

# Pregrado

**Carrea: Tránsito y transporte**

**Asignatura: Sistemas inteligentes de transporte**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título  
en: Técnico Superior en Tránsito y Transporte.**

**Tema: “Análisis y estrategias para la  
optimización de flujo vehicular: propuesta de  
un modelo de semáforos inteligentes en  
Sangolquí desde av. General Enríquez sector  
redondel River Mall hasta la Av. Calderón  
sector del Monumento a La Resistencia”**

**Autores: Patricio Gabriel Salgado Escobar**

**Villafuerte Aguirre Luis Fernando**

**Tutor: Mgtr. Pablo André Vacacela**

**Fecha: 30/08/2024**





**Autor:** Salgado Escobar Patricio Gabriel

**Título a obtener:** Técnico Superior en Tránsito y Transporte

**Matriz:** Sangolquí -Ecuador

**Correo electrónico:** patricio.salgado@ister.edu.ec



**Autor:** Villafuerte Aguirre Luis Fernando

**Título a obtener:** Técnico Superior en Tránsito y Transporte

**Matriz:** Sangolquí -Ecuador

**Correo electrónico:** Luis.villafuerte@ister.edu.ec

Dirigido por:



Vacacela Mazón Pablo André

Título: Ingeniero, Magister en Gestión de Transporte

**Correo electrónico:** pablo.vacacela@ister.edu.ec

Matriz: Sangolquí –Ecuador

**Todos los derechos reservados.**

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario  
Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

Patricio Gabriel Salgado Escobar

Villafuerte Aguirre Luis Fernando

***“Análisis y estrategias para la optimización de flujo vehicular: propuesta de un modelo de semáforos inteligentes en Sangolquí desde av. General Enríquez sector redondel River Mall hasta la Av. Calderón sector del Monumento a La Resistencia ”***

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

**CT-ANX-2024-ISTER-6-6.1**

Sangolquí, 06 de noviembre de 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez  
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín  
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE  
UNIVERSITARIO**

**Presente**

Por medio de la presente, yo, PATRICIO GABRIEL SALGADO ESCOBAR declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado “Análisis y estrategias para la optimización de flujo vehicular: propuesta de un modelo de semáforos inteligentes en Sangolquí desde av. General Enríquez sector redondel River Mall hasta la Av. Calderón sector del Monumento a La Resistencia, de la Tecnicatura Superior TRANSITO Y TRANSPORTE; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario, los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
PATRICIO GABRIEL  
SALGADO ESCOBAR

**PATRICIO GABRIEL SALGADO ESCOBAR**

C.I.: 1710004027

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

**CT-ANX-2024-ISTER-6-6.1**

Sangolquí, 06 de Noviembre de 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez  
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín  
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE  
UNIVERSITARIO**

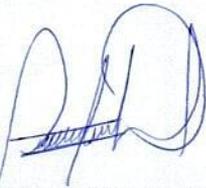
**Presente**

Por medio de la presente, yo, LUIS FERNANDO VILLAFUERTE AGUIRRE declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR: PROPUESTA DE UN MODELO DE SEMAFOROS INTELIGENTES EN SANGOLQUI DESDE AV. GENERAL ENRIQUEZ SECTOR REDONDEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERON SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA" de la Tecnicatura Superior TRANSITO Y TRANSPORTE y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario, los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



**LUIS FERNANDO VILLAFUERTE AGUIRRE**  
C.I.: 1725268369

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN  
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO  
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

**CT-ANX-2024-ISTER-1**

**CARRERA:**  
TECNICATURA EN TRANSITO Y TRANSPORTE

**AUTOR /ES:**  
PATRICIO GABRIEL SALGADO ESCOBAR

**TUTOR:**  
VACACELA MAZON PABLO ANDRE

**CONTACTO ESTUDIANTE:**  
CELULAR: 0992532285  
CORREO ELECTRÓNICO: patricio.salgado@ister.edu.ec  
(CORREO PERSONAL): pachiohc27@yahoo.com

**TEMA:**

"ANALISIS Y ESTRETEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR:  
PROPUESTA DE UN MODELO DE SEMAFOROS INTELIGENTES EN SANGOLQUI  
DESDE AV. GENERAL ENRIQUEZ SECTOR REDONDEL RIVER MALL HASTA LA  
AV. CALDERON SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA"

**OPCIÓN DE TITULACIÓN:**  
TECNICO SUPERIOR EN TRANSITO Y TRASNPORTE

## RESUMEN EN ESPAÑOL:

ESTE ESTUDIO SE REALIZÓ A BASE DE LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CIENTÍFICA QUE NOS HA PERMITIDO RECAUDAR INFORMACIÓN SOBRE EL ESTADO ACTUAL DEL TRÁFICO EN LA AV. GENERAL ENRÍQUEZ EN EL SECTOR DEL REDONDEL DEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERÓN SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA POR EL MEDIO DEL CUAL ENTRE OTROS FACTORES COMO LA DENSIDAD VEHICULAR QUE CIRCULA DIARIO POR LA ZONA MENCIONADA ENCONTRAMOS OTROS FACTORES COMO EL COMERCIO ILÍCITO, EL MAL USO DE LAS ZONAS PEATONALES, TRÁFICO PEATONAL EN DESORDEN Y UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN QUE REQUIERE UNA ADAPTACIÓN PARA AGILIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR.

POR MEDIO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA OBSERVACIÓN PUDIMOS DARNOS CUENTA QUE EN HORAS PICO EL TRÁFICO SE HACE MUY DENSO POR LO CUAL ENCONTRAMOS QUE LOS VEHÍCULOS CIRCULAN A UNA VELOCIDAD PROMEDIO DE 17 A 20 KM/H LO QUE PROVOCA EL ESTANCAMIENTO VIAL, TAMBIÉN POR MEDIO DE LA INFORMACIÓN RECABADA OBTUVIMOS QUE ALREDEDOR DE 13,900 VEHÍCULOS HACEN USO DE LA AVENIDA GENERAL ENRÍQUEZ Y APROXIMADAMENTE 10,000 VEHÍCULOS HACEN USO DE LA AVENIDA CALDERÓN A DIARIO LO CUAL DA PASO AL COLAPSO DE LAS VÍAS. POR ESO, ES RECOMENDABLE LA OPTIMIZACIÓN Y LA APLICACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN QUE NOS PERMITA AGILIZAR Y DINAMIZAR EL TRÁFICO Y SOBRE TODAS LAS COSAS SE ADAPTE AL TRÁFICO QUE VARÍA DURANTE EL DÍA Y DE MANERA ESPECIAL EN LAS HORAS PICO.

## PALABRAS CLAVE:

SEMÁFORO INTELIGENTE, TRÁFICO, DENSIDAD VEHICULAR, CIRCULACIÓN, SISTEMA.

## ABSTRACT:

HIS STUDY IS CARRIED OUT BASED ON BIBLIOGRAPHIC AND SCIENTIFIC RESEARCH THAT ALLOWED US TO COLLECT INFORMATION ON THE CURRENT STATE OF TRAFFIC ON AV. GENERAL ENRÍQUEZ IN THE AREA AROUND THE RIVER MALL TO AV. CALDERÓN, AREA OF THE MONUMENT TO THE RESISTANCE FOR THE THROUGH WHICH, AMONG OTHER FACTORS SUCH AS THE VEHICLE DENSITY THAT CIRCULATES DAILY THROUGH THE AFOREMENTIONED AREA, WE FIND OTHER FACTORS SUCH AS ILLICIT TRADE, MISUSE OF PEDESTRIAN AREAS, DISORDERLY PEDESTRIAN TRAFFIC AND A TRAFFIC LIGHT SYSTEM THAT REQUIRES ADAPTATION TO SPEED UP

TRAFFIC. VEHICULAR. THROUGH RESEARCH AND OBSERVATION WE WERE

ABLE TO REALIZE THAT DURING RUSH HOURS THE TRAFFIC BECOMES VERY DENSE, WHICH IS WHY WE FOUND THAT VEHICLES CIRCULATE AT AN AVERAGE SPEED OF 17 TO 20 KM/H, WHICH CAUSES ROAD STAGNATION, ALSO THROUGH FROM THE INFORMATION COLLECTED, WE OBTAINED THAT AROUND 13,900 VEHICLES USE GENERAL ENRÍQUEZ AVENUE AND APPROXIMATELY 10,000 VEHICLES USE CALDERÓN AVENUE DAILY, WHICH ALLOWS THE ROADS TO COLLAPSE. THAT IS WHY WE BELIEVE THAT IT IS ADVISABLE TO OPTIMIZE AND APPLY A NEW TRAFFIC LIGHT SYSTEM THAT ALLOWS US TO STREAMLINE AND ENERGIZE AND, ABOVE ALL, ADAPT TO THE TRAFFIC THAT VARIES DURING THE DAY AND ESPECIALLY DURING PEAK HOURS.

PALABRAS CLAVE:

INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT, TRAFFIC, VEHICLE DENSITY, CIRCULATION, SYSTEM

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN  
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO  
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

**CT-ANX-2024-ISTER-1**

**CARRERA:**  
TECNICATURA EN TRANSITO Y TRANSPORTE

**AUTOR /ES:**  
LUIS FERNANDO VILLAFUERTE AGUIRRE

**TUTOR:**  
VACACELA MAZON PABLO ANDRE

**CONTACTO ESTUDIANTE:**  
0987126444

**CORREO ELECTRÓNICO:**  
[luisfer\\_1310@outlook.com](mailto:luisfer_1310@outlook.com)

**TEMA:**  
“ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR:  
PROPUESTA DE UN MODELO DE SEMAFOROS INTELIGENTES EN SANGOLQUI  
DESDE AV. GENERAL ENRIQUEZ SECTOR REDONDEL RIVER MALL HASTA LA  
AV. CALDERON SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA”

**OPCIÓN DE TITULACIÓN:**  
TECNICO SUPERIOR EN TRANSITO Y TRANSPORTE

**RESUMEN EN ESPAÑOL:**  
ESTE ESTUDIO SE REALIZÓ A BASE DE LA INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y  
CIENTÍFICA QUE NOS HA PERMITIDO RECAUDAR INFORMACIÓN SOBRE EL  
ESTADO ACTUAL DEL TRÁFICO EN LA AV. GENERAL ENRÍQUEZ EN EL SECTOR  
DEL REDONDEL DEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERÓN SECTOR DEL  
MONUMENTO A LA RESISTENCIA POR EL MEDIO DEL CUAL ENTRE OTROS  
FACTORES COMO LA DENSIDAD VEHICULAR QUE CIRCULA DIARIO POR LA  
ZONA MENCIONADA ENCONTRAMOS OTROS FACTORES COMO EL COMERCIO  
ILÍCITO, EL MAL USO DE LAS ZONAS PEATONALES, TRÁFICO PEATONAL EN

DESORDEN Y UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN QUE REQUIERE UNA ADAPTACIÓN PARA AGILIZAR EL TRÁFICO VEHICULAR. POR MEDIO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA OBSERVACIÓN PUDIMOS DARNOS CUENTA QUE EN HORAS PICO EL TRÁFICO SE HACE MUY DENSO POR LO CUAL ENCONTRAMOS QUE LOS VEHÍCULOS CIRCULAN A UNA VELOCIDAD PROMEDIO DE 17 A 20 KM/H LO QUE PROVOCA EL ESTANCAMIENTO VIAL, TAMBIÉN POR MEDIO DE LA INFORMACIÓN RECABADA OBTUVIMOS QUE ALREDEDOR DE 13,900 VEHÍCULOS HACEN USO DE LA AVENIDA GENERAL ENRÍQUEZ Y APROXIMADAMENTE 10,000 VEHÍCULOS HACEN USO DE LA AVENIDA CALDERÓN A DIARIO LO CUAL DA PASO AL COLAPSO DE LAS VÍAS. POR ESO, ES RECOMENDABLE LA OPTIMIZACIÓN Y LA APLICACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN QUE NOS PERMITA AGILIZAR Y DINAMIZAR EL TRÁFICO Y SOBRE TODAS LAS COSAS SE ADAPTE AL TRÁFICO QUE VARÍA DURANTE EL DÍA Y DE MANERA ESPECIAL EN LAS HORAS PICO.

**PALABRAS CLAVE:**

SEMÁFORO INTELIGENTE, TRÁFICO, DENSIDAD VEHICULAR, CIRCULACIÓN, SISTEMA.

**ABSTRACT:**

HIS STUDY IS CARRIED OUT BASED ON BIBLIOGRAPHIC AND SCIENTIFIC RESEARCH THAT ALLOWED US TO COLLECT INFORMATION ON THE CURRENT STATE OF TRAFFIC ON AV. GENERAL ENRÍQUEZ IN THE AREA AROUND THE RIVER MALL TO AV. CALDERÓN, AREA OF THE MONUMENT TO THE RESISTANCE FOR THE THROUGH WHICH, AMONG OTHER FACTORS SUCH AS THE VEHICLE DENSITY THAT CIRCULATES DAILY THROUGH THE AFOREMENTIONED AREA, WE FIND OTHER FACTORS SUCH AS ILLICIT TRADE, MISUSE OF PEDESTRIAN AREAS, DISORDERLY PEDESTRIAN TRAFFIC AND A TRAFFIC LIGHT SYSTEM THAT REQUIRES ADAPTATION TO SPEED UP TRAFFIC. VEHICULAR. THROUGH RESEARCH AND OBSERVATION WE WERE ABLE TO REALIZE THAT DURING RUSH HOURS THE TRAFFIC BECOMES VERY DENSE, WHICH IS WHY WE FOUND THAT VEHICLES CIRCULATE AT AN AVERAGE SPEED OF 17 TO 20 KM/H, WHICH CAUSES ROAD STAGNATION, ALSO THROUGH FROM THE INFORMATION COLLECTED, WE OBTAINED THAT AROUND 13,900 VEHICLES USE GENERAL ENRÍQUEZ AVENUE AND APPROXIMATELY 10,000 VEHICLES USE CALDERÓN AVENUE DAILY, WHICH ALLOWS THE ROADS TO COLLAPSE. THAT IS WHY WE BELIEVE THAT IT IS ADVISABLE TO OPTIMIZE AND APPLY A NEW TRAFFIC LIGHT SYSTEM THAT ALLOWS US TO STREAMLINE AND ENERGIZE AND, ABOVE ALL, ADAPT TO THE TRAFFIC THAT VARIES DURING THE DAY AND ESPECIALLY DURING PEAK HOURS.

**MATRIZ SANGOLQUÍ:** Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 [www.ister.edu.ec](http://www.ister.edu.ec) / [info@ister.edu.ec](mailto:info@ister.edu.ec)

**PALABRAS CLAVE:**  
INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT, TRAFFIC, VEHICLE DENSITY, CIRCULATION,  
SYSTEM

## SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2  
Sangolquí, (día) de (mes) del 2024

Sres.-  
**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE  
UNIVERSITARIO**

**Presente**

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: PATRICIO GABRIEL SALGADO ESCOBAR, con C.I.: 1710004027 alumno de la Carrera TRANSITO Y TRANSPORTE.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
PATRICIO GABRIEL  
SALGADO ESCOBAR

Firma  Estudiante

C.I.: 1710004027

### SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de .....; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

\_\_\_\_\_  
**MSc. Elizabeth Ordoñez**  
DIRECTORA DE DOCENCIA

\_\_\_\_\_  
**MSc. Mónica Loachamín**  
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**MATRIZ SANGOLQUÍ:** Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 [www.ister.edu.ec](http://www.ister.edu.ec) / [info@ister.edu.ec](mailto:info@ister.edu.ec)

**SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CT-ANX-2024-ISTER-2**  
Sangolquí, (día) de (mes) del 2024

**Sres.-**  
**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE**  
**UNIVERSITARIO**

**Presente**

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: LUIS FERNANDO VILLAFUERTE AGUIRRE, con C.I.: 1725268369 alumno de la Carrera TRANSITO Y TRANSPORTE.

Atentamente,



\_\_\_\_\_  
Firma del Estudiante  
C.I.: 1725268369

**SÓLO PARA USO DEL ISTER**

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de .....; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

\_\_\_\_\_  
**MSc. Elizabeth Ordoñez**  
**DIRECTORA DE DOCENCIA**

\_\_\_\_\_  
**MSc. Mónica Loachamín**  
**COORDINADORA DE TITULACIÓN**

Fecha del Informe \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme darme esta nueva oportunidad, a mi amada esposa, Gabriela Mejía, cuyo amor, paciencia y comprensión han sido mi fortaleza en los momentos más desafiantes de este largo viaje. Gracias por estar a mi lado en cada paso, por creer en mí incluso cuando tenía dudas y por brindarme la fuerza y el aliento necesarios para seguir adelante. Este proyecto también es tuyo, porque sin ti no habría sido posible.

A mis tres hijos, Wendy, Paula y Gabriel, que dan alegría y significado a mi vida. Me han enseñado el valor de la perseverancia y me han dado motivos para superarme cada día. Este es un esfuerzo también para ustedes, gracias por todo mis amores.

A mis padres por siempre estar pendientes, apoyándome en todo a mí y mi familia.

También debo dar mi agradecimiento a todos los profesores, cuyas enseñanzas, orientación y asistencia han sido esenciales para el éxito de este proyecto. En especial a la Ing. Marieta Arpi y al Ing. Pablo Vacacela por sus útiles comentarios y por inspirarme a investigar nuevas perspectivas y conceptos. Mi gratitud eterna a todos aquellos que, con su dedicación y dedicación, han contribuido a mi formación académica y personal.

Todos ustedes han colaborado, esforzado y sacrificado mucho para lograr este trabajo. Me gustaría expresar mi gratitud por confiar en mí y por acompañarme en este viaje.

## AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa de mi vida académica, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que ayudaron a lograr este proyecto de una manera u otra.

En primer lugar, a mi esposa, Gabriela Mejía, cuya paciencia, amor y apoyo incondicional han sido los pilares sobre los que he construido este logro. Gracias por ser mi compañera en este camino, por entender mis ausencias y por darme la fuerza para seguir adelante.

A mis hijos, Wendy, Paula y Gabriel, por ser la luz de mis días y por recordarme constantemente la importancia de mantener la perseverancia. Este logro es también para usted, porque muestra que todo es posible con esfuerzo y dedicación, ya que esto ustedes me han enseñado.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis profesores, especialmente a La Ing. Marieta Arpi y al Ing. Pablo Vacacela, por su orientación y apoyo durante todo este proceso. Sus enseñanzas no solo ampliaron mi comprensión y conocimientos, sino que también me enseñaron a ser más crítico y creativo. Gracias por su tiempo, su sabiduría y su paciencia, sobre todo la paciencia en cada fase de este trabajo.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi gratitud a mis compañeros y amigos de trabajo y ahora de clases, quienes con su apoyo y ánimo hicieron este camino más fácil. A mis padres y familia, por inculcarme los valores de la perseverancia y el esfuerzo y por estar siempre presentes en mi vida.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud. Este éxito es el resultado de un esfuerzo de todos.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
CAPITULO I .....	11
Título.....	11
Planteamiento del problema .....	11
Contexto.....	12
Prognosis.....	12
La formulación del problema .....	13
Problema .....	13
Preguntas directrices .....	14
Objetivo general:.....	14
Objetivos específicos.....	14
Justificación .....	14
CAPITULO II .....	17
Introducción .....	17
Marco Teórico.....	18
Red Vial Principal del Cantón Rumiñahui .....	20
Semáforos inteligentes .....	20
Análisis del flujo de tráfico .....	23
Modelado de tráfico .....	23
CAPITULO III.....	26
Metodología .....	26
Métodos de investigación.....	26
Técnicas de investigación.....	27
CAPITULO IV.....	28
Conclusión .....	28
Recomendación.....	28
CAPITULO V .....	30

La propuesta.....	30
Introducción.....	31
Objetivos.....	32
Fundamentación científica.....	32
Metodología.....	36
Estudio y conteo vehicular.....	37
Propuesta.....	44
Costos.....	47
Vocabulario.....	49
CAPITULO VI.....	50
Referencias.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Promedio de velocidades por tramos .....	33
Tabla 2: Tráfico vehicular en la Av. General Enríquez Sur - Norte .....	38
Tabla 3: Tráfico vehicular Av. General Enríquez Norte- Sur .....	39
Tabla 4: Clasificación del tráfico vehicular en la Av. General Enríquez sentido Sur- Norte .....	40
Tabla 5: Clasificación del tráfico vehicular en la Av. General Enríquez sentido Norte- Sur .....	40
Tabla 6: Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Oeste- Este .....	41
Tabla 7: Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Este- Oeste .....	41
Tabla 8: Tabulación de costos para implantación de semáforos inteligentes .....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Modelo de Red Vial Urbana .....	20
Ilustración 2: Esquema típico del sistema de semaforización inteligente usando sensores inalámbricos .....	21
Ilustración 3: Elementos de un sistema de semaforización mediante procesamiento de imágenes .....	22
Ilustración 4: Imagen de la red vial satelital del cantón Rumiñahui .....	37
Ilustración 5: Descripción de la zona de estudio .....	42
Ilustración 6: Redondel del River mall, AV. General Enríquez .....	42
Ilustración 7: Redondel del Santa María, AV. General Enríquez .....	43
Ilustración 8: Primer semáforo Av. Calderón .....	43
Ilustración 9: Segundo semáforo Av. Calderón Monumento a la Resistencia .....	43
Ilustración 10: relación de imagen y su ángulo de visión .....	45
Ilustración 11: relación de imagen y su ángulo de visión .....	46

## RESUMEN

Este estudio se realizó a base de la investigación bibliográfica y científica que nos ha permitido recaudar información sobre el estado actual del tráfico en la Av. General Enríquez en el sector del redondel del River mall hasta la Av. Calderón sector del monumento a la resistencia por el medio del cual entre otros factores como la densidad vehicular que circula diario por la zona mencionada encontramos otros factores como el comercio ilícito, el mal uso de las zonas peatonales, tráfico peatonal en desorden y un sistema de semaforización que requiere una adaptación para agilizar el tráfico vehicular. Por medio de la investigación y la observación pudimos darnos cuenta que en horas pico el tráfico se hace muy denso por lo cual encontramos que los vehículos circulan a una velocidad promedio de 17 a 20 km/h lo que provoca el estancamiento vial, también por medio de la información recabada obtuvimos que alrededor de 13,900 vehículos hacen uso de la avenida general Enríquez y aproximadamente 10,000 vehículos hacen uso de la avenida Calderón a diario lo cual da paso al colapso de las vías. Por eso, es recomendable la optimización y la aplicación de un nuevo sistema de semaforización que nos permita agilizar y dinamizar el tráfico y sobre todas las cosas se adapte al tráfico que varía durante el día y de manera especial en las horas pico.

**Palabras clave:** Semáforo inteligente, tráfico, densidad vehicular, circulación, sistema

## ABSTRACT

This study is carried out based on bibliographic and scientific research that allowed us to collect information on the current state of traffic on Av. General Enríquez in the area around the River Mall to Av. Calderón, area of the monument to the resistance for the through which, among other factors such as the vehicle density that circulates daily through the aforementioned area, we find other factors such as illicit trade, misuse of pedestrian areas, disorderly pedestrian traffic and a traffic light system that requires adaptation to speed up traffic. vehicular. Through research and observation we were able to realize that during rush hours the traffic becomes very dense, which is why we found that vehicles circulate at an average speed of 17 to 20 km/h, which causes road stagnation, also through From the information collected, we obtained that around 13,900 vehicles use General Enríquez Avenue and approximately 10,000 vehicles use Calderón Avenue daily, which allows the roads to collapse. That is why we believe that it is advisable to optimize and apply a new traffic light system that allows us to streamline and energize and, above all, adapt to the traffic that varies during the day and especially during peak hours.

**Keywords:** Intelligent traffic light, traffic, vehicle density, circulation, system

# CAPITULO I

## **Título**

ANALISIS Y ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FLUJO VEHICULAR: PROPUESTA DE UN MODELO DE SEMAFOROS INTELIGENTES EN SANGOLQUÍ DESDE AV. GENERAL ENRIQUEZ SECTOR REDONDEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERON SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA.

## **Planteamiento del problema**

### **Macro**

En el escenario mundial, el incremento del parque automotor y la urbanización acelerada han llevado a un punto crítico en la gestión del tráfico urbano. Los semáforos inteligentes emergen como una solución tecnológica prometedora para abordar la congestión vehicular, que es una de las principales causas de emisiones de gases de efecto invernadero y pérdida de productividad. A nivel global, el problema se manifiesta en la necesidad de sistemas de tráfico adaptativos que puedan manejar eficientemente las variaciones en los patrones de movilidad y responder en tiempo real a las condiciones cambiantes del tráfico. (CEPAL, 2001)

### **Meso**

América Latina, caracterizada por sus ciudades densamente pobladas y una infraestructura vial que a menudo no ha mantenido el ritmo del crecimiento vehicular, enfrenta desafíos particulares en la implementación de semáforos inteligentes. La región requiere una transformación en la gestión del tráfico que no solo considere la tecnología sino también los aspectos socioeconómicos y culturales. Los semáforos inteligentes deben ser diseñados para ser resilientes frente a las condiciones climáticas extremas y las limitaciones de presupuesto, asegurando que sean accesibles y beneficiosos para una amplia gama de comunidades urbanas y rurales.(CAF, 2015)

### **Micro**

Ecuador, como parte de América Latina, comparte muchos de los desafíos regionales, pero también enfrenta problemas específicos nacionales. La integración de semáforos inteligentes en el país debe considerar la diversidad geográfica, desde áreas costeras hasta

altiplanos, y cómo estos factores afectan el tráfico y la infraestructura. Además, es crucial que la implementación de semáforos inteligentes en Ecuador se alinee con las políticas nacionales de movilidad y desarrollo sostenible, promoviendo una movilidad inclusiva y reduciendo la brecha digital.(CEPAL, 2016)

### **Contexto**

En el Cantón Rumiñahui, el problema se concreta en la necesidad de optimizar el flujo vehicular en un contexto de crecimiento urbano y aumento de la densidad de tráfico. Los semáforos inteligentes representan una oportunidad para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, reducir los tiempos de desplazamiento y aumentar la seguridad vial. Sin embargo, la implementación local debe ser cuidadosamente planificada para considerar las necesidades específicas de la comunidad, incluyendo la topografía única del cantón, los patrones culturales de movilidad, y la integración con otros sistemas de transporte público y privado.

### **Prognosis**

Los semáforos inteligentes tienen el potencial de ajustar los tiempos de semáforo en tiempo real, lo que optimiza el flujo de tráfico y reduce los tiempos de espera en las intersecciones. Esto podría resultar en una circulación más fluida y menos congestión vehicular. (Tutoría.com 2018)

Un flujo de tráfico optimizado y tiempos de espera más cortos en los semáforos pueden reducir el consumo de combustible y, por ende, las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la protección climática. (Tutoría.com 2018)

La implementación de semáforos inteligentes puede mejorar la seguridad vial al reducir el riesgo de accidentes. Los sistemas de IA pueden responder a las condiciones cambiantes del tráfico y ajustar los ciclos de los semáforos para prevenir congestiones que a menudo resultan en colisiones. (Tutoría.com 2018)

Integración con Tecnologías Emergentes, se espera que los semáforos inteligentes se integren con otras tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), permitiendo una comunicación más efectiva entre la infraestructura vial y los vehículos. (Tutoría.com 2018)

Los semáforos inteligentes son un paso hacia el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, donde la movilidad eficiente es una base clave para la construcción de entornos urbanos amigables con el medio ambiente. (Tutoría.com 2018)

Con la recolección de datos estadísticos sobre el tráfico, los semáforos inteligentes ofrecen una oportunidad para el análisis continuo y la mejora de las estrategias de gestión de tráfico. (Tutoría.com 2018)

Es crucial considerar la aceptación de la comunidad y la adaptabilidad de las autoridades locales a estas nuevas tecnologías. La educación y la participación ciudadana serán fundamentales para el éxito de la implementación. (Tutoría.com 2018)

### **La formulación del problema**

La formulación del problema para la implementación de semáforos inteligentes en el Cantón Rumiñahui, se puede describir de la siguiente manera:

#### **Problema**

Diseñar e implementar un sistema de semáforos inteligentes en el Cantón Rumiñahui, que optimice el flujo vehicular, mejore la seguridad vial y contribuya al desarrollo de una movilidad sostenible, considerando:

**Eficiencia en el tránsito:** ¿Cómo diseñar un sistema de semáforos inteligentes que se adapte a las variaciones en los patrones de movilidad y responda en tiempo real a las condiciones cambiantes del tránsito, reduciendo los tiempos de espera en las intersecciones y mejorando la fluidez del tránsito?

**Resiliencia y accesibilidad:** ¿Cómo garantizar que los semáforos inteligentes sean resilientes frente a condiciones climáticas extremas y limitaciones de presupuesto, y sean accesibles y beneficiosos para una amplia gama de comunidades urbanas y rurales en el Cantón Rumiñahui?

**Integración y alineación:** ¿Cómo integrar los semáforos inteligentes en el contexto socioeconómico, cultural y geográfico del Cantón Rumiñahui, alineándolos con las políticas nacionales de movilidad y desarrollo sostenible para promover una movilidad inclusiva y reducir la brecha digital?

**Participación y aceptación comunitaria:** ¿Cómo garantizar la participación activa de la comunidad y la aceptación de las autoridades locales para la implementación exitosa de

los semáforos inteligentes, mediante educación y comunicación efectiva sobre los beneficios y el funcionamiento del sistema?

### **Preguntas directrices**

¿Tenemos conocimiento sobre la razón de la problemática sobre el tránsito vehicular?

¿Somos conscientes del incremento del parque automotor en el cantón?

¿Es necesario la investigación sobre la problemática que atravesamos con el tema del tráfico vehicular?

¿Se debe utilizar nueva tecnología para controlar el tránsito vehicular?

¿Estamos conformes con la ubicación de los semáforos en la actualidad?

¿La implementación de semáforos inteligentes puede mejorar el tráfico, la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes?

¿Esta implementación sería una opción para la mejora de esta problemática?

### **Objetivo general:**

- Proponer y optimizar la regulación del flujo vehicular, la movilidad, reduciendo los embotellamientos y a su vez la disminución de siniestralidad en la Av. General Enríquez entre el sector del River Mall hasta la Av. Calderón sector del monumento a la Resistencia.

### **Objetivos específicos**

- Proponer un sistema de semáforos inteligentes adaptable y eficiente que ayude al flujo vehicular y la seguridad vial en el Cantón Rumiñahui.
- Integrar los semáforos inteligentes en el contexto local, promoviendo una movilidad inclusiva y sostenible.
- Incluir a la población como la beneficiaria principal de utilización del sistema de semaforización inteligente

### **Justificación**

La implementación de semaforización inteligente es para tener una mejor fluidez en tráfico vehicular y a su vez evitar siniestralidad, ya que en este trayecto se concentra la mayoría del comercio, instituciones financieras, escuelas, entidades gubernamentales por

esta razón esta vía se congestiona por esta razón la mejor alternativa es la implementación de los semáforos inteligentes.

### **Análisis del sector**

- **Problemas de Congestión**

En Sangolquí es una zona con un alto volumen de tráfico, especialmente en áreas como la Av. General Enríquez y la Av. Calderón, donde se encuentran puntos críticos como el Redondel River Mall, supermercado Santa Marías que incrementa la afluencia de vehículos y transeúntes, y alrededores a la zona tenemos un sector muy comercial y el Monumento a la Resistencia. La congestión del tráfico es un problema evidente, especialmente durante las horas pico, ya que en este sector se concentra un alto porcentaje del comercio del cantón, además tenemos instituciones financieras, unidades educativas, entidades gubernamentales. (Salgado, 2024)

- **Sistema deficiente de semaforización.**

Con el pasar del tiempo los semáforos actuales ya no están acorde al aumento del parque automotor que existe en la actualidad, ya que cuando estos fueron colados tanto que el patio automotor era bajo para la actualidad. Por esta razón es necesaria la implantación de dichos semáforos. Además, que el crecimiento demográfico en la zona es importante y las exigencias que presentan actualmente el sector son diferentes. (Salgado, 2024)

- **Necesidad de Mejorar la Movilidad Urbana**

Mejorar la movilidad urbana es crucial para garantizar un flujo vehicular eficiente, reducir los tiempos de viaje y mejorar la calidad de vida de los residentes y visitantes de Sangolquí, ya que el cantón Rumiñahui es un destino turístico y gastronómico visitados por turistas nacionales y extranjeros. (Salgado, 2024)

### **Estrategias de Optimización**

- Optimización de tráfico

Los semáforos inteligentes pueden ajustar los tiempos de los semáforos en tiempo real según las condiciones de tráfico actuales, lo que permite una gestión más eficiente del flujo vehicular y una reducción de la congestión y ayuda a administrar de mejor manera el tráfico de peatones con la misma importancia que el vehicular. (Tutoría.com 2018)

- Sincronización de Semáforos

Coordinar los semáforos a lo largo de la ruta identificada permitirá crear "olas verdes" que faciliten un flujo continuo de tráfico, reduciendo así los tiempos de espera y mejorando la fluidez del tráfico, al mismo tiempo que cuida la seguridad y la integridad del peatón. (Tutoría.com 2018)

- Priorización del Transporte Público y Peatones

La utilización de tecnologías de detección avanzadas permitirá recopilar datos en tiempo real sobre el flujo de tráfico, lo que facilitará la toma de decisiones para ajustar los tiempos de los semáforos de manera dinámica. (Tutoría.com 2018)

La implementación de un modelo de semáforos inteligentes en Sangolquí desde la Av. General Enríquez hasta la Av. Calderón tiene el potencial de abordar los problemas de congestión del tráfico, mejorar la movilidad urbana y aumentar la seguridad vial en la zona. (Tutoría.com 2018)

## CAPITULO II

### **Introducción**

En el mundo actual hay un crecimiento desmesurado del parque automotor y la búsqueda de una solución a esta es sumamente importante para organizar una mejor circulación. Y en esta realidad en la que atravesamos y aprovechando de los avances tecnológicos tenemos la opción de los semáforos inteligentes para mejorar el tema del flujo vehicular, ya que con estos aprovechamos reduciendo tiempos en algunas intersecciones y de esta manera mejorar la seguridad tanto de peatones y vehículos. (Salgado, 2024)

Se propone analizar detalladamente con estrategias la posible implementación de los semáforos inteligentes en Sangolquí desde la Av. General Enríquez en el redondel del C.C River Mall tomando la calle Abdón Calderón hasta el Monumento a la Resistencia, con estas se espera tener cambios fundamentales tanto en el aspecto vial como económico y cultural en el Cantón. (Salgado, 2024)

Con los semáforos inteligentes buscamos mejorar notablemente la circulación vehicular y reducir la congestión que en la actualidad mantenemos, adicionalmente se contribuye a tener una movilidad segura tanto para conductores y peatones, con la implementación y aceptación de autoridades y población aspiramos que este tramo fluya el tránsito y de esta manera tener la posibilidad de aplicarlo en todo el Cantón, gracias a la utilización de esta nueva tecnología. (Salgado, 2024)

## **Marco Teórico**

El cantón Rumiñahui tiene una importante contribución histórica, en los años 3600-500 a.C. se convierte en un territorio importante para la agricultura por sus condiciones climatológicas y de suelo favorables para la producción ciertos alimentos propios de la zona como el maíz y la papa. Ya en la época colonial el cacique Urin Chillo hace su asentamiento en este territorio dando lugar a una de las concentraciones indígenas más importante de la región y de la época y su producción agrícola y ganadera más amplia como maíz, papas, cebada y trigo; a esto se sumó la producción maderera, que servía para las construcciones en Quito y el cultivo de algodón y cabuya, fibras que fueron la base de la gran producción textil que tuvo la Audiencia de Quito en los siglos XVII y XVIII. La crianza de gallinas, ovejas, vacas, bueyes, mulas y caballos fueron actividades económicas productivas de la población. (PDYOT RUMIÑAHUI, 2020).

A través de las nuevas formas de gobierno, la ampliación territorial, las nuevas formas de producción que con el correr del tiempo aparecieron han ido haciendo configurar varias y nuevas dinámicas de convivencia y en 1927 aparece una nueva forma de movilización en el área ya que fue el año en el que se registra el inicio de la circulación de los primeros buses, que conectaban la ciudad de Quito con el cantón Rumiñahui. La densidad de crecimiento poblacional a nivel de Quito fue dando lugar y crecimiento al Cantón Rumiñahui, así acogió al asentamiento de nuevos mercados, industrias que permitieron el desarrollo y la ampliación del cantón la misma que se daba a través de la interdependencia de la ciudad de Quito. Por medio de este crecimiento exponencial que ha tenido el cantón ha inducido con ello el desarrollo de la comunidad tanto económicamente como culturalmente, pero no hay beneficio sin tener que pagar un precio, el mismo que se manifiesta de manera abrupta como lo es el tráfico que provoca este crecimiento, puesto que ha crecido el cantón de la misma manera su desarrollo y con ella la manera de moverse hoy en día es un reto establecer un correcto y coordinado funcionamiento del sistema de movilización y todo lo que ello implica. De esto nace el concepto del modelo de semáforo inteligente de Sangolquí. Este fenómeno empeora en áreas donde el tráfico es intenso y la infraestructura vial es limitada. Sangolquí es una

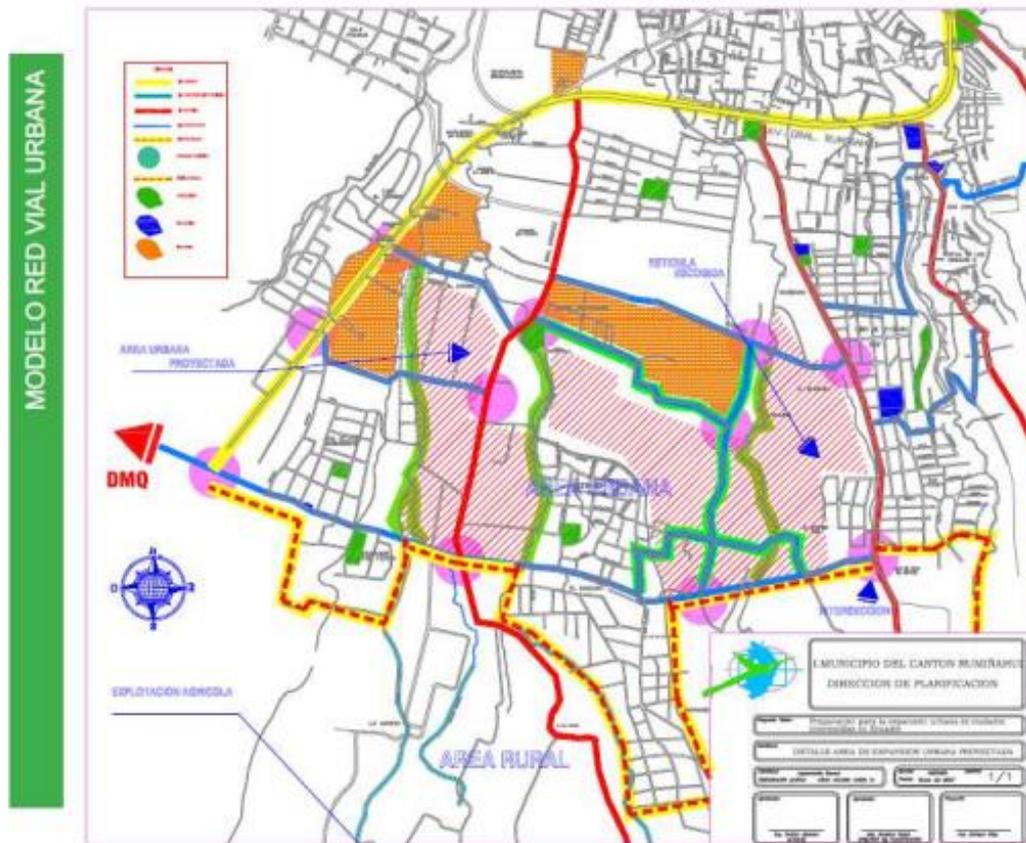
ciudad en crecimiento que enfrenta importantes problemas en la gestión del tráfico, especialmente en vías importantes como la Av. General Enríquez y la Calle Calderón. Este marco teórico resuelve estrategias de optimización y análisis de tráfico utilizando señales de tráfico inteligentes para la descongestión del tráfico. (PDYOT RUMIÑAHUI, 2020).

La congestión del tráfico significa que hay demasiados vehículos en el área particular, lo que resulta en tiempos de viaje más largos y una mayor contaminación. Las razones de esto incluyen el aumento del tráfico, la mala gestión del tráfico y la falta de infraestructura adecuada. La red vial del cantón Rumiñahui tiene como calles principales las siguientes:

- Av. Ilaló que atraviesa al cantón en forma transversal, uniendo Conocoto con el Tingo.
- La Troncal Distrital E35 que atraviesa en todo su ancho (Amaguaña – Pifo).
- La Autopista Gral. Rumiñahui que atraviesa de forma longitudinal al cantón.
- El Boulevard Santa clara que une el sector de San Rafael con Sangolquí
- Av. Gral. Enríquez que une el sector del Triángulo con el centro de Sangolquí (Bastidas Portilla, 2020)

## Red Vial Principal del Cantón Rumiñahui

*Ilustración 1: Modelo de Red Vial Urbana*



Elaborado por: (GADMUR, 2014)

### Componentes del tráfico público

Para la generación y organización de la movilidad vehicular generada por vehículos ya sean de uso particular, municipal o público se necesitan elementos:

- Estáticos: señales de tránsito
- Dinámicos: sensores, semáforo ya sean peatonales o vehiculares

### Semáforos inteligentes

A partir de estudios realizados por científicos estadounidense y rumanos con el objetivo de reducir el tiempo de espera en los semáforos, desarrollaron varios modelos

informáticos que como resultado optimiza el tráfico hasta un 28% en el tiempo de espera (Reinoso, 2009). Los semáforos inteligentes son sistemas de gestión del tráfico que utilizan tecnologías como sensores, cámaras y algoritmos para gestionar el tráfico de forma eficaz. Estos sistemas pueden ajustar instantáneamente los ciclos de iluminación según las condiciones actuales. Es decir, su comportamiento es dinámico y regulable en función de diferentes parámetros. Aunque existen muchos tipos diferentes de sistemas de semáforos inteligentes, todos tienen el mismo objetivo: mejorar la seguridad vial,



información se puede almacenar y procesar en el servidor mediante software. La señal de radio transmitida no requiere que la etiqueta esté dentro de la línea de visión del lector porque las señales de radio pueden penetrar fácilmente materiales no metálicos. (Chávez, 2015).

- **El sistema de semaforización usando redes de sensores inalámbricos:** Cuenta con 2 partes importantes; Red de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Network o WSN) y Estación Base (Base Station o BS). La red de sensores inalámbricos es un conjunto de sensores, cada sensor se encarga de generar los datos de tráfico como el número de vehículos, velocidad de cada vehículo y longitud de separación entre ellos según la aplicación que se desee. Los datos adquiridos por los sensores se envían a la estación base para almacenarlos y de ser necesario poder utilizarlos. (Chávez, 2015).

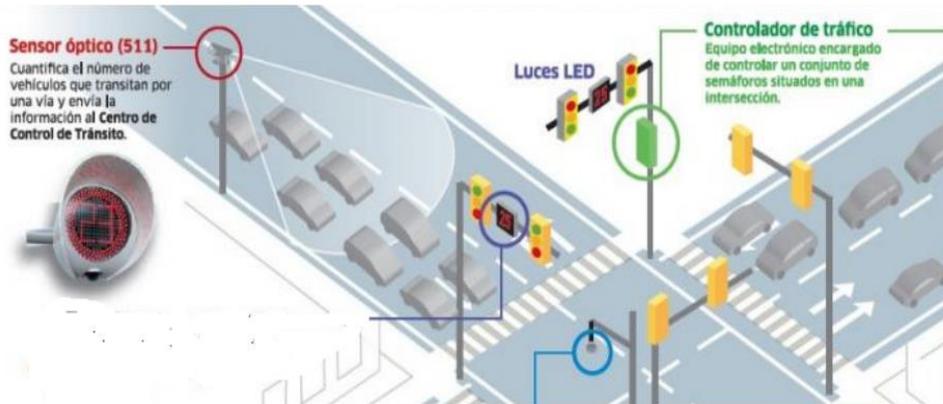
***Ilustración 2: Esquema típico del sistema de semaforización inteligente usando sensores inalámbricos***

Elaborado por: (Chávez, 2015)

Las ventajas y desventajas de este sistema dependen de varios factores: tipos de sensores, gestión de datos, entre otros. El tipo de sensor que se utilice tendrá un gran impacto en el desarrollo del proyecto tanto en complejidad como en gastos, ya que si se colocan sensores de presión se deben ubicar debajo del asfalto esto implica dificultad de instalación y mantenimiento. (Chávez, 2015).

- **La semaforización inteligente mediante procesamiento de imágenes:** Básicamente se trata de recopilar información sobre puntos de interés mediante sensores ópticos. Se puede obtener diversa información de las imágenes capturadas. como la velocidad, distancia, posición de los vehículos, etc. Dicha información depende directamente la programación desarrollada. (Chávez, 2015).

*Ilustración 3: Elementos de un sistema de semaforización mediante procesamiento de imágenes*



Elaborado por: (Chávez, 2015)

Para procesar las imágenes se debe cumplir con un flujo de trabajo como, acceder a los datos de las imágenes, exploración y descubrimiento y aplicación. Al recopilar imágenes, puede determinar cuándo circulan por la carretera vehículos de emergencia como ambulancias, patrullas y bomberos y tomar las mejores decisiones sobre el control de los semáforos mediante el uso de algoritmos. El algoritmo puede ser modificado y mejorado a partir de las necesidades del sistema (Chávez, 2015)

### **Análisis del flujo de tráfico**

El análisis del flujo de tráfico implica recopilar y examinar datos sobre el movimiento de los vehículos a lo largo de la carretera. Este análisis se centra en variables como la velocidad, el volumen, la velocidad del vehículo y el tiempo de viaje. Según (EL UNIVERSO, 2023) aproximadamente 87.000 vehículos ingresan al cantón Rumiñahui de los cuales se estima que entre el 36%-40% de estos circulan por la vía de estudio lo que produce frecuentemente atascos viales y por lo cual es necesario una implementación tecnológica que mejore la situación vehicular de la zona. (Chávez, 2015).

Las tecnologías incluyen:

- Sensores de herramientas
- Montados en la carretera para medir el flujo y la velocidad del vehículo.

### **Modelado de tráfico**

El modelado de tráfico es una herramienta importante para comprender y predecir el comportamiento del tráfico. Los modelos matemáticos y los modelos de simulación

pueden simular diferentes situaciones y evaluar los efectos de varios métodos de gestión del tráfico. (Chávez, 2015).

Los modelos más utilizados incluyen:

- **Uso de luces inteligentes:** La idea de las luces inteligentes se basa en la capacidad de estos sistemas de adaptarse a las condiciones del tráfico. Los componentes principales incluyen sensores y cámaras las mismas que registra datos de tráfico al momento de prevenir conflictos. (Chávez, 2015).
- **Sincronización de semáforos:** La sincronización de semáforos es un proceso de sincronización de múltiples cambios de semáforos en una carretera determinada para reducir las paradas y retrasos. Esto se hace ajustando el tiempo de las luces verdes, amarillas y rojas a medida que avanza la carrera. (Chávez, 2015).
- **Acciones clave Dar prioridad al uso de ciertos vehículos,** como el transporte público y los vehículos de emergencia, puede hacer que el transporte sea más eficiente. Los faros de un automóvil inteligente pueden incluir esta funcionalidad, utilizando sensores que detectan estos automóviles y ajustan el ciclo de luz en consecuencia. (Chávez, 2015).

### **Descripción del área de estudio**

El área de estudio se extiende desde la Av. General Enríquez en el área de River Mall hasta la Av. Calderón en el área del Monumento La Resistencia. Esta es una carretera con mucho tráfico, especialmente durante las horas pico. Puesto que la zona está compuesta por varias cuadras de vivienda y cuenta con la presencia de Centro comerciales, comercio ambulante, y que es una de las carreteras principales de la ciudad hace que su circulación por la zona en horas pico sea complicada y el tráfico muy poco dinámico, dado, que la densidad vehicular sobrepasa la capacidad vial en la zona, generando grandes filas de vehículos dando así origen a embotellamientos y estancamientos vehiculares. Cabe recalcar que habitualmente se encuentra en la vía carros estacionados de manera irregular y en lugares no permitidos, lo que hacen que el estancamiento vehicular sea más regular. (Salgado, 2024)

### **Sugerencias de mejora**

El uso del alumbrado público incluirá, Instalación periódica de sensores y cámaras. Sincronización de iluminación. La estrategia se basa en el análisis del tráfico y el uso de tecnología para controlar el flujo del tráfico. Se necesitan ideas teóricas, prácticas y la participación ciudadana y el compromiso de las autoridades públicas para poder llevar a cabo un mejoramiento de tráfico vehicular, pues no solo depende un sistema integral y automatizado de semaforización, sino con el respeto y cumplimiento de las nuevas estrategias en beneficio de la sociedad. (Chávez, 2015).

## CAPITULO III

### **Metodología**

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer un sistema de semáforos inteligentes que agilicen la movilidad vehicular en la Av. hasta la Av. Calderón sector del Monumento a La Resistencia, por medio de diferentes técnicas de investigación que a partir de los datos obtenidos y su evaluación nos permita optimizar la movilidad vehicular

### **Tipos de investigación**

#### **a) Investigación Bibliográfica**

Es la que revisa de fuentes primarias (tesis, trabajos de investigación, planes, sitios en Internet), en proyectos finales con el fin de conocer distintos enfoques, teorías o definiciones. (Instituciones sld.cu, 2020)

Este tipo de investigación se emplea para validar información en investigaciones anteriores para identificar las posibles causas sobre el aturdimiento vehicular y a su vez propuestas que ayude agilizar la investigación para proponer un sistema de semaforización ágil (Instituciones sld.cu, 2020)

#### **b) Investigación Descriptiva**

Es el procedimiento usado en ciencia para describir las características del fenómeno, sujeto o población a estudiar. (Martinez, 2018)

- Este tipo de investigación se utilizará para poder identificar las consecuencias del tráfico vehicular en la zona indicada. (Martinez, 2018)

### **Métodos de investigación**

#### **a) Método deductivo**

Es un método de razonamiento que nos permite tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. (Bernal, 2006).

- Por medio de este método se sustentan los resultados y análisis a partir de las investigaciones empleadas, que así se puedan otorgar las conclusiones a la investigación planteada. (Bernal, 2006).

### **c) Método Analítico**

Este método de investigación es un proceso cognoscitivo que se basa en desmontar un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para poder estudiarlas de forma individual. (Martinez, 2018)

- Por medio de este método se analiza las diferentes causas y posibles soluciones a la problemática encontrada para la descongestión vehicular y partir de los datos obtenidos analizar los tiempos de para de semáforo a semáforo, la distancia, la frecuencia con la que los semáforos deberían cambiar de color a color e interpretar las diferentes variables. (Martinez, 2018)

## **Técnicas de investigación**

### **a) Observación**

Esta técnica de investigación consiste en observar fijamente el fenómeno propuesto a estudiar, la misma se usó con el fin de identificar las causas sociales, económicas, ambientales que el estrés vehicular que se provoca. Es importante mencionar que a partir de la observación propia de este hecho podremos obtener diferentes tipos de información relevante que ayude a la investigación. (Martinez, 2018)

## CAPITULO IV

### Conclusión

- La optimización del flujo vehicular en Sangolquí mediante la implementación de semáforos inteligentes promete mejorar significativamente la eficiencia del transporte y reducir la congestión vehicular y humana optimizando hasta un 28% los tiempos de espera en cada semáforo dando así, más dinamismo a la circulación de transporte de manera tecnológica.
- Se tomó en cuenta el tráfico vehicular en horas pico a través de conteo automático y manual para desarrollar un sistema de semaforización adaptable para resolver las necesidades viales del sector en cuanto a circulación automotrices se refiere.
- La ventaja de adoptar una semaforización inteligente da como resultado en una disminución del 6.8% de contaminación ambiental, lo cual representa una inversión necesaria a favor de la comunidad y transeúntes del sector, haciendo que su adaptación a este tipo de solución tecnológica sea necesaria y útil desde todo punto de vista, económico, social y ambiental
- Por medio de la presente investigación se apuntó de manera directa al mejoramiento del flujo vehicular, pero desde el punto social también representa un beneficio a todo tipo de persona puesto que la tecnología ofrece dar agilidad al tránsito humano mientras haya ausencia de vehículos acortando los tiempos de espera para cruzar las vías si así el tráfico de automotrices lo permita y la seguridad de los peatones no se vea afectada.
- La sociedad y la comunidad del sector es un factor muy importante a la hora de adoptar nuevas tecnologías para acoplarse de manera ágil y participativa a estas nuevas reformas necesarias

### Recomendación

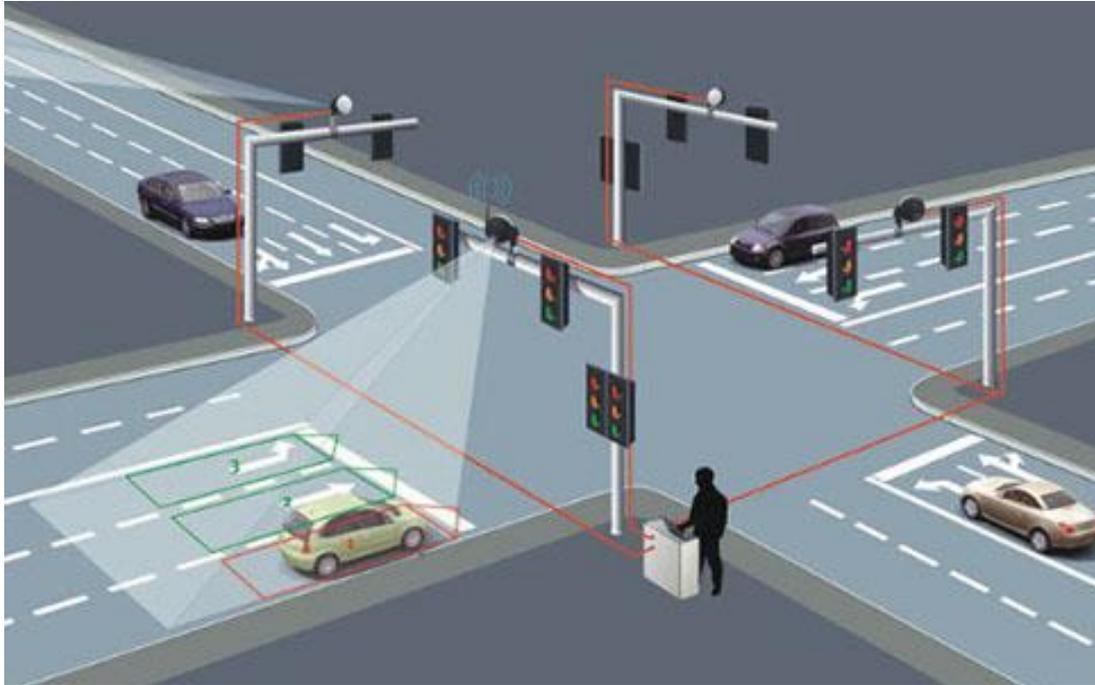
- Si bien es cierto el acoplar de nuevas tecnologías es necesaria y establece ventajas comprobables a reducir el tiempo de espera, es recomendable hacer un análisis de

todo el ecosistema de movilidad como las paradas de buses, el comercio ilegal, para obtener los resultados esperados.

- Debe hacerse con absoluta precisión los estudios para poder adaptar a la sociedad de manera oportuna este tipo de tecnologías y que la sociedad sea parte activa de este tipo de propuestas
- Es importante identificar y asegurar el beneficio a las personas con algún tipo de discapacidad promoviendo su bienestar y la inclusión en este tipo de proyectos de nivel social y tecnológico
- Los entes reguladores de tráfico vehicular a más de contar con modelos de semaforización que ayuden a reducir la congestión vehicular deben realizar campañas de concientización a los conductores para que hagan uso adecuado de sus automotores con la finalidad de tener el beneficio en la calidad de vida de las personas y medio ambiente
- Los avances tecnológicos sobre comunicaciones van creciendo día a día y las aplicaciones móviles toman mayor importancia dentro del desarrollo por tanto se recomienda estar con tanta actualización con estos avances para proponer soluciones eficientes de comunicación móvil y a los proyectos que se desarrollan con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas

## CAPITULO V

### La propuesta



OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO EN LA “AV. GENERAL ENRÍQUEZ SECTOR  
REDONDEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERÓN SECTOR DEL  
MONUMENTO A LA RESISTENCIA” POR MEDIO DE LA SEMAFORIZACIÓN  
INTELIGENTE MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI

2024

# PROPUESTA OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO EN LA “AV. GENERAL ENRÍQUEZ SECTOR REDONDEL RIVER MALL HASTA LA AV. CALDERÓN SECTOR DEL MONUMENTO A LA RESISTENCIA” POR MEDIO DE LA SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

## **Introducción**

El crecimiento del cantón Rumiñahui de forma espacial y poblacional más la relación estrecha de empleo y movilización con Quito ha permitido el desarrollo unánime de estos dos cantones de manera social, cultural y económica. Al mismo tiempo esta interdependencia entre cantones ha desarrollado de manera inapropiada el crecimiento exponencial del flujo vehicular y por ende el desarrollo de ciertos problemas de tráfico involucrando directamente a la Av. General Enríquez ya que siendo ésta una de las arterias principales del cantón Rumiñahui que conecta con Quito se ve expuesta a diario a diferentes embotellamientos vehiculares y mucho más en las horas pico donde la movilidad es realmente un reto por la cantidad de usuarios en las vías las cuales necesitan una solución tecnológica e inteligente para mejorar las condiciones de tráfico de los automotores.

El transporte es una fuente de desarrollo económico, puesto que una movilidad urbana efectiva y eficiente es un elemento crucial para el desarrollo y la calidad de vida de una comunidad. En este contexto. La necesidad de evaluar a fondo este sistema y proponer mejoras concretas es de suma importancia puesto que es necesario para garantizar un entorno urbano que no solo sea funcional, garantizando sostenibilidad y orientación bienestar de sus habitantes. La congestión del tráfico, la falta de puntualidad, la accesibilidad limitada y otras deficiencias en el transporte público han impactado negativamente en la experiencia de los ciudadanos, afectando su calidad de vida y generando preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo. (Litardo. E, 2024)

Por medio de la investigación presente se encuentra que alrededor del mundo la semaforización inteligente con más impacto es la que trabaja de manera activa con sensores de imagen, la misma que capta la información en tiempo real y por medio de software agiliza, optimiza y regula los tiempos de semaforización para obtener como resultado un tráfico más dinámico. La parte negativa de la aplicación de este tipo de

semaforización es el coste, puesto que al ser unos de los más efectivos también es uno de los más costosos en el mercado.

### **Objetivos**

- **Objetivo general**  
Indicar de manera bibliográfica el sistema inteligente de semaforización más funcional adaptable a la zona indicada al proyecto
- **Objetivo específico**  
Realizar la evaluación de datos obtenidos según el conteo del tráfico  
Realizar un análisis del sistema inteligente de semaforización recomendado  
Establecer la relación beneficio- precio de la implantación presentada.

### **Fundamentación científica**

De acuerdo con (Suntaxi. A, 2021) Teniendo en cuenta el incremento del parque automotor se han dado diferentes soluciones a esta avenida de alto tráfico vehicular, con trabajos de mejoramiento en estos últimos años para el progreso de la población del Cantón Rumiñahui, la misma que, según el Censo INEC, 2010 presenta una población total de 85.852 habitantes, en consecuencia, se estima que el crecimiento demográfico para este año tenga un valor aproximadamente de 115.891 habitantes con una tasa de crecimiento del 3% anual. Por otro lado, la tasa de crecimiento vehicular promedio en el cantón Rumiñahui es de 6.30% para vehículos livianos, 2.54% para buses, y 3.76% para camiones. Por la densidad del tráfico en horas picos el promedio de velocidad en la que se transportan los automotores es de 17.3-20.8 km/h. (pág,18)

### **Respaldo jurídico**

El transporte terrestre de personas y bienes es un servicio esencial que responde a las condiciones de: RESPONSABILIDAD. - Es responsabilidad del Estado generar las políticas, regulaciones y controles necesarios para propiciar el cumplimiento, por parte de los usuarios y operadores del transporte terrestre, de lo establecido en la Ley, los reglamentos y normas técnicas aplicables. (REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2012)

UNIVERSALIDAD. - El Estado garantizará el acceso al servicio de transporte terrestre, sin distinción de ninguna naturaleza, conforme a lo establecido en la Constitución de la República y las leyes pertinentes (REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2012)

ACCESIBILIDAD. - Es el derecho que tienen los ciudadanos a su movilización y de sus bienes, debiendo por consiguiente todo el sistema de transporte en general responder a este fin. COMODIDAD. - Constituye parte del nivel de servicio que las operadoras de transporte terrestre de pasajeros y bienes deberán cumplir y acreditar, de conformidad a las normas, reglamentos técnicos y homologaciones que para cada modalidad y sistema de servicio estuvieren establecidas por la Agencia Nacional de Tránsito. (REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2012)

SEGURIDAD. - El Estado garantizará la eficiente movilidad de transporte de pasajeros y bienes, mediante una infraestructura vial y de servicios adecuada, que permita a los operadores a su vez, garantizar la integridad física de los usuarios y de los bienes transportados respetando las regulaciones pertinentes. (REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2012)

**Tabla 1: Promedio de velocidades por tramos**

Tramo	Velocidad Promedio (Km/hora)	Velocidad Neta Promedio (Km/hora)
Marín - Trébol	13.21	11.79
Trébol - Peaje	32.77	28.60
Peaje - Triángulo	34.11	29.72
Triángulo - ESPE	14.7	9.5
ESPE - Choclo	33.0	23.2
Triángulo - River Mall	20.8	17.3
River Mall - Choclo	9.6	6.9
Choclo(por autopista Rumiñahui) - Y DANEC	31.8	28.2
Choclo(por calle Shirys) - Y DANEC	43.6	35.4
Colibrí - Y DANEC	50.6	38.4
Y DANEC - Entrada Balbina	39.6	29.6

**Fuente:** (Carrillo., 2013)

Por tanto, es necesario implementar alternativas que ayuden al dinamismo y la agilidad del tráfico sin poner en riesgo el factor humano presente en la zona. Sin bien es cierto no

solo depende del sistema de semaforización puesto que el comercio, las condiciones viales, y la capacidad vehicular por la cantidad de automotores son algunos de los factores que hacen del tráfico en esta zona una problemática más amplia.

### **Semaforización Inteligente por imágenes**

Los sistemas de señales de tráfico por imágenes hacen que, aunque el algoritmo sea complejo de desarrollar, permita adaptar el sistema a los requisitos de la aplicación y mejorarlo en cualquier momento. Se han desarrollado varios programas de software con herramientas que facilitan este trabajo. Al adquirir imágenes, es posible determinar cuándo están en la carretera vehículos de emergencia como ambulancias, patrullas y camiones de bomberos, y tomar decisiones óptimas sobre el control de la fase del semáforo mediante algoritmos. El algoritmo puede ser modificado y mejorado a partir de las necesidades del sistema (Chávez, 2015). El procesamiento digital de imágenes es una rama de la electrónica que permiten mejorar la calidad de una imagen para la percepción del ojo humano, y permite extraer información de la misma para su posterior aplicación. Para procesar una imagen es necesario que la misma al ser capturada como una señal física (luz), para la recopilación de datos por imágenes y dependiendo de la luminosidad hay diferentes softwares como: (Chávez, 2015).

- Matlab
- LabVIEW
- OpenCV
- Octave

Los mismos que transmiten la información de manera ágil al sistema para poder accionar y regular los tiempos de espera de los semáforos y agilizar el tráfico vehicular y optimizar el flujo humano. Los semáforos inteligentes utilizan algoritmos informáticos y procesamiento óptico de datos para generar información como velocidad, distancia o distancia entre vehículos, ubicación de vehículos, etc. Utilizando algoritmos informáticos y procesamiento de datos ópticos, los semáforos se programan automáticamente. (Chávez, 2015).

### **Lectura o procesamiento de imágenes**

El procesamiento digital de imágenes es una rama de la electrónica que permiten mejorar la calidad de una imagen para la percepción del ojo humano, y permite extraer información de la misma para su posterior aplicación. Para procesar una imagen es necesario que la misma al ser capturada como una señal física (luz) sea transformada a una señal eléctrica es decir como una imagen digital. El procesamiento de imágenes se encuentra ligado a los siguientes conceptos. (Chávez, 2015), la lectura de imágenes por colores se realiza por medio de :

- Modo monocromático: Descripción de la imagen entre colores blanco y negro
- Modo escala de grises: Puedes distinguir hasta 256 tonos de colores entre el blanco y negro (Chávez, 2015).
- Modo RGB: Este modo representa a la imagen con 3 canales, Rojo (R), Verde (G) y Azul (B)-RGB, cada píxel puede elegir entre 256 colores. En tipo de imagen se la representa en tres matrices. De esta combinación de los tres colores primarios se pueden obtener hasta 16,7 millones (Chávez, 2015)

### **Segmentación de una imagen**

Este proceso le permite encontrar objetos que aparecen en el entorno probado y clasificarlos entre sí. Con buenas capacidades de segmentación, esto hará que el procesamiento de imágenes sea más eficiente, es decir, el filtrado, la extracción de características y otras operaciones morfológicas se pueden realizar de forma independiente para cada objeto presente en la imagen. (Chávez, 2015).

La segmentación se basa en tres conceptos:

- Similitud: Los píxeles pueden contener valores parecidos con respecto alguna propiedad determinada.
- Discontinuidad: Los objetos en un entorno se diferencian del mismo ya que contienen puntos aislados, líneas y aristas.
- Conectividad: Los píxeles que forman una región o imagen se agrupan es decir se conectan para formar una región homogénea

De la misma manera existen tres procedimientos como el: umbral, por regiones y bordes y contornos. Estos realizan a través de algoritmos matemáticos que proporcionan información que facilita la toma de decisiones. (Chávez, 2015).

## **Metodología**

La investigación y métodos y modelos para recopilar información y aprovechar sus técnicas nos permitieron trabajar de la siguiente manera. Según (Cadena-Iñiguez, 2017) establece que el método cuantitativo es aquella donde se recogen datos y se analizan, es decir, se utilizan estrategias de obtención y procesamiento de información que emplean magnitudes numéricas y técnicas formales y/o estadísticas para llevar a cabo su análisis.(pág,26)

**Investigación Bibliográfica:** Para la realización de este presente proyecto se adquirió información en, tesis, manuales, revistas científicas, libros digitales y el internet como recurso principal para sustraer informaciones más profundas a problemas similares de semáforos inteligente, adquiriendo y recopilando información que fue usada como soporte teórico de esta investigación (Delgado, 2022).

**Procesamiento y Análisis de datos:** La información consultada tanto en libros y en Internet fue analizada y ordenada de forma objetiva para el desarrollo del diseño de semáforos inteligente y del informe final. De la misma forma fue analizada para tomar decisiones y proponer el mejor sistema de semaforización inteligente (Delgado, 2022).

### **Técnicas**

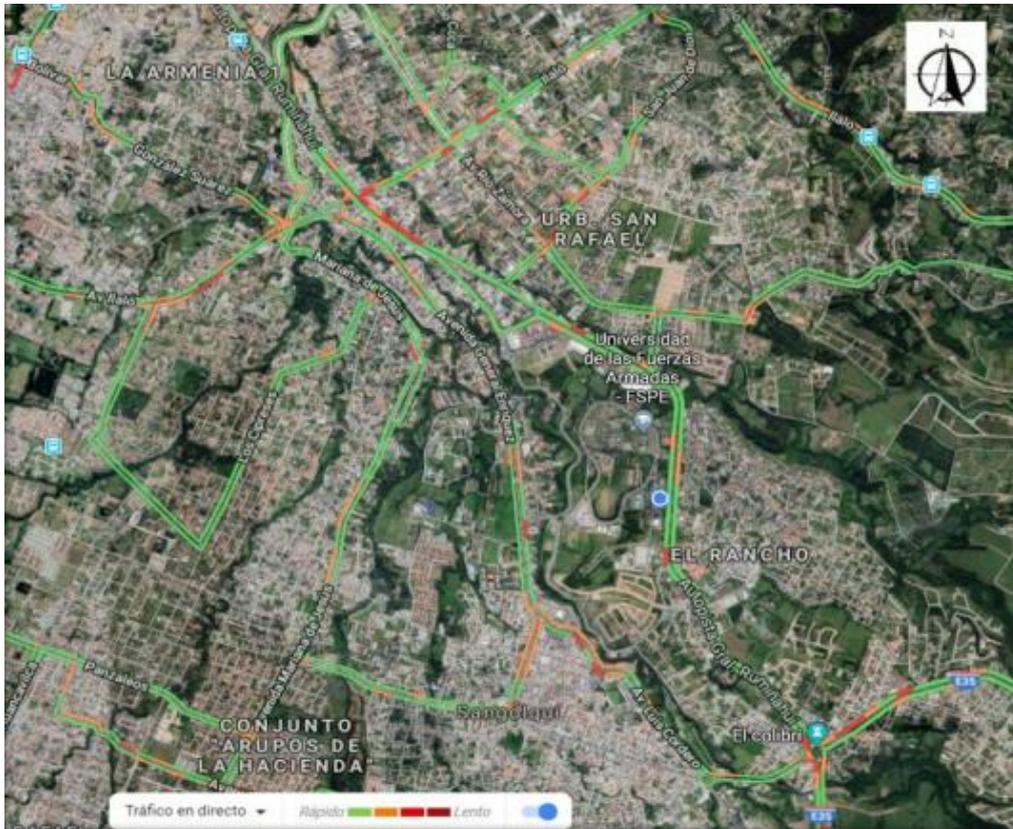
Las técnicas que se utilizaron para el desarrollo del proyecto de investigación fueron las que se consideraron factibles y viables para obtener información concreta en la interpretación de análisis de resultados. (Delgado, 2022).

**Observación:** se pudo observar de manera directa la situación actual de los semáforos instalados en la zona y el tráfico, además mediante esta técnica se observó los horarios en que se generan las horas picos dentro de la avenida mencionada (Delgado, 2022).

## Estudio y conteo vehicular

AV. General Enríquez sector redondel River Mall hasta la Av. Calderón sector del Monumento a La Resistencia”

*Ilustración 4: Imagen de la red vial satelital del cantón Rumiñahui*



**Elaborado por: Imagen satelital Google Maps**

En Av. General Enríquez sector redondel River Mall hasta la Av. Calderón sector del Monumento a La Resistencia” en todas sus extensiones encontramos la presencia de comercio informal, un redondel que ayuda agilizar el tráfico tenemos la presencia de diferentes entradas o bocacalles como conexión vehicular y de igual forma la presencia de semáforos basada en esto se realizó una lectura automática del flujo vehicular (Delgado, 2022).

**Tabla 2: Tráfico vehicular en la Av. General Enríquez Sur - Norte**

<b>CONTEO AUTOMÁTICO 2 AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b>				
<b>Ubicación</b>	A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte			
<b>Sentido</b>	Sur - Norte		Nº Carriles	2
<b>Hora</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
0	78	94	219	233
1	57	58	178	189
2	40	41	164	153
3	53	50	120	122
4	82	71	122	124
5	335	350	201	178
6	772	705	326	338
7	858	804	568	535
8	830	841	623	582
9	810	811	783	756
10	894	961	963	905
11	1049	1080	958	915
12	1021	1025	1011	995
13	1020	974	943	895
14	942	991	849	811
15	999	1013	760	733
16	1062	949	799	765
17	1018	985	763	723
18	938	732	725	670
19	857	803	727	677
20	607	650	550	402
21	497	556	409	314
22	357	396	194	160
23	214	232	143	107
<b>Total</b>	<b>15390</b>	<b>15172</b>	<b>13098</b>	<b>12282</b>

**Fuente:** (Suntaxi. A, 2021)

Según los datos obtenidos podemos diferenciar que los días con mas flujo vehicular son los sábados y domingos durante las primeras horas de la madrugada, sin embargo, es notable el pico vehicular que sobre pasa los 900 vehículos que se movilizan por la zona los días jueves y viernes en las horas consideras pico desde las 11:00am hasta 18:00 en el sentido Sur -Norte donde la densidad de tráfico es abrupta.

**Tabla 3: Tráfico vehicular Av. General Enríquez Norte- Sur**

<b>CONTEO AUTOMÁTICO I AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b>				
<b>Ubicación</b> A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte				
<b>Sentido</b>	<b>Norte - Sur</b>		<b>Nº Carriles</b> 2	
<b>Hora</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
0	138	121	297	312
1	79	64	263	263
2	62	39	302	270
3	55	45	188	173
4	110	89	151	128
5	319	251	274	247
6	672	560	499	483
7	914	791	625	608
8	988	781	789	762
9	1015	737	903	877
10	1033	733	914	853
11	1003	735	969	925
12	977	726	938	894
13	1043	727	888	864
14	857	703	806	781
15	892	762	782	750
16	923	736	763	726
17	913	638	718	663
18	839	644	689	652
19	785	615	613	540
20	836	537	574	508
21	765	517	477	417
22	678	437	240	193
23	479	296	185	136
<b>Total</b>	<b>16375</b>	<b>12284</b>	<b>13847</b>	<b>13025</b>

**Fuente:** (Suntaxi. A, 2021)

Según los datos obtenidos podemos diferenciar que los días con más flujo vehicular son los sábados y domingos durante las primeras horas de la madrugada, sin embargo, es notable el pico vehicular que sobre pasa los 900 vehículos que se movilizan por la zona los días jueves y viernes en las horas consideras pico desde las 07:00am hasta 13:00pm donde la densidad de tráfico es abrupta.

**Tabla 4: Clasificación del tráfico vehicular en la Av. General Enríquez sentido Sur-Norte**

Tipo de Vehículo	Días				Total	Tráfico Promedio Diario
	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
<b>Moto</b>	584	532	441	340	1897	474
<b>Liviano</b>	13562	13431	11711	11088	49792	12448
<b>Bus</b>	602	576	491	475	2144	536
<b>Camión</b>	114	109	42	41	306	77
<b>Pesados</b>	528	524	413	338	1803	451
<b>Total</b>	15390	15172	13098	12282	<b>55942</b>	<b>13986</b>

Fuente: (Suntaxi. A, 2021)

**Tabla 5: Clasificación del tráfico vehicular en la Av. General Enríquez sentido Norte- Sur**

Tipo de Vehículo	Días				Total	Tráfico Promedio Diario
	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
<b>Moto</b>	640	376	500	419	1935	484
<b>Liviano</b>	14353	10894	12380	11716	49343	12336
<b>Bus</b>	760	601	573	561	2495	624
<b>Camión</b>	144	114	49	48	355	89
<b>Pesados</b>	478	299	345	281	1403	351
<b>Total</b>	16375	12284	13847	13025	<b>55531</b>	<b>13884</b>

Fuente: (Suntaxi. A, 2021)

En la tabla 4 y 5 encontramos como factor común que usuarios de vehículos livianos son los que más ocupan la avenida y que en los dos sentidos la afluencia de vehículos tiene una proximidad promedio de 14.000 automotores siendo los días entre semana con más tráfico y los días domingos con menos densidad vehicular

**Tabla 6: Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Oeste-Este**

Tipo de Vehículo	Días							Total	Tráfico Promedio Semanal
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Moto	266	327	333	339	339	228	228	2060	294
Liviano	9203	9522	9088	9312	9312	8924	8924	64285	9184
Bus	492	505	527	517	517	493	493	3544	506
Camión	558	562	586	572	572	250	250	3350	479
Pesados	57	70	64	71	71	45	45	423	60
<b>Total</b>	<b>10576</b>	<b>10986</b>	<b>10598</b>	<b>10811</b>	<b>10811</b>	<b>9940</b>	<b>9940</b>	<b>73662</b>	<b>10523</b>

Fuente: (Suntaxi. A, 2021)

**Tabla 7: Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Este-Oeste**

Tipo de Vehículo	Días							Total	Tráfico Promedio Semanal
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Moto	270	294	327	327	327	262	262	2069	296
Liviano	8657	8661	8682	8682	8682	7903	7903	59170	8453
Bus	533	513	520	520	520	577	577	3760	537
Camión	429	434	410	410	410	210	210	2513	359
Pesados	56	61	83	83	83	27	27	420	60
<b>Total</b>	<b>9945</b>	<b>9963</b>	<b>10022</b>	<b>10022</b>	<b>10022</b>	<b>8979</b>	<b>8979</b>	<b>67932</b>	<b>9705</b>

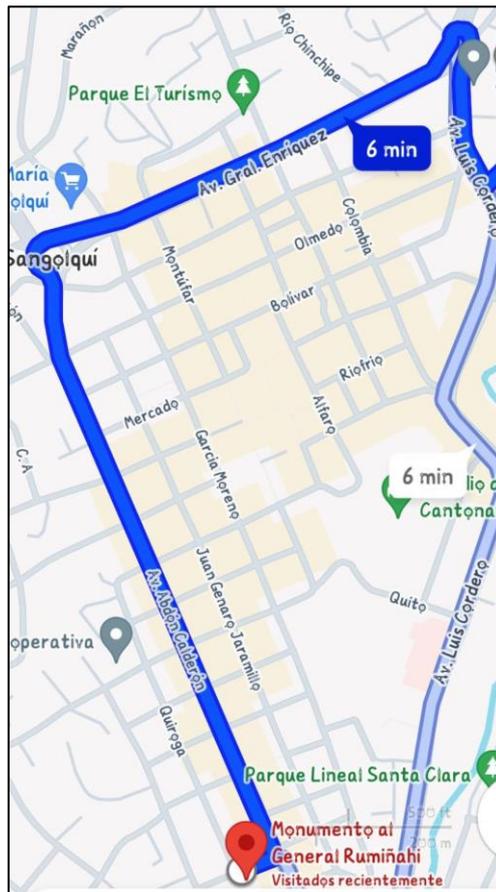
Fuente: (Suntaxi. A, 2021)

Según la información obtenida por Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui, 2016 citado por (Suntaxi. A, 2021) tanto en la tabla 6 y 7 podemos encontrar que en la Av. Abdón Calderón los principales usuarios de la misma se movilizan en vehículos livianos durante todos los días de la semana lo que presenta también una constante en la formación de tráfico de la zona.

### Descripción de la zona de Estudio

Desde el redondel del centro comercial River mall ubicado en la Av. General Enríquez, no se encuentra ningún semáforo hasta el redondel del Santa María que está ubicado en la calle Abdón Calderón en la cual encontramos 2 semáforos, el primero ubicado en la Abdón Calderón y Rio frío y el segundo semáforo, aproximadamente 250 metros más adelante está ubicado en el sector del monumento de la Resistencia.

**Ilustración 5: Descripción de la zona de estudio**



**Fuente:** (Salgado, 2024)

**Ilustración 6: Redondel del River mall, AV. General Enríquez**



**Fuente:** (Salgado, 2024)

***Ilustración 7: Redondel del Santa María, AV. General Enríquez***



**Fuente:** (Salgado, 2024)

***Ilustración 8: Primer semáforo Av. Calderón***



**Fuente:** (Salgado, 2024)

***Ilustración 9: Segundo semáforo Av. Calderón Monumento a la Resistencia***



**Fuente:** (Salgado, 2024)

## Propuesta

**Análisis de requerimientos** Después de analizados los conceptos de semaforización inteligente mediante el procesamiento de imágenes se define qué sistema se compone de tres fases fundamentales: adquisición, procesamiento y aplicación. (Delgado, 2022).

**Adquisición:** Permite obtener la imagen de interés para su posterior procesamiento.

**Procesamiento:** Permite establecer las características de una imagen y modificarlas mediante operaciones morfológicas. (Delgado, 2022).

**Aplicación:** Aprovechar los datos obtenidos por medio del procesamiento para aplicarlos en una determinada función Para el desarrollo del sistema es necesario establecer los siguientes requerimientos (Delgado, 2022).

**Software:** Para el desarrollo del sistema se requiere software que contenga librerías para procesamiento de imágenes, fácil de usar, amigable con el usuario y además de ser capaz de comunicarse con tarjetas para adquisición de datos. (Delgado, 2022).

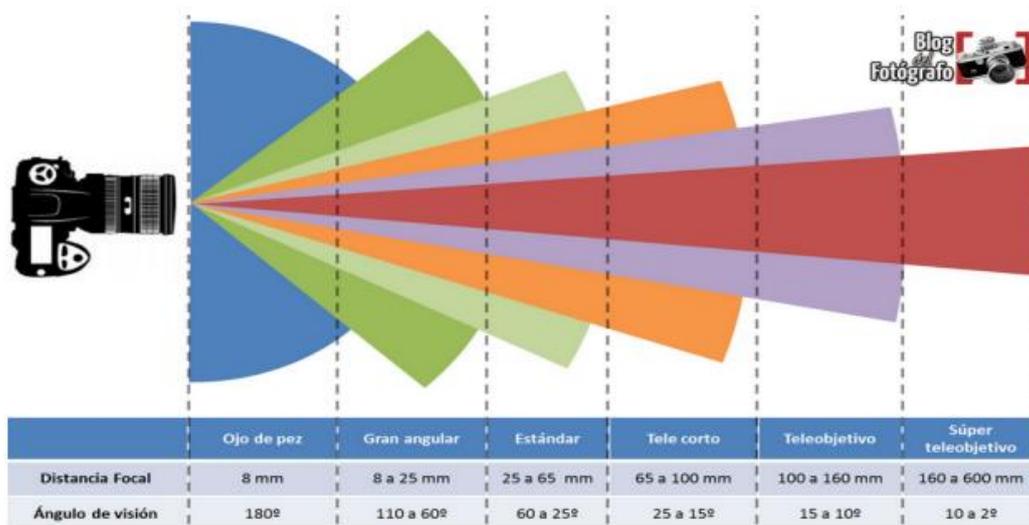
**Hardware:** Para el funcionamiento del sistema de semaforización inteligente son necesarios los siguientes dispositivos: (Delgado, 2022).

- Computador: Este debe contar con un procesador de alto nivel para el sistema trabaje en tiempo real. Debe soportar como mínimo 3 puertos usb, para conectar las cámaras y la tarjeta de adquisición. Cámaras: (Delgado, 2022).
- Las cámaras deben tener alta resolución y de preferencia ambas con las mismas características, que sean digitales y con conexión de puerto usb, de preferencia pequeñas ya que es un prototipo. (Delgado, 2022).
- Semáforos: El prototipo se enfoca en semáforos vehiculares por lo que son necesarias placas que simulen su funcionamiento es decir que contengan las tres luces: roja, ambar y verde. (Delgado, 2022).
- Tarjeta de Adquisición de Datos: Debe permitir extraer los datos del software de procesamiento de imágenes para enviarlos cada una de las entradas de los semáforos, debe contener como mínimo 6 salidas digitales y ser alimentada a través de la conexión usb. (Delgado, 2022).

**Elección del Software:** El estudio de los diferentes softwares de procesamiento de imágenes, realizados en el capítulo 2 sección 2.7. A permitido inclinarse por el uso de Matlab, debido a que: El software de MATLAB no necesita una gran capacidad de memoria. Es un software es robusto. Es un software que presenta una interface amigable para el uso estudiantil. Los toolbox de MATLAB contienen funciones y algoritmos totalmente confiables y comprobados. Acceso a seminarios en línea sin costo. Abundante información en internet para su uso. (Delgado, 2022).

**Elección de la cámara:** Para determinar las características de la cámara a utilizar se debe tomar en cuenta la distancia focal, ya que de ella depende el ángulo de visión de la cámara (Delgado, 2022).

*Ilustración 10: relación de imagen y su ángulo de visión*



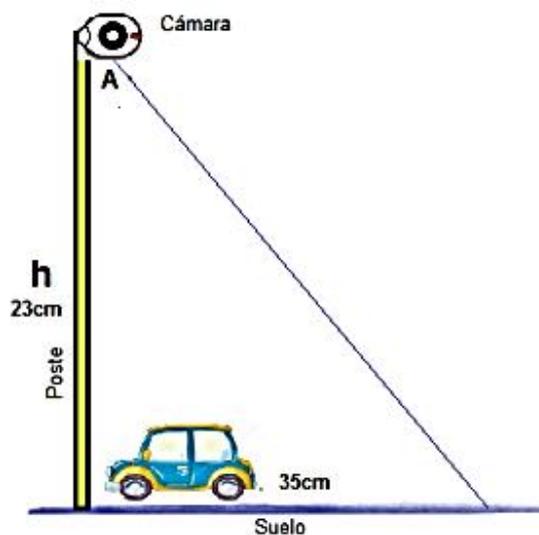
**Fuente:**(Chávez, 2015)

**Descripción del Sistema** La principal tarea del sistema de semáforo inteligente mediante procesamiento digital de imágenes es controlar el tiempo de las fases del semáforo en función del número de vehículos en la vía. El sistema consta de 3 etapas principales: recolección de datos (cámara), procesamiento (computadora) y aplicación o panel de control-Tarjeta Arduino, los semáforos y la interfaz del sistema. (Chávez, 2015)

El sistema se pone en funcionamiento al ejecutar en la interfaz, entonces las cámaras se encienden y se capturan las imágenes. Una vez adquirida las imágenes se realiza el procesamiento de las mismas con el fin de detectar el número de vehículos en ambas

calles, entonces se toma decisiones y se genera los tiempos de fases para cada uno de los semáforos, esto se realiza mediante programación en el editor de MATLAB. En la interfaz se muestra el video en tiempo real de las calles, el número de vehículos detectados y el tiempo estimado en verde para la calle y la avenida. En la figura 4.8 se muestra el diagrama de bloques del funcionamiento del sistema de semaforización inteligente mediante el procesamiento de imágenes. En el diagrama se puede apreciar las tres etapas fundamentales de un sistema de procesamiento de imágenes. (Chávez, 2015)

*Ilustración 11: relación de imagen y su ángulo de visión*



**Fuente:**(Chávez, 2015)

De acuerdo con lo citado y con lo estudiado bibliográficamente hemos podido detallar que la afluencia de vehículos en las avenidas mencionadas durante los 7 días de la semana da movilidad alrededor de 14,000 autos por día lo cual hace que el tráfico sea inminente por lo cual el sistema de semaforización inteligente sería una herramienta a beneficio de la sociedad para poder optimizar tiempos de movilización y sobre todo porque su interfaz de inteligencia y sus sensores de movimiento y cámaras permiten que este sistema sea adaptable al tráfico diario y a la hora pico presentada en la zona de estudio. (Chávez, 2015)

Mediante el análisis a la zona de estudio y a la estructura ya creada para la semaforización sería necesario implementar o modificar dos estaciones de semáforos las mismas que están ubicadas sobre la Av. Calderón

### Costos

**Tabla 8: Tabulación de costos para implantación de semáforos inteligentes**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
Controlador de Tráfico	U	2	2.400,00	4.800,00
Radio de RF 900Mhz TX/RX	U	2	985,00	1.970,00
Troncal RF	U	2	2.835,00	5.670,00
Software para Control de Semaforización	U	1	35.000,00	35.000,00
Centro de gestión, de control de tráfico, Ingeniería y Software de Control y gestión Administrativa	U	1	262.000,00	262.000,00
Servidores (Que permitan formar un clúster de alta disponibilidad)	U	1	12.261,00	12.261,00
Equipo para almacenamiento compartido (Storage)	U	1	14.510,00	14.510,00
Servidor IBM Controlador de dominio	U	1	2.937,00	2.937,00
Servidor para Gateway	U	1	6.528,00	6.528,00

Software para firewall	U	1	64.297,00	64.297,00
Software para virtualización	U	1	11.647,00	11.647,00
Equipamiento de sala de monitoreo	U	1	24.431,27	24.431,00
Software para servidores	U	1	9.211,00	9.211,00
Sistema de Gestión y Monitoreo	U	1	3.638,89	3.638,00
Sistema de Energía Ininterrumpida-Ups	U	1	69.651,63	69.651,00
Subtotal/Total				528.551

**Fuente:** (Salgado,2024)

Según (Carrión, 2023) en su estudio y los datos encontrados en su estudio el aproximado a invertir en el proyecto estaría estimado \$ 528,551 dólares americanos, tomando en cuenta que estos costos pueden variar a diferentes factores, como incremento de IVA.

Ahora es importante analizar el costo beneficio, si es verdad hemos detectado que es totalmente necesario un sistema de semaforización que nos ayude a dinamizar el flujo vehicular, pero de la misma manera la inversión debe ir ligada al monto y beneficio a través del mismo.

## Vocabulario

**Semáforos inteligentes:** Sistemas de control de tráfico que utilizan tecnologías como sensores, cámaras y algoritmos para controlar el tráfico de forma eficaz. Estos sistemas pueden ajustar instantáneamente el ciclo de luz según las condiciones actuales.

**Tráfico:** implica recopilar y examinar datos sobre el movimiento de los vehículos a lo largo de la carretera. Este análisis se centra en variables como la velocidad, el volumen, la velocidad del vehículo y el tiempo de viaje

**Algoritmos:** Es un conjunto de instrucciones definidas, ordenadas y acotadas para resolver un problema, realizar un cálculo o desarrollar una tarea. Es decir, un algoritmo es un procedimiento paso a paso para conseguir un fin. (PROFILE, 2020)

**Matlab:** lenguaje de alto nivel desarrollado por la empresa Mathworks que permite analizar datos, desarrollar algoritmos, modelos, aplicaciones y realizar cualquier tipo de cálculo con vectores y matrices. Adicionalmente permite mostrar gráficos en dos y tres dimensiones. Es uno de los lenguajes más empleados. (Chávez, 2015)

**Densidad vehicular:** La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito ( Capacidad de Carreteras HCM2000 , 2020)

## CAPITULO VI

### Referencias

- Capacidad de Carreteras HCM2000 . (2020). Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf>
- Bastidas Portilla, A. A. (2020). Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22367/1/T-ESPE-043702.pdf>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Chia: Pearson.
- Carrillo. (2013). Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6856/1/AC-C-ESPE-047205.pdf>
- Carrión. (2023). Obtenido de [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28385/1/Jos%c3%a9Luis\\_Carri%c3%b3nGuerra.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28385/1/Jos%c3%a9Luis_Carri%c3%b3nGuerra.pdf)
- Chávez, C. (2015). Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13061/1/Tesis\\_t1033ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13061/1/Tesis_t1033ec.pdf)
- Delgado, K. (2022). Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4756/1/Delgado%20Lopez%20Kevin%20Paul..pdf>
- EL UNIVERSO. (2023). Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/quito-autopista-ruminahui-valle-vehiculos-congestion-nota/#:~:text=Los%20trabajos%20se%20centran%20en,87.000%20autom%C3%B3viles%20por%20esa%20v%C3%ADa.>
- GADMUR. (2014). Obtenido de <https://rpmr.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/PDYOT-2014-2019.pdf>

- J. Cruz, H. Márquez, M. Novales, A. Villacis. (2018). Estudios experimentales: diseños de investigación para la evaluación de intervenciones en la clínica. *Scielo*, 1-2.
- Litardo, E. (2024). Obtenido de <file:///C:/Users/Fabricio/Downloads/G4%20Calidad%20del%20Servicio%20del%20Transporte%20Urbano.pdf>
- Martinez, C. (2018). Obtenido de <file:///C:/Users/Fabricio/Downloads/Investigaci%C3%B3n%20Descriptiva.pdf>
- Murillo, J. (16 de Agosto de 2017). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55568285/Experimental.pdf?1516241722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOS\\_DE\\_INVESTIGACION\\_DE\\_ENFOQUE\\_EXPE.pdf&Expires=1611354885&Signature=D-8qpGi9vBUGxocJe3fwwzqncyPWKGuK5TZdHY0GN8penNvSd6xepIP](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55568285/Experimental.pdf?1516241722=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOS_DE_INVESTIGACION_DE_ENFOQUE_EXPE.pdf&Expires=1611354885&Signature=D-8qpGi9vBUGxocJe3fwwzqncyPWKGuK5TZdHY0GN8penNvSd6xepIP)
- PDYOT RUMIÑAHUI. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de <https://www.ruminahui-aseo.gob.ec/wp-content/uploads/PDYOT-2020-2025.pdf>
- PROFILE. (2020). Obtenido de <https://profile.es/blog/que-es-un-algoritmo-informatico/>
- Reinoso, T. (2009). Obtenido de <file:///C:/Users/Fabricio/Downloads/CD-2316.pdf>
- Suntaxi, A. (2021). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20744/1/TTS460.pdf#page=30&zoom=100,92,244>