

## **ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CONTROL DE TRÁNSITO DE LA INTERSECCIÓN EN LA AVENIDA GARCÍA MORENO Y CALLE PEDRO CARBO, CANTÓN BABAHOYO, PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

Llamuca Auquilla- Iván Marcelo

### **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad realizar el análisis y diseño del sistema de regulación y control de tránsito de la intersección en la avenida García Moreno y calle Pedro Carbo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, con la finalidad de mejorar la movilidad, brindar accesibilidad y reducir el congestionamiento vehicular. La metodología utilizada es cuantitativa y cualitativa, con una investigación descriptiva, explicativa y de campo, el estudio y la recolección de información se realizó mediante observación directa, donde se obtuvo datos reales acerca de las características del comportamiento del tránsito, flujos vehiculares y peatonales, geometría y capacidad vial, nivel de servicio; además, se entrevistó a los especialistas del GAD municipal para obtener datos relevantes acerca de la planificación y gestión del tránsito y transporte en intersecciones que presentan altos niveles de congestionamiento. Con base en los resultados obtenidos, utilizando la metodología del HCM, se propuso implementar un sistema semafórico para mejorar el nivel de servicio, disminuyendo las demoras de vehículos que se desplazan en esta área y tiempos finales de viajes. Se concluyó que, mediante la implementación del sistema de control de tránsito propuesto, se reducirán los índices de congestionamiento y problemas relacionados con la seguridad vial en el área de estudio. Se recomienda a las autoridades competentes considerar la propuesta del estudio técnico para la planificación del tránsito y mejorar la movilidad y accesibilidad.

**Palabras clave:** Transporte, Carretera, Tráfico urbano, Ingeniería vial.

1. Docente del Instituto Tecnológico Superior Babahoyo. [illamuca@istb.edu.ec](mailto:illamuca@istb.edu.ec)

**Fecha de recepción:** 25 / 04/ 2020

**Fecha de aceptación:** 25/ 06/ 2020

# INFLUENCE OF INCREASED REALITY PROJECTS IN EDUCATIONAL CONTEXTS

## ABSTRACT

The present research project purpose is to do the design and analysis of the traffic control and regulation of the intersection in García Moreno avenue and Pedro Carbo street, Babahoyo district, Los Ríos province, with the purpose to improve the mobility, give accessibility and reduce the traffic congestion. The applied methodology is qualitative and quantitative, with a descriptive, explanatory and field research, the survey and collected data was done through direct observation, where the real data was obtained about the characteristics of traffic behavior, walker and vehicle flows, geometry and vial capability, service level, as well, it was interviewed the municipal GAD specialists to obtain relevant data about traffic and transportation management and planning which presents high overcrowding levels. In base with the obtained results, using the HCM methodology, it was proposed to implement a traffic light system to improve on the service levels, decreasing the traffic delays and the travel end times that displaces in this area. It was determined, thought the traffic control system proposed that, the overcrowding and related problems with the vial security in the study area will reduce. It is suggested to the authorities to consider the technical study recommendation to the traffic planification and, to improve the mobility and access to the district.

**Keywords:** Transport, road, urban traffic, vial engineering.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de movilizarse de manera eficiente es el principal reto para los países latinoamericanos; a través de la historia, el transporte se ha convertido en el sector con mayor desarrollo y ha evolucionado de tal manera que es indispensable para los avances económicos y sociales. La dinámica de un país se ve fortalecida por sectores estratégicos como la educación, el comercio, la agricultura y el trabajo, por lo tanto, es necesario que el tránsito y la movilidad no se vea afectado por problemas de congestión que generan demoras innecesarias en los tiempos de viaje durante el traslado de personas o mercancías. En ciudades medias, la infraestructura vial es uno de los requerimientos fundamentales para desplazarse de un lugar a otro de manera eficiente, pero su uso se ve limitado por la falta de un sistema de regulación y control de tránsito para garantizar el adecuado flujo de vehículos y peatones,

especialmente en zonas que integran un radio de acción con actividades comerciales, educativas, recreacionales e industriales, en estos lugares se originan los problemas de congestión.

En la ciudad de Babahoyo existe una problemática que afecta a los habitantes y a su libertad para movilizarse libre y adecuadamente, en la intersección ubicada en la avenida García Moreno y calle Pedro Carbo, debido al movimiento comercial, diariamente transitan grandes cantidades de vehículos y peatones, además de la presencia de comerciantes informales que obstaculizan los espacios destinados para el tránsito ciudadano; el área en mención no cuenta con un sistema o dispositivo para regular y controlar el tránsito, por lo que la congestión que se genera es alarmante.

Para dar solución a este problema es necesario diseñar e implementar, mediante un estudio técnico, un sistema que controle y regule el tránsito, que, al ser ubicado en puntos estratégicos evite embotellamientos

y garantice la libre circulación de los usuarios de las vías.

Dentro de los sistemas o modelos de regulación y control de tránsito se puede mencionar, los sistemas semafóricos, redondeles, señalización vertical y horizontal, como soluciones prácticas que deben ser diseñadas bajo parámetros técnicos y normativas vigentes en el país; dicho análisis conlleva un estudio de los flujos o corrientes vehiculares y peatonales, además de las características geométricas de las vías, ya que éstas inciden directamente en la capacidad vial, y con base en dicha información, se elige el sistema más viable y eficiente.

Como antecedente histórico se destaca que, el 9 de diciembre de 1868 se instaló el primer dispositivo de control de tránsito denominado “semáforo” en Londres diseñado por el ingeniero ferroviario John Peake Knight, accionados a mano y solo constituían una extensión mecánica del brazo del agente de tránsito. El primer semáforo eléctrico instalado en Estados Unidos tuvo lugar en 1914 en Cleveland, y en 1917 en Salt Lake City se introduce la interconexión de semáforos. En México, en 1924 se instalaron los primeros semáforos mecánicos constituidos por un tubo con dos letreros en forma de cruz, que decían ADELANTE y ALTO, y en 1932 fueron puestos en servicio los primeros semáforos eléctricos. Actualmente los sistemas semafóricos incluyendo la coordinación computarizada y la incorporación de detectores automáticos de vehículos de acuerdo a su variación hacen que cambie en forma dinámica y continua el tiempo asignado a cada acceso de las intersecciones”. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2014)

A nivel nacional, se han desarrollado un sinnúmero de proyectos, uno de los más representativos es “El diseño de una guía práctica para la implementación de un sistema semafórico en la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha”, cuya finalidad es

reducir los accidentes de tránsito en las intersecciones de tres y cuatro ramas con mayor flujo vehicular y peatonal. Mediante la utilización de aforos vehiculares y peatonales para identificar el flujo y los diferentes parámetros necesarios para su implementación en la intersección Chilibulo y Enrique Garcés y la intersección Reina Victoria y Gral. Ramón Robles. A través de programas computacionales como el SYNCHRO y AutoCAD que permite realizar planos a escala y simulaciones en tiempo real lo cual ayuda a tener mejores controles y soluciones. (Pillajo González, 2017)

Parte del estudio es el análisis de la infraestructura vial, según (Juan Rodríguez, 2016) una “intersección” es la confluencia de varias vías, por las que el tráfico se mueve en diversas direcciones, Entre los dispositivos de control están los “semáforos”, (Marcos Canepa, 2018) afirma que son también conocidos técnicamente como señales de control de tráfico, son dispositivos de señales que se sitúan en intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, y por ende, el tránsito peatonal. Para conocer el funcionamiento de este tipo de dispositivos es necesario establecer varias definiciones relacionadas a las características de la infraestructura y el comportamiento del tránsito dentro de ellas; según (Mayor y Cárdenas, 2016) la “capacidad vial” es la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una determinada vía, cuando se excede dicha capacidad se provoca la interrupción del tráfico; estrechamente ligado a la anterior definición, está el “flujo de saturación” que, según (Cárdenas & Llamuca, 2016) es un dato cuantitativo que determina capacidad ideal de vehículos que puede soportar una determinada vía o una sección de la misma.

El funcionamiento del dispositivo está dado por el “ciclo”, que es el tiempo necesario para que se complete una sucesión de indicaciones en los semáforos; mientras que la asignación de los tiempos

se realiza mediante el número de fases acorde a los flujos de máxima demanda en sus trayectorias permitidas, la “fase” es una parte del ciclo que asigna el derecho de paso a un movimiento o un conjunto de movimientos específicos siempre y cuando estos no sean conflictivos, está ligado a los intervalos que son los tiempos sucesivos de las luces del semáforo. Básicamente se realiza un estudio de “demanda” vehicular y peatonal, que es el número de usuario que pasan por la vía durante un periodo de tiempo estos pueden ser vehículos de cualquier tipo, bicicletas o peatones, la demanda es expresada en vehículos/hora.

Como medida de calidad e indicador de la eficiencia del sistema en la intersección se emplea el “análisis del nivel de servicio” que se basa en la demora media de los vehículos que son detenidos por la acción de los semáforos, estas demoras representan para los usuarios tiempo perdido en sus viajes, consumo innecesario de combustible, incomodidad y frustración de maniobrabilidad en la conducción, el análisis se realiza en períodos de 15 minutos, considerando la máxima demanda. Existen seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F siendo el nivel A el que representa las mejores condiciones operativas y circulación a flujo libre, además de libertad de velocidad y maniobrabilidad. El nivel F, muestra las peores condiciones, donde el flujo es forzado, se generan colas vehiculares y demoras excesivas.

Para automatizar los cálculos se utiliza un “simulador de tránsito” que es un programa (software) que reproduce el comportamiento de variables inherentes al tránsito vehicular y peatonal, realizando un análisis macro de la capacidad de una intersección vial.

El objetivo general del proyecto es diseñar un sistema de control y regulación del tránsito para reducir la congestión vehicular y peatonal, en la intersección de la Avenida García Moreno y calle Pedro

Carbo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos.

Para llevar a cabo el estudio es necesario diagnosticar la situación actual del comportamiento del tránsito y la infraestructura vial, realizar aforos vehiculares y peatonales, con el fin de obtener datos reales para realizar los cálculos, y, finalmente, simular el comportamiento de la intersección en el Software Synchro 9 para optimizar el ciclo de los semáforos y eficiencia de del sistema.

## **DESARROLLO**

### **METODOLOGÍA**

En el presente proyecto se utilizó la investigación con enfoque mixto con la modalidad de investigación cuantitativa, porque se realizó el análisis de los datos obtenidos a partir de conteos volumétricos (aforos), vehiculares y peatonales, los resultados nos proporcionaron las pautas necesarias para el diseño de un sistema de regulación y control de tránsito en la intersección. Además, se utilizó la investigación cualitativa, para obtener la información acerca de las causas asociadas al fenómeno de la congestión en el área de estudio, con la finalidad de adoptar una solución adecuada y eficiente.

Se utilizó el tipo de investigación descriptiva para facilitar el diagnóstico de la situación actual en cuanto al comportamiento de los flujos vehiculares y peatonales, las condiciones que prevalecientes del tránsito, de la vía y su control; de esta manera se elaboraron las técnicas adecuadas para la recolección de los datos. Se empleó la investigación de campo, para obtener la información directamente de los aforos en la intersección.

Mediante observación directa, la población y muestra para este proyecto es el área de influencia de la intersección en la Avenida García Moreno y Calle Pedro Carbo, lugar donde se obtuvo la información necesaria

en materia de volúmenes de tránsito vehicular y peatonal, características geométricas de la vía, entre otros. Para el diagnóstico se usó una ficha de observación para obtener datos de los volúmenes vehiculares de acuerdo a su trayectoria o giros permitidos (izquierdo, derecho o directo) y tipo de vehículo (livianos o pesados), volúmenes peatonales, maniobras de estacionamiento de cada brazo o aproximación y características en general del comportamiento del tránsito.

Se aplicó la técnica de la entrevista a técnicos especializados en tránsito y transporte del GAD municipal, con el propósito de obtener información relevante para la presentación del diseño del control de la intersección. Se realizó observación directa sistemática y dirigida para captar las características volumétricas de tránsito y geométricas de la vía..

## RESULTADOS

El diagrama de la intersección permite establecer el proceso para realizar correctamente los aforos vehiculares y peatonales, considerando las trayectorias permitidas en cada una de las vías estudiadas; los datos son el promedio de las corrientes vehiculares, especialmente en períodos horarios de máxima demanda para obtener información que se ajuste a la demanda real “Ilustración 1”. Las características geométricas de las vías son datos importantes para el proyecto, tanto como el aforo, ya que de éstas depende que se reduzca o incremente la capacidad vial “Tabla 1”.

**Ilustración 1.** Diagrama de la intersección



Fuente: Google maps

**Tabla 1.** Geometría de la vía

Avenida/ Calle	Ancho de vía	Ancho de carril	Cuneta	Acera
Av. García Moreno	13,6 m	6,80 m	0,70 m	2,28 m
Calle Pedro Carbo	14,64 m	7,32 m	0,60 m	2,00 m

**Elaborado por:** Equipo de investigación

Los aforos vehiculares y peatonales se realizan durante períodos horarios de máxima demanda, como se indica en la “Tabla 2”, comúnmente denominados “horas pico”, debido a que se requiere datos de la mayor demanda ajustada a la capacidad real de la intersección, los conteos se llevan a cabo dos días típicos y un día atípico, es decir, los días en que el comportamiento del tránsito, así como las actividades que se desarrollan en torno al área de estudio, son regulares o irregulares.

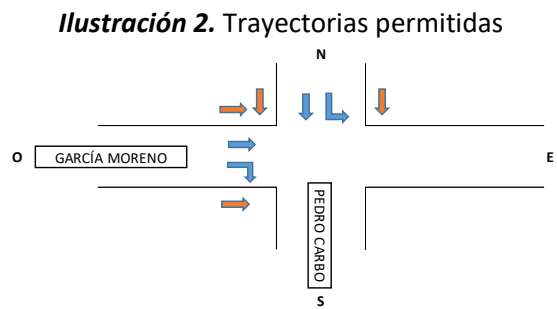
**Tabla 2.** Aforo vehicular en PHMD

PHMD	Jueves	Lunes	Domingo
06:30-			
07:30	196	86	193
07:30-			
08:30	234	170	218
12:30-			
13:30	275	304	284
13:30:14:3			
0	242	219	230
17:30:18:3			
0	345	138	381
18:30:19:3			
0	299	119	290

**Elaborado por:** Equipo de investigación

vehículos livianos, pesados y motocicletas)

Además, las trayectorias o giros permitidos según la jerarquía de las vías, proporcionan una clara idea de las corrientes vehiculares y peatonales que atraviesan la intersección, tal como se muestra en la “Ilustración 2”, la vía principal, García Moreno, posee dos movimientos permitidos, directo O-E y giro derecho O-S, mientras que la secundaria también posee dos movimientos, directo N-S y giro izquierdo N-E.



Fuente: Equipo de investigación

Realizado el levantamiento de información, se analiza si la intersección y los patrones de flujo cumplen las condiciones para implementar un sistema semafórico con los criterios técnicos necesarios.

**DISCUSIÓN DE RESULTADOS:**

Para realizar la simulación de la intersección, se obtuvo el promedio de los vehículos que atraviesan la intersección, como se muestra en la “Tabla 3”, priorizando los flujos con mayor demanda que son los datos que determinan los tiempos del sistema semafórico.

Cabe destacar que el aforo fue minuciosamente analizado de acuerdo a la tipología de vehículos (presencia de

**DISCUSIÓN**

**Tabla 3.** Aforo vehicular total

PHMD	SECUNDARIA		PRINCIPAL	
	Pedro Carbo		García Moreno	
	N-S	N-E	O-E	O-S
DÍA 1	162	121	659	119
DÍA 2	121	82	390	97
DÍA 3	189	139	595	141

Elaborado por: Equipo de investigación

Durante los períodos horarios de máxima demanda el movimiento vehicular y peatonal crece aceleradamente generando congestión, es decir la demanda vehicular supera la capacidad vial; al no contar con un sistema de control, las demoras ocasionadas producen retrasos y riesgo de accidentes.

Una vez determinados los promedios de los flujos, “Tabla 4”, se ingresan los datos al software Synchro 9 para que ejecute la simulación de la intersección.

**Tabla 4.** Promedio de flujos vehiculares y peatonales

PHMD	SECUNDARIA		PRINCIPAL	
	Pedro Carbo		García Moreno	
	N-S	N-E	O-E	O-S
DÍA 1	282		778	
DÍA 2	203		488	

DÍA 3	328	736
TOTAL	813	2002
<b>PROMEDIO</b>	271	<b>667</b>
PEATONES	<b>161</b>	<b>299</b>

**Elaborado por:** Equipo de investigación

La intersección cumple con dos de los requisitos mínimos establecidos en el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 para implementar un sistema semafórico.

- Requisito 1: Intensidad mínima

**Tabla 5.** Intensidad mínima

NÚMERO DE CARRILES POR ACCESO		INTENSIDAD VEH/H	INTENSIDAD VEH/H
Vía principal	Vía secundaria	AMBOS SENTIDOS	SENTIDO MAS CARGADO
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

**Fuente:** Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004

Cumple con el requisito 1, porque la vía principal García Moreno tiene un promedio de 667 vehículos/hora.


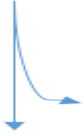
- Norma 2: Volúmenes peatonales

Cumple con el requisito 2, ya que el mínimo de peatones es de 150 por hora en cualquiera de los accesos o aproximaciones de la intersección.

Los datos ingresados al software simulador de tránsito son; promedio de flujos vehiculares y peatonales, maniobras de estacionamientos, porcentaje de vehículos pesados, promedio de presencia de buses por hora.

El software automatiza los cálculos del ciclo semafórico, utilizando la metodología del HCM (Highway Capacity Manual), por cada fase proporciona los tiempos de verde efectivo, ámbar y todo rojo. En la “Ilustración 3”, se muestra el diagrama de fases propuesto:

**Ilustración 3.** Diagrama de fases

FAS E	Avenida/Calle	Sentidos	Fase
Fase 1	García Moreno	O – E y O - S	
Fase 2	Pedro Carbo	N – S y N- E	

**Fuente:** Equipo de investigación

El software optimiza los tiempos de cada fase semafórica considerando los aspectos relacionados a las condiciones prevalecientes, tanto de tránsito, geometría de la vía y sistema de control; genera un reporte con todos los datos del funcionamiento del sistema.

A continuación, en la “Tabla 6” se muestra el diseño de fases semafóricas propuesto junto con el ciclo optimizado en Synchro 9.

**Tabla 6.** Diseño de fases y ciclo optimizado

FASE	VERDE	ÁMBAR	ROJO	CICLO
Fase 1	31,5	3,5	15	50
Fase 2	25,5	3,5	21	50



**Elaborado por:** Equipo de investigación

La versatilidad del uso del simulador radica en que los cálculos son generados automáticamente, además de proporcionar el análisis del nivel de servicio de la intersección y la demora media que se genera en cada una de las vías del estudio.

**Ilustración 4.** Nivel de servicio



**Fuente:** Simulador de tránsito Synchro 9

La intersección se encuentra en un nivel de servicio tipo “B”, lo que representa las condiciones operativas de la vía y se encuentra dentro de un rango de flujo estable, con una demora media 18 segundos de tiempo de espera de los vehículos para atravesar la intersección.

## CONCLUSIÓN

La etapa de diagnóstico permitió conocer los aspectos que definen las deficiencias del comportamiento del tránsito en el área de estudio; demoras debido al flujo discontinuo, riesgo de accidentes, malos hábitos de conducción, falta de señalización vertical y horizontal, además de la presencia comercio informal obstaculizando el libre tránsito lo que

provoca la reducción de la capacidad de la infraestructura vial.

Los aforos se los realizaron durante días típicos y atípicos, con la finalidad de obtener el un promedio de flujos vehiculares y peatonales que se aproximen a la capacidad real del tránsito en la intersección, en la vía principal, García Moreno, circulan un promedio de 667 vehículos/hora, en la secundaria circulan alrededor de 271 vehículos/hora; mientras que los flujos peatonales son 299 y 161 peatones/hora respectivamente.

Dado que los volúmenes vehiculares y peatonales que transitan en la intersección cumplen con los parámetros mínimos recomendados por el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 para instalar un sistema semafórico, se propone adaptarlo bajo normativa técnica y optimizar el ciclo mediante la simulación de tráfico en Synchro 9 para priorizar el derecho de paso a los movimientos críticos en sus dos fases. El ciclo óptimo del sistema semaforizado es de 50 segundos, repartidos en dos fases, la avenida García Moreno que cuenta con el mayor flujo vehicular y peatonal tiene un tiempo de verde efectivo de 31,5 s y la calle Pedro Carbo posee un tiempo de verde de 25,5 s. De esta manera se garantiza que los vehículos que adquieren el derecho de paso utilicen la máxima capacidad de la intersección, sin generar demoras innecesarias. Dado que el nivel de servicio es tipo “B”, esta medida de calidad demuestra que el flujo es estable en las dos vías, la libertad de maniobra y selección de velocidad está mínimamente afectada por la presencia del sistema semafórico.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Cal y Mayor & Cárdenas. (2014). Ingeniería de Tránsito. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6768/1/112T0029.pdf>



- Cárdenas & Llamuca. (2016). Obtenido de [https://issuu.com/bertoni\\_salazar/docs/semana\\_11](https://issuu.com/bertoni_salazar/docs/semana_11)
- Juan Rodriguez. (26 de 03 de 2016). interseccion vial. Obtenido de <http://www.costaricaweb.com/general/intersecciones.htm>
- Marcos Canepa. (2018). semaforizacion. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/op-enbiblio/bvirtual/002883/0presentaciones/08SEMAFORIZACION.pdf>
- Mayor y Cárdenas. (2016). capacidad vial. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kevinvargas0717/diseo-de-vias>
- Pillajo González , M. A. (2017). Guía Práctica Para El Control De Intersecciones A Través De Un Sistema Semafórico En La Ciudad De Quito, Provincia De Pichincha. .