry Pi – 15. Instalación de Apache + MySQL + PHP”, Geeky Theory, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-15-instalacion-de-apache-mysql-php>. [Consultado: 08-sep-2017].

## ANEXO A: Líneas de transporte público cantón Ambato

### AMBATO carrica luda. Líneas de transporte público de pasajeros cantón Ambato



Cooperativa de transporte público  
**Los Libertadores**

<p><b>LÍNEA 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Techo Propio</li> <li>• Mercado América</li> <li>• Andagata</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La Florida</li> <li>• 4 Esquinas</li> <li>• Cashapamba</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La Península</li> <li>• Centro</li> <li>• Las Orquídeas</li> </ul>
<p><b>LÍNEA 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminario Mayor</li> <li>• Ingahurco bajo</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangache</li> <li>• Shuyuco</li> <li>• Macasto - Pandoa</li> </ul>	

### AMBATO carrica luda. Líneas de transporte público de pasajeros cantón Ambato



Cooperativa de transporte público  
**Tungurahua**

<p><b>LÍNEA 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingahurco</li> <li>• Miraflores</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Letamendi</li> <li>• Atocha</li> <li>• El Mirador</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montalvo</li> <li>• El Recreo</li> </ul>
<p><b>LÍNEA 9</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminal Terrestre</li> <li>• Huachi Progreso</li> <li>• Izamba - Quilán</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 10</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminal Terrestre</li> <li>• Barrio Solís</li> <li>• Mercado Mayorista</li> <li>• Augusto N. Martínez</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 11</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pucarumi</li> <li>• Cunchibamba</li> <li>• Tiagua</li> </ul>
<p><b>LÍNEA 12</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La Libertad</li> <li>• Centro</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 14</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficoa</li> <li>• Terremoto</li> <li>• Totoras</li> </ul>	

### AMBATO carrica luda. Líneas de transporte público de pasajeros cantón Ambato



Cooperativa de transporte público  
**Unión Ambateña**

<p><b>LÍNEA 14</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficoa</li> <li>• Terremoto</li> <li>• Totoras</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 15</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La Joya</li> <li>• El Pisque</li> <li>• Parque Industrial</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 16</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinillo</li> <li>• Centro</li> <li>• Nueva Ambato</li> </ul>
<p><b>LÍNEA 17</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Picalhua</li> <li>• Centro</li> <li>• Cda. España</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 18</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Juan</li> <li>• Pisque</li> <li>• Barrio Amazonas</li> </ul>	

### AMBATO carrica luda. Líneas de transporte público de pasajeros cantón Ambato



Cooperativa de transporte público  
**Via Flores**

<p><b>LÍNEA 19</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Pablo</li> <li>• Santa Rosa</li> <li>• Plaza Pachano</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 20</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juan Benigno Vela</li> <li>• La Concepción</li> <li>• Ex redondel de Izamba</li> </ul>
---	--

### AMBATO carrica luda. Líneas de transporte público de pasajeros cantón Ambato



Cooperativa de transporte público  
**Jerpazsol S.A.**

<p><b>LÍNEA 21</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manzana de Oro</li> <li>• Huachi Grande</li> <li>• Puerto Arturo</li> </ul>	<p><b>LÍNEA 22</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los Angeles</li> <li>• Atocha</li> <li>• Izamba</li> </ul>
---	--

## ANEXO B: Tipos de vehículos matriculados

Descripción del tipo de vehículos matriculados según su clase en cada una de las provincias del Ecuador según INEC y El Instituto Nacional de Transito del Ecuador en el Anuario de Estadísticas de Transporte del 2014.

PROVINCIA	TOTAL	CLASE											
		AUTOMÓVIL	AUTOBUS	CAMIÓN	CAMIONETA	FURGONETA C	FURGONETA P	JEEP	MOTOCICLETA	TANQUERO	TRAILER	VOLQUETA	OTRA CLASE
TOTAL	1.752.712	529.521	11.300	78.652	368.890	32.242	41.374	260.877	405.173	2.511	6917	9.942	5.313
AZUAY	105.178	35.946	400	3.785	25.736	1.667	1.355	26.727	8.641	93	223	407	198
BOLÍVAR	15.277	3.876	171	1.175	4.731	153	79	2.124	2.739	23	17	139	50
CAÑAR	44.488	12.547	283	2.899	13.550	579	363	6.568	6.738	87	317	441	116
CARCHI	20.930	6.583	149	1.424	4.969	180	168	3.581	3.455	38	221	116	46
CHIMBORAZO	47.064	16.222	427	2.893	14.089	787	481	7.151	4.493	55	73	258	135
COTOPAXI	58.810	14.752	347	4.182	17.924	635	354	7.585	11.349	186	355	854	287
EL ORO	85.580	16.350	406	5.122	19.581	974	745	8.538	32.422	75	336	817	214
ESMERALDAS	47.834	7.093	379	2.863	9.723	556	358	4.355	21.484	103	188	608	124
GALÁPAGOS	914	59	17	81	317	11	3	52	357	3	1	11	2
GUAYAS	321.354	117.236	1.899	13.061	53.393	9.027	25.059	25.215	72.223	441	1.838	234	1.728
IMBABURA	51.308	17.123	415	2.246	11.692	892	545	9.311	8.437	47	161	283	156
LOJA	45.464	14.414	276	2.357	12.887	493	438	7.750	6.037	45	159	481	127
LOS RÍOS	95.889	10.130	331	4.844	15.804	733	446	3.595	58.911	61	316	589	129
MANABÍ	165.783	35.478	1.397	6.573	41.093	2.007	2.132	13.519	60.124	542	710	1.802	406
MORONA SANTIAGO	9.045	1.794	106	541	2.470	80	46	1.355	2.397	13	19	174	50
NAPO	6.904	1.275	74	267	1.868	81	34	949	2.203	9	18	97	29
ORELLANA	15.368	1.474	171	1.140	3.551	150	41	1.007	7.127	68	309	201	129
PASTAZA	9.780	2.932	82	478	2.215	164	65	1.499	2.125	12	30	129	49
PICHINCHA	429.537	166.901	2.460	13.633	72.862	10.301	7.033	111.272	41.597	278	1.124	1.262	814
SANTA ELENA	18.390	5.151	245	556	2.391	360	614	1.038	7.842	44	42	40	67
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	38.360	5.815	289	1.743	5.958	436	141	3.623	19.867	83	120	206	79
SUCUMBÍOS	27.561	2.186	247	1.371	4.218	212	68	1.182	17.408	83	163	306	117
TUNGURAHUA	85.281	32.597	640	4.841	25.879	1.698	778	12.011	6.025	112	163	314	223
ZAMORA CHINCHIPE	6.613	1.587	89	577	1.989	66	28	870	1.172	10	14	173	38

## ANEXO C: Código programa detector y contador de pasajeros

```
enRaspberry2.py UNREGISTERED
1 #importacion de librerias
2 import numpy as np
3 import cv2
4 import time
5 import Person
6 import urllib
7 import imutils
8
9 #creacion de variables conteo entra y sale
10 cnt_up = 0
11 cnt_down = 0
12
13 #captura de video del device 0
14 cap = cv2.VideoCapture(0)
15 #modificar la resolucion del video 360x480
16 cap.set(3,240)
17 cap.set(4,480)
18 #modificar el numero de fotogrmas id 5, fotogramas 25
19 cap.set(5, 25)
20
21
22
23 #cap.set(15, 1)
24
25
26 time.sleep(1)
27
28 #Tamano del fotograma del video
29 w1 =cap.get(3)
30 h1 = cap.get(4)
31 frameArea = w1*h1
32
33 #Medida del cuerpo en relacion al fotograma
34 areaTH = frameArea/250
35 #areaTH = 8000
36
37 #creacion de puntos para lineas ROJA Y AZUL lineas de conteo a mas suma mas pequeno el rango
38 line_up = int(2*(h1/5)+10)
39 line_down = int(3*(h1/5)-10)
40
41 #creacion de puntos para lineas LIMITE blancas a mas sumas mas pequeno el rango
42 up_limit = int(1*(h1/5)+1)
43 down_limit = int(4*(h1/5)-1)
44
45 #creacon puntos lineas blancas verticales
46 iz_limit = int(3*(w1/5)/2)
47 der_limit = int(7*(w1/5)/2+30)
48
49 #colores de las lineas
50 line_down_color = (255, 0, 0)
51 line_up_color = (0, 0, 255)
52
53 #puntos para grafica como coordenadas
54 #linea azul creacion por dos punto y caracteristicas de la linea
55 pt1 = [0, line_down]
56 pt2 = [w1, line_down]
57 pts_L1 = np.array([pt1, pt2], np.int32)
58 pts_L1 = pts_L1.reshape((-1, 1, 2))
59 #linea superior
60 pt3 = [0, line_up]
61 pt4 = [w1, line_up]
62 pts_L2 = np.array([pt3, pt4], np.int32)
63 pts_L2 = pts_L2.reshape((-1, 1, 2))
64
65 #linea limite superior
66 pt5 = [0, up_limit]
67 pt6 = [w1, up_limit]
68 pts_L3 = np.array([pt5, pt6], np.int32)
69 pts_L3 = pts_L3.reshape((-1,1,2))
70 #linea limite inferior
71 pt7 = [0, down_limit]
72 pt8 = [w1, down_limit]
73 pts_L4 = np.array([pt7, pt8], np.int32)
74 pts_L4 = pts_L4.reshape((-1, 1, 2))
75 #Linea izquierda limite Blanca
76 iz_pt5 = [iz_limit, 0]
77 iz_pt6 = [iz_limit, h1]
78 iz_pts_L3 = np.array([iz_pt5, iz_pt6], np.int32)
79 iz_pts_L3 = iz_pts_L3.reshape((-1, 1, 2))
80 #Linea derecha limite Blanca
81 der_pt7 = [der_limit, 0]
82 der_pt8 = [der_limit, h1]
83 der_pts_L4 = np.array([der_pt7, der_pt8], np.int32)
84 der_pts_L4 = der_pts_L4.reshape((-1, 1, 2))
85
86
87 #*****codigoMIO*****
88 #media del fotograma
89 mx = int(w1/2)
90 my = int(h1/2)
91
92 #variables de conteo a 0
93 conteoent = 0
94 conteosal = 0
95 totalBus = 0
96
97 #Creacion de aplicador de sustraccion de fondo
98 FondoSustraido = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2(history=100, varThreshold=20, detectShadows=False)
99
100 #parametros para caracteristicas posteriores en dilatacion y erocion
```

```

100 #parametros para características posteriores en dilatacion y erocion
101 kernelOp = np.ones((3, 3), np.uint8)
102 kernelOp2 = np.ones((5, 5), np.uint8)
103 kernelCl = np.ones((11, 11), np.uint8)
104
105 #fuente de letra
106 font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
107
108 #variables para la delimitacion de contornos
109 persons = []
110 max_p_age = 5
111 pid = 1
112
113
114 print (cv2.__version__)
115
116 #visualizacion de video, se abre hasta que se interrumpa o termine el video
117 while (cap.isOpened()):
118
119     #si no se presentan mas frame termine cierre el bucle
120     ret, frame = cap.read()
121     if not ret:
122         break
123
124
125     #Redimencion del tamaño de las ventanas del frame
126     #frame = imutils.resize(frame, width=400)
127
128
129 #Aplicar sustraccion del fondo al frame
130 #en version anterior el resultado era opuesto se necesitaba restar colores
131 #se evita el modificar para tener una salida en negro
132 #mascara1 = FondoSustraido.apply(frame)
133 #mascara2 = FondoSustraido.apply(frame)
134 #negro1 = (255-mascara1)
135 #negro2 = (255 - mascara2)
136 negro1 = FondoSustraido.apply(frame)
137 negro2 = FondoSustraido.apply(frame)
138
139
140 try:
141     #Aplicar juntura de tonos blancos y hacer tratamiento morfologico de apertura y encierro
142     ret1, imBin2 = (cv2.threshold(negro2, 200, 255, cv2.THRESH_BINARY))
143     mask2 = cv2.morphologyEx(imBin2, cv2.MORPH_OPEN, kernelOp)
144     mask2 = cv2.morphologyEx(mask2, cv2.MORPH_CLOSE, kernelCl)
145
146 except:
147     break
148
149 #Aplicar delimitacion de contornos
150 _, contornos, _ = cv2.findContours(mask2, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
151
152 #loop para deteccion de personas
153 for c in contornos:
154     area = cv2.contourArea(c)
155     #comparacion de area recibida con la especificada de cuerpos
156     if area > areaTH:
157         #definicion de puntos centros-momentos y rectangulo contorneador
158         M = cv2.moments(c)
159         cx = int(M['m10'] / M['m00'])
160         cy = int(M['m01'] / M['m00'])
161         x, y, w, h = cv2.boundingRect(c)
162
163         #bandera
164         new = True
165
166         #condicion momento en esta en el rango de limite visible
167         if (cx in range(up_limit, down_limit)) and (cx in range(iz_limit, der_limit)):
168
169             #loop para cada personas detectada i= identificador de objeto
170             for i in persons:
171                 if abs(cx - i.getx()) <= w and abs(cy - i.gety()) <= h:
172                     new = False
173                     i.updateCoords(cx, cy)
174
175                 #condicion si el movimiento del objeto va en direccion hacia arriba
176                 if i.going_UP(line_down, line_up) is True:
177
178                     #conteo personas entrantes +1
179                     cnt_up += 1
180                     #obtencion de hora y fecha
181                     varfecha = time.strftime("%20y/%m/%d")
182                     varhora = time.strftime("%H:%M:%S")
183
184                     #asignacion de valores a variables de conteo
185                     #conteoent = cnt_down
186
187                     #codigo de evento sube codigo 2
188                     conteosal = 2
189                     #totalBus = cnt_down - cnt_up
190                     print (conteosal)
191
192                     #empaquetado de variables a enviar por post a pagina web
193                     campos = urllib.urlencode({"nombre": conteoent, "salida": conteosal, "fecha": varfecha})
194
195                     #envio peticion por url, https request
196                     sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnovit.atwebpages.com/18Mayo/procesarfechaEstable.php", campos)
197                     #sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnovit.atwebpages.com/procesar.php/procesar.php", campos)
198                     sitio = urllib.urlopen("http://localhost/procesarfechaEstable.php", campos)
199
200                     #respuesta del sitio
201                     print (sitio.read())
202
203                 elif i.going_DOWN(line_down, line_up) is True:
204
205                     #conteo de personas salientes +1
206                     cnt_down += 1
207                     varfecha = time.strftime("%20y/%m/%d")
208                     varhora = time.strftime("%H:%M:%S")
209
210                     #cantidad de personas salientes
211                     conteoent = cnt_down
212

```

```

212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297

```

```

#codigo de evento sale 1
conteosal = 1

#cantiada de personas dentro del bus
totalBus = cnt_down - cnt_up
print (conteosal)

#https request
campos = urllib.urlencode({"nombre": conteoent, "salida": conteosal, "fecha": varfecha})
sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnoovit.atwebpages.com/18Mayo/procesarfechaEstable.php", campos)
sitio = urllib.urlopen("http://localhost/procesarfechaEstable.php", campos)
#sitio = urllib.urlopen("http://transporteinnoovit.atwebpages.com/procesar.php/procesar.php", campos)

break
#condicion si existe etiqueta #1 y esta en los limites de existencia se mantiene visible y utilizable
if i.getState() == '1':
    if i.getDir() == 'down' and i.getY() > down_limit:
        i.setDone()
    elif i.getDir() == 'up' and i.getY() < up_limit:
        i.setDone()

#condicion si no existe respues de indice eliminelos
if i.timeOut():
    index = persons.index(i)
    persons.pop(index)
    del i

#condicion si bandera en verdadera continúe prefijando indices a cuerpos
if new is True:
    p = Person.MyPerson(pid, cx, cy, max_p_age)
    persons.append(p)
    pid += 1

if (cy in range(up_limit, down_limit)) and (cx in range(iz_limit, der_limit)):
    #insercion en video de puntos centricos de objetos
    cv2.circle(frame, (cx, cy), 3, (0, 0, 255), -1)
    img = cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 1)

#insercion de contornos de objetos
#cv2.drawContours(frame, c, -2, (0, 255, 0), 2)

#loop para cada personas identificada
for i in persons:

    #condicion para dibujar trayectoria de la persona con su respectiva etiqueta
    #visualiacion solo de etiqueta
    if len(i.getTracks()) >= 2:
        #pts = np.array(i.getTracks(), np.int32)
        #pts = pts.reshape((-1, 1, 2))
        #cv2.polylines(frame, [pts], False, i.getRGB())
        cv2.putText(frame, str(i.getId()), (i.getX(), i.getY()), font, 0.3, i.getRGB(), 1)

#insercion en frame de conteo de pasajeros, lineas limite y texto en general
str_up = 'SALIENTES: ' + str(cnt_up)
str_down = 'ENTRANTES: ' + str(cnt_down)

cv2.polylines(frame, [pts_L1], False, line_down_color, thickness=2)
cv2.polylines(frame, [pts_L2], False, line_up_color, thickness=2)

#lineas blancas
cv2.polylines(frame, [pts_L3], False, (255, 255, 255), thickness=1)
cv2.polylines(frame, [pts_L4], False, (255, 255, 255), thickness=1)
cv2.polylines(frame, [iz_pts_L3], False, (255, 255, 255), thickness=1)
cv2.polylines(frame, [der_pts_L4], False, (255, 255, 255), thickness=1)

cv2.putText(frame, str_up, (mx+50, my - 15), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 255, 255), 2)
cv2.putText(frame, str_down, (mx+50, my - 15), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 0, 255), 1)
cv2.putText(frame, str_down, (mx+50, my + 25), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 255, 255), 2)
cv2.putText(frame, str_down, (mx+50, my + 25), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 0, 0), 1)

try:
    # cv2.imshow('Frame', negro2)
    cv2.imshow('Frame2', frame)
except:
    print ('video terminado')
    break

k = cv2.waitKey(30) & 0xff
if k == 27:
    break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

Line 291, Column 14

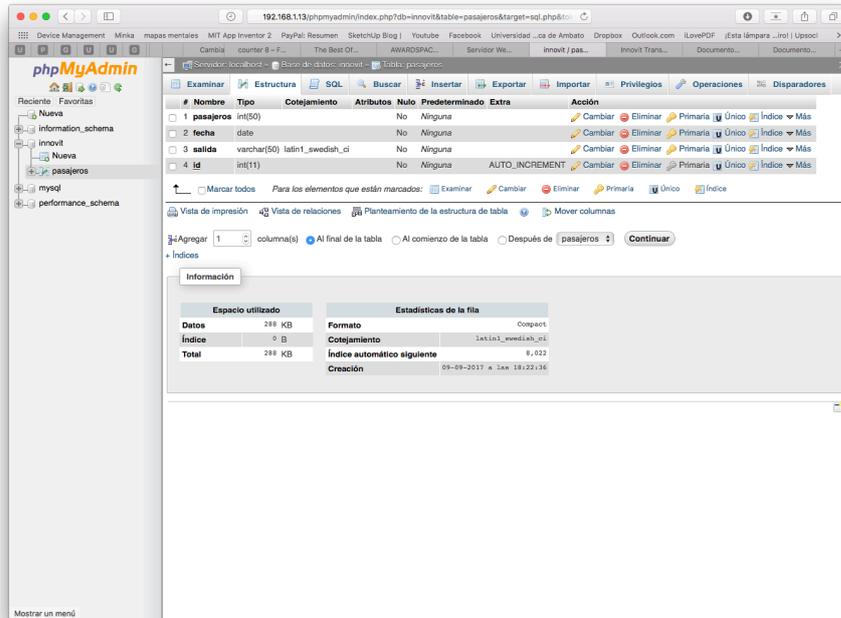
Spaces: 4

Python

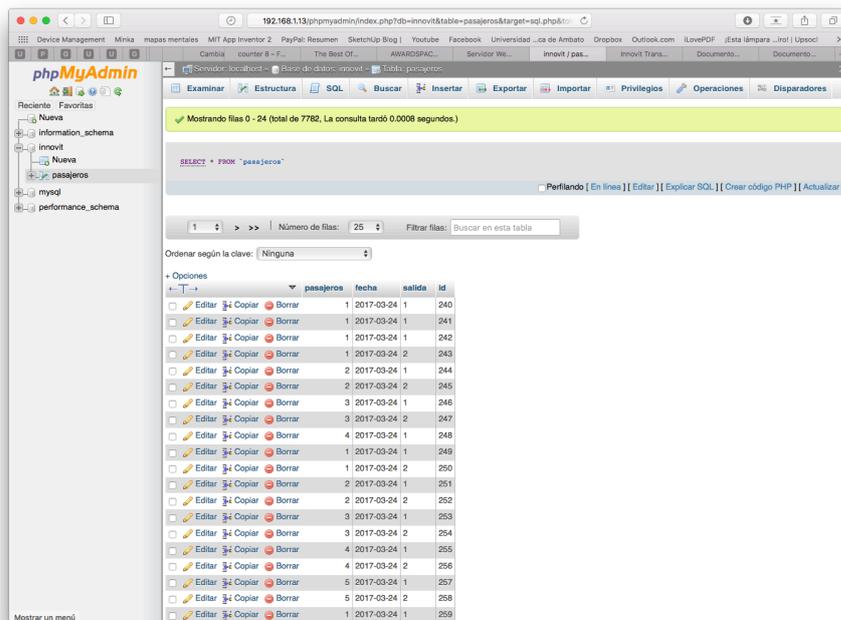
## ANEXO D: Código script person.py

```
Person.py UNREGISTERED
1 from random import randint
2 import time
3
4
5 class MyPerson:
6     tracks = []
7
8     def __init__(self, i, xi, yi, max_age):
9         self.i = i
10        self.x = xi
11        self.y = yi
12        self.tracks = []
13        self.R = randint(0, 255)
14        self.G = randint(0, 255)
15        self.B = randint(0, 255)
16        self.done = False
17        self.state = '0'
18        self.age = 0
19        self.max_age = max_age
20        self.dir = None
21
22    def getRGB(self):
23        return (self.R, self.G, self.B)
24
25    def getTracks(self):
26        return self.tracks
27
28    def getId(self):
29        return self.i
30
31    def getState(self):
32        return self.state
33
34    def getDir(self):
35        return self.dir
36
37    def getX(self):
38        return self.x
39
40    def getY(self):
41        return self.y
42
43    def updateCoords(self, xn, yn):
44        self.age = 0
45        self.tracks.append([self.x, self.y])
46        self.x = xn
47        self.y = yn
48
49    def setDone(self):
50        self.done = True
51
52    def timedOut(self):
53        return self.done
54
55    def going_UP(self, mid_start, mid_end):
56        if len(self.tracks) >= 2:
57            if self.state == '0':
58                if self.tracks[-1][1] < mid_end and self.tracks[-2][1] >= mid_end: # cruza la linea
59                    state = '1'
60                    self.dir = 'up'
61                    return True
62            else:
63                return False
64        else:
65            return False
66
67    def going_DOWN(self, mid_start, mid_end):
68        if len(self.tracks) >= 2:
69            if self.state == '0':
70                if self.tracks[-1][1] > mid_start and self.tracks[-2][1] <= mid_start: # cruza la linea
71                    state = '1'
72                    self.dir = 'down'
73                    return True
74            else:
75                return False
76        else:
77            return False
78
79    def age_one(self):
80        self.age += 1
81        if self.age > self.max_age:
82            self.done = True
83            return True
84
85
86 class MultiPerson:
87     def __init__(self, persons, xi, yi):
88         self.persons = persons
89         self.x = xi
90         self.y = yi
91         self.tracks = []
92         self.R = randint(0, 255)
93         self.G = randint(0, 255)
94         self.B = randint(0, 255)
95         self.done = False
96
Line 1, Column 7 Spaces: 4 Python
```

## ANEXO E: Base de datos local, tablas, variables LAMP

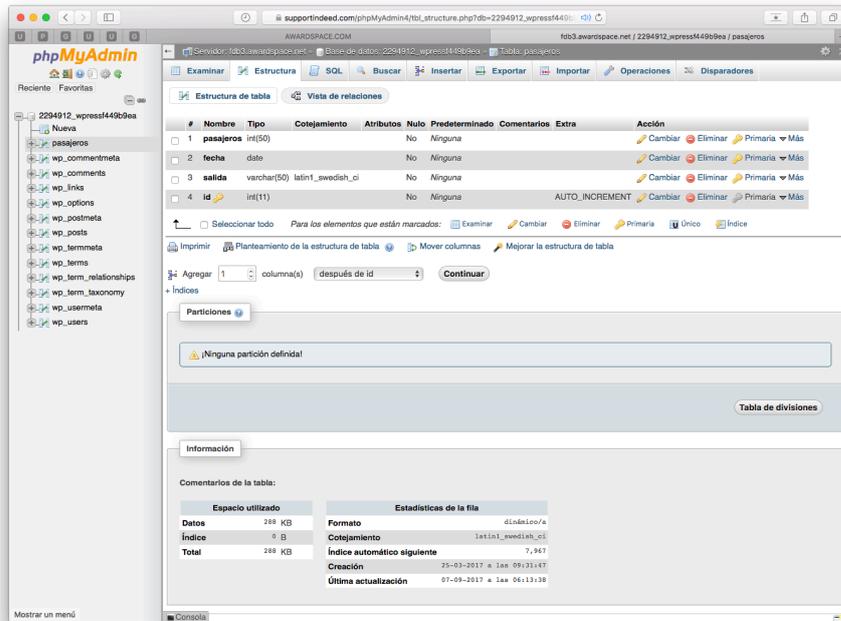


### Estructura de base de datos local

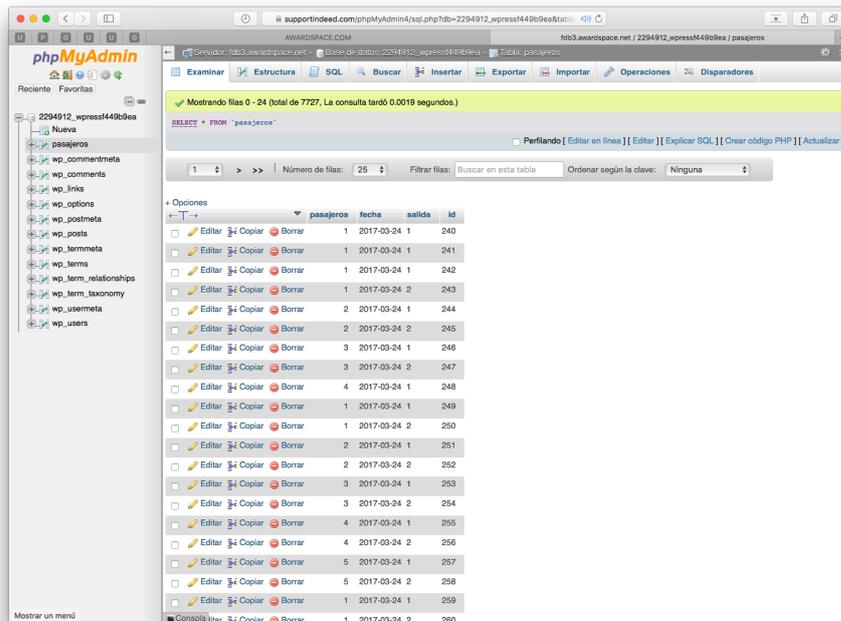


### Datos almacenados en base local

## ANEXO F: Base de datos, tablas variables Awardspace

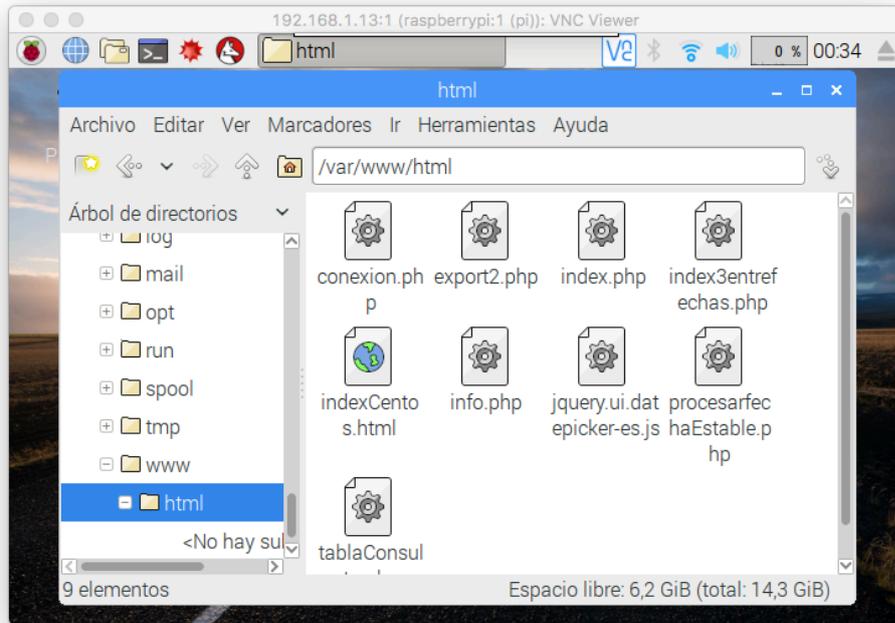


### Estructura de base de datos remota

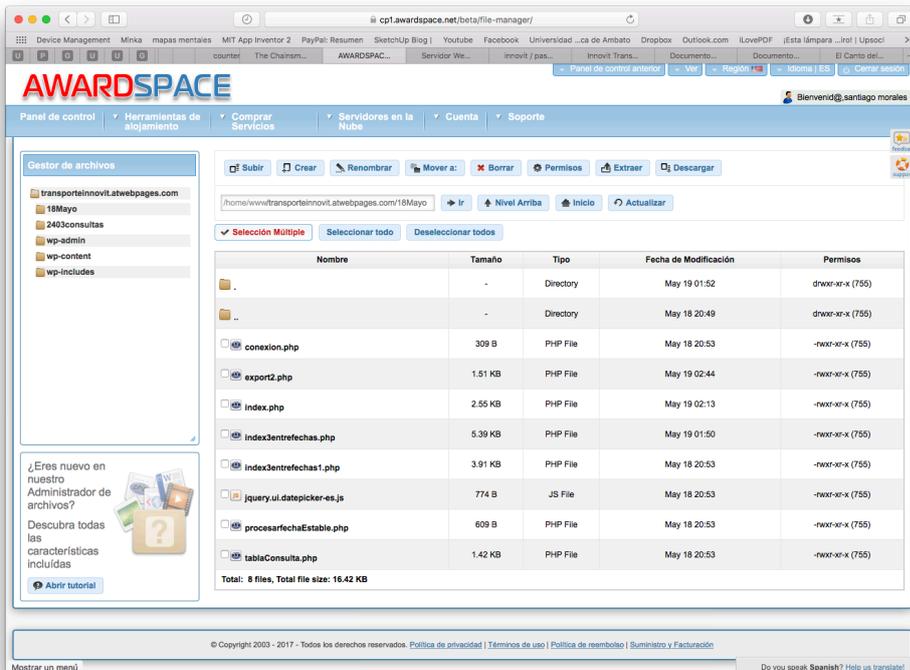


### Datos almacenados en base remota

## ANEXO G: Base de datos, tablas variables Awardspace

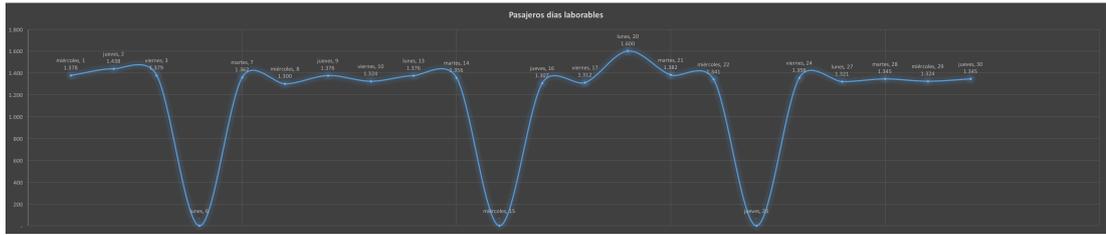


## Scripts en servidor web en raspberry pi

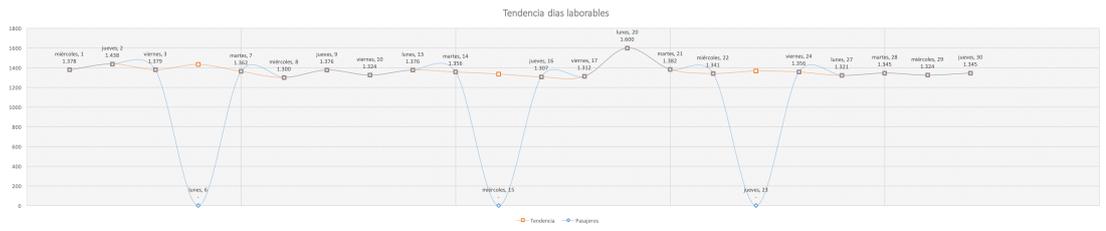


## Scripts en servidor web en Awardspace

## ANEXO H: Plantilla en excel para el análisis de datos



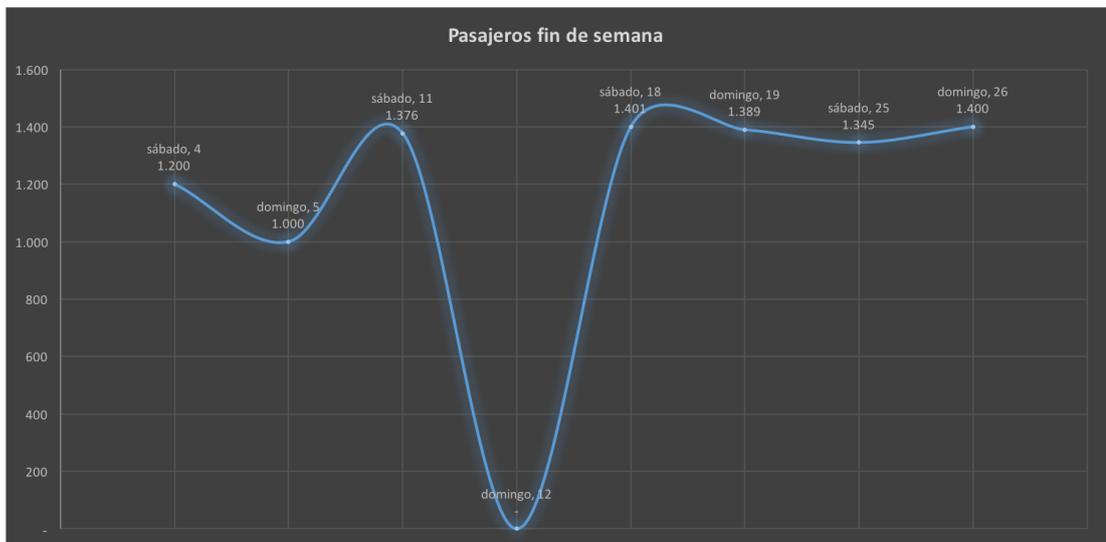
Pasajeros Días Laborables



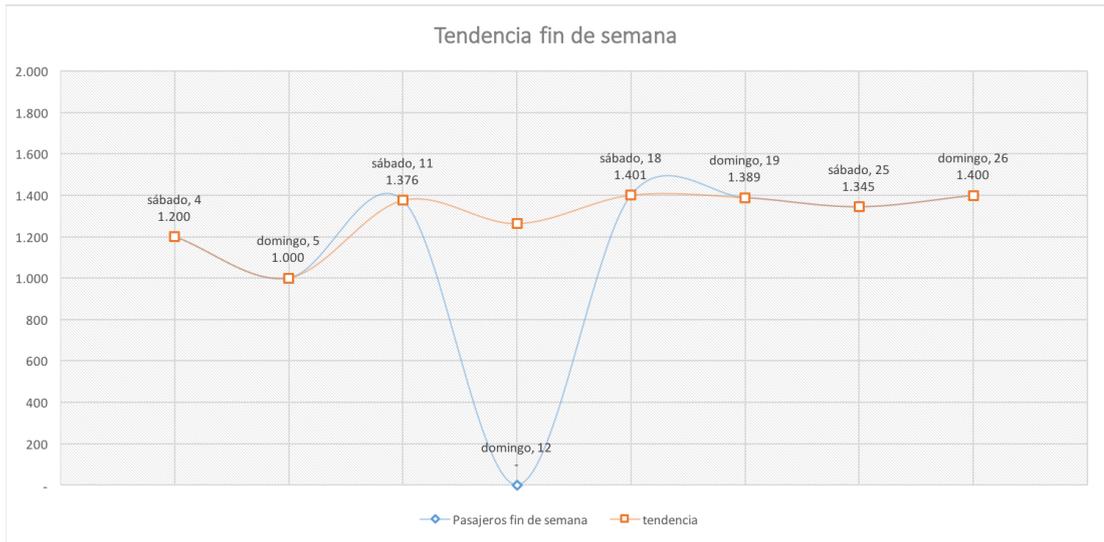
Datos Y Tendencia Pasajeros Días Laborables



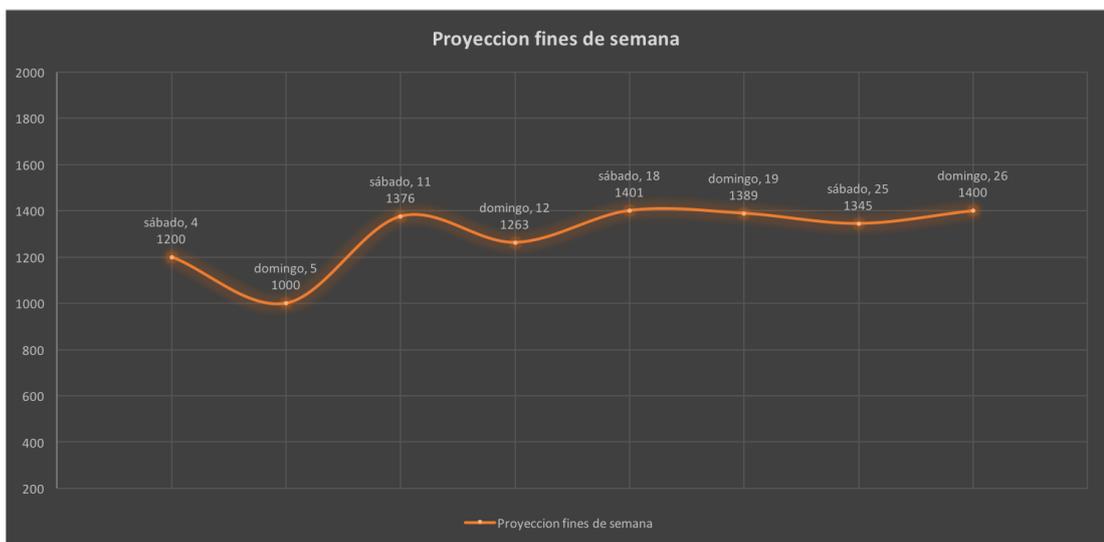
Tendencia Pasajeros Días Laborables



Pasajeros Fines De Semana

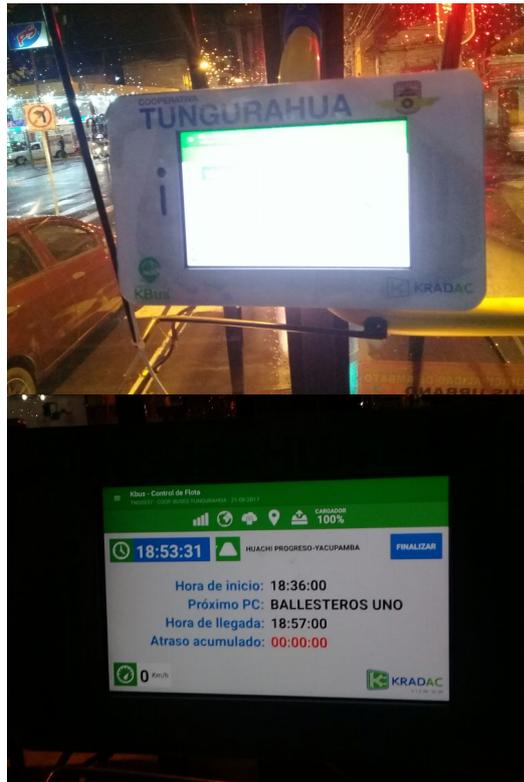


### Datos Y Tendencia Pasajeros Fines De Semana



### Tendencia Pasajeros Fines De Semana

ANEXO I: Sistema de conteo de pasajeros en cooperativa Tungurahua

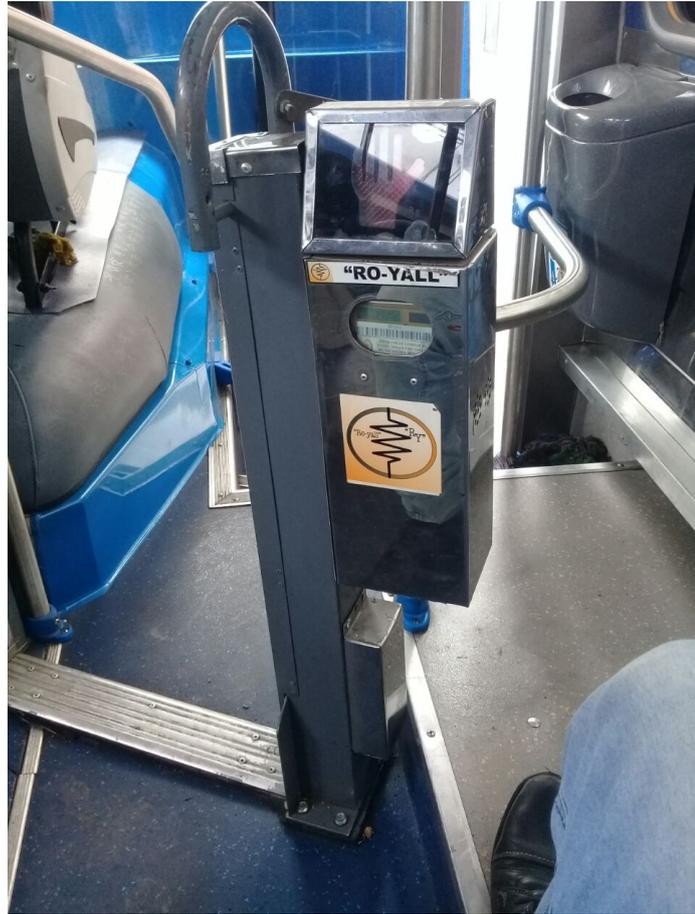


PANTALLA sistema kradac



Contador busmatick en sistema kradac

ANEXO J: Sistema de conteo de pasajeros en cooperativa Jerpazol



Contador Ro-yall en unidad Via flores