

Study of the quality of circulation through its vehicle capacity and level of service at the intersection of Calle 10 de Agosto and Spondylus de Charapotó route

Estudio de la calidad de circulación mediante su capacidad vehicular y nivel de servicio en la intersección de la Calle 10 de agosto y ruta Spondylus de Charapotó

Autores:

Giler-Alcivar, Ana Laura
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Portoviejo – Ecuador
 agiler2671@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0009-0005-1731-0325>

Moreira-Ruiz, Andrea Liliana
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Portoviejo – Ecuador
 amoreira7044@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0009-0000-6856-867X>

García-Vinces, Jimmy Jeffrey
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Departamento de Construcciones Cíviles y Arquitectura
Portoviejo – Ecuador
 jimmy.garcia@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-6110-903X>

Fechas de recepción: 04-ENE-2024 aceptación: 04-FEB-2024 publicación: 15-MAR-2024

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

La congestión vehicular es una problemática muy común en las grandes ciudades, este tipo de problemas especialmente se manifiesta en las intersecciones, ya que es donde existen más giros y puntos de aproximación. El objetivo de la presente investigación fue determinar el nivel de servicio en la intersección semaforizada de la ruta Spondylus y calle 10 de agosto de la parroquia Charapoto, Manabí – Ecuador, de esta manera se logró indicar las posibles causas y soluciones ante el congestionamiento presentado en dicha intersección. El proceso metodológico abarcó la recolección de datos geométricos como aforos vehiculares en intervalos de 1 hora, además se contabilizó un aforo peatonal durante 7 días, posteriormente se determinó el flujo de saturación y las demoras por carriles, para posteriormente identificar mediante el HCM el nivel de servicio en cada sección de análisis. Los resultados indicaron una demora general de 35,46 seg/veh dentro de la intersección, clasificándola con un nivel de servicio “D”, por lo que no es aceptable dentro de los parámetros de análisis de intersecciones (poco recomendable), localizando los principales problemas en los puntos de aproximación 2 y 4 pertenecientes a la ruta Spondylus demostrando la necesidad de implementar una solución rápida y eficiente para mejorar la movilidad dentro de la zona de estudio.

Palabras clave: Nivel de servicio; aforos vehiculares; flujo de saturación; demoras

Abstract

Traffic congestion is a very common problem in large cities. This type of problem especially manifests itself at intersections, since that is where there are the most turns and approach points. The objective of this investigation was to determine the level of service at the traffic light intersection of the Spondylus route and 10 de agosto street in the Charapoto parish, Manabí – Ecuador, in this way it was possible to indicate the possible causes and solutions to the congestion presented in said intersection. The methodological process included the collection of geometric data such as vehicle capacity in 1-hour intervals, in addition a pedestrian capacity was recorded for 7 days, subsequently the saturation flow and delays per lane were determined, to subsequently identify the level of traffic through the HCM. service in each section of analysis. The results indicated a general delay of 35.46 sec/veh within the intersection, classifying it with a level of service “D”, which is why it is not acceptable within the parameters of intersection analysis (not recommended), locating the main problems at approach points 2 and 4 belonging to the Spondylus route demonstrating the need to implement a quick and efficient solution to improve mobility within the study area.

Keywords: Service level; vehicle capacity; saturation flow; delays

Introducción

El crecimiento vehicular es un factor que en la actualidad influye directamente en el desarrollo urbano, por esta razón es importante realizar estudios de tránsito. La red vial es uno de los patrimonios más importantes de todo país, debido al desarrollo social y económico que representa (Miramontes et. al, 2015).

El congestionamiento vehicular es uno de los problemas sociales más importantes a nivel mundial (Delgado et al., 2020) y frecuentemente es asociado con la construcción de nuevas estructuras viales que iniciaron con el surgimiento del vehículo motorizado desde finales del siglo XIX (Gómez & Delgado., 2022).

Para la movilización vehicular y peatonal las vías de transporte terrestre son indispensables, así como para el transporte de mercancías y servicios (Hernández et al., 2020). Una intersección es un componente primordial dentro de las vías de transporte terrestre y de la movilidad urbana e interurbana, ya que frecuentemente es un punto en donde se produce congestionamiento vehicular debido a la conexión que genera entre dos o más rutas. Por tanto, reconocer las posibles problemáticas que puedan ocasionarse en estos puntos es esencial para brindar soluciones que disminuyan los efectos negativos ocurridos en los puntos de estudio (Posligua et al., 2022).

Para conocer el nivel de servicio es importante conocer las deficiencias que presenta dicha intersección de estudio; la interacción entre calles de una red vial da lugar a las intersecciones, con la finalidad de brindar comodidad al usuario y aumentar la eficiencia de los movimientos direccionales de los vehículos (AASHTO, 2001). El nivel de servicio de una intersección corresponde al grado de satisfacción y confort que genera en el usuario y, en una intersección semaforizada, se define a través de las demoras (HCM, 2010).

El objetivo de la presente investigación será determinar el nivel de servicio en la intersección semaforizada de las rutas Spondylus y 10 de agosto en la ciudad de Charapoto, Ecuador, permitiendo mediante investigaciones posteriores, la identificación de puntos negativos en la movilidad vehicular y establecer, en caso de requerirse, medidas correctivas para mejorar su funcionalidad.

Material y métodos

La presente investigación se basó en una metodología de campo y bibliográfica, esta con el fin de cumplir con los objetivos propuestos; a continuación, se presenta el procedimiento establecido para el cumplimiento de los mismo:

Caracterización de la intersección y semáforo:

Según Vera et al. (2021) “Consiste en la determinación de las condiciones geométricas de la intersección semaforizada en estudio, correspondiente a sus longitudes, pendientes, anchos de carriles, número de carriles, identificación de zonas de estacionamiento, parada de buses, tipo de zona (urbana o rural), características de la señalización existente referente a la duración del ciclo semafórico en segundos (duración de luz verde, amarilla y roja), identificación de zonas cebras y medidas complementarias, entre otras.”

Condiciones del tráfico:

Primeramente, se realizó un conteo vehicular, este con el fin de clasificar los diferentes tipos de transporte (bicicletas, motos, livianos, buses, camiones y traylers), el cual se aplicó a los 7 días de la semana, rescatando que no hubo ningún evento que modifique el tránsito. El horario de conteo se aplicó de 07h00 a 19h00 con intervalos de 1 hora, incluyendo volúmenes, horas pico, entre otros factores.

Tasa de flujo

Se calculó un factor pico, en donde se tomó intervalos de 15 minutos en las horas con más excedencia de tránsito, lo que permite un adecuado ajuste en el flujo de demanda. (ecuación 1):

$$V_p = \frac{V}{PHF} \quad [1]$$

Donde V_p es el caudal durante el período pico de 15 min (veh/h), V es el volumen horario (veh/h) y PHF es el factor de hora pico (ecuación 2):

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

Módulo de Saturación

Vera et al. (2021) nos indica que “Corresponde al flujo de vehículos por hora que puede ser acomodado en un grupo de carril”. Se lo determinó con la siguiente ecuación (3):

$$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \quad [3]$$

Donde S= tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles sujeto, expresada como un total para todos los carriles en el grupo de carriles (veh/h); S_0 = caudal de saturación de base por carril (pc/h/ln); N= número de carriles en el grupo de carriles; f_w = factor de ajuste por ancho de carril; f_{HV} = factor de ajuste para vehículos pesados en el flujo de tráfico; f_g = factor de ajuste por pendiente de aproximación; f_p = factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento adyacente al grupo de carriles; f_{bb} = factor de ajuste por efecto de bloqueo de los autobuses locales que paran dentro del área de intersección; f_a = factor de ajuste por tipo de área; f_{LU} = factor de ajuste para la utilización del carril; f_{LT} = factor de ajuste para giros a la izquierda en el grupo de carriles; f_{RT} = factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles; f_{Lpb} = factor de ajuste del peatón para los movimientos de giro a la izquierda; f_{Rpb} = factor de ajuste peatón-bicicleta para giros a la derecha.

Para la tasa de flujo de saturación base (S_0) se calculó un valor general de 1.900 automóviles de pasajeros por hora por carril (pc/h/ln). Este valor se ajusta en relación al conteo vehicular realizado en dicha intersección de estudio. Por consiguiente, se aplicaron las siguientes las fórmulas (ver tabla 1):

Tabla 1

Ecuaciones complementarias para el cálculo de la tasa de flujo de saturación (S).

Ecuación	Simbologías	Consideraciones	Ecuación N°
$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W=ancho de carril (m)	Si $W > 4,8$ m, se deben considerar dos carriles	[4]
$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV=% de vehículos pesados en el volumen del carril	ET= 2 pc/HV	[5]
$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G= % de la pendiente en grados	Valores negativos deben colocarse cuando la pendiente es cuesta abajo	[6]

$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N= número de carriles; Nm= número de maniobras de parqueo	Fp= 1 si no hay parqueaderos	[7]
$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N}$	N= número de carriles; Nb= número de paradas de buses por hora		[8]
$f_{a(urbano)} = 0.90$			[9]
$f_{LU} = \frac{V_g}{(V_{g1}N)}$	ajustada para el carril (veh/h), vg1=caudal demanda no ajustada carril con mayor volumen (veh/h), N=número de carriles		[10]
$f_{RT} = 1 - (0.15)P_{RT}$	PRT=proporción de giros a la derecha	Ecuación para carril compartido (no exclusivo para giro a la derecha)	[11]
$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 P_{LT}}$		Valor 1 cuando el giro a la izquierda no está permitido	[12]
$f_{LPB} = 1 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$		Valor cuando el giro a la izquierda no está permitido	[13]
$f_{Rpb} = 1 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA})$		Valor cuando el giro a la izquierda no está permitido	[14]

Fuente: HCM, 2010.

Las ecuaciones 13 y 14 requieren factores que se derivan del flujo de peatones y bicicletas dentro de la intersección, por lo cual fue necesario realizar el siguiente procedimiento (ecuaciones 15-1 y 15-2).

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000} \quad (V_{pedg} \leq 1000) \quad [15-1]$$

$$OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{V_{pedg}}{10000} \quad (1000 < V_{pedg} \leq 5000) \quad [15-2]$$

Las ecuaciones anteriores (15-1 y 15-2) determinan la acomodación de los peatones. Por consiguiente, se busca determinar el volumen de los peatones mediante la ecuación 16:

$$V_{pedg} = V_{ped} * \frac{C}{g_p} \quad [16]$$

Donde C corresponde al tiempo total del ciclo semafórico (seg) y gp es la estimación del tiempo

verde mínimo para los peatones (seg) y se calcula mediante la ecuación 17-1 o 17-2.

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.81 \frac{N_{ped}}{W_E}) (W_E > 3.0m) \quad [17-1]$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27N_{ped}) (W_E < 3.0m) \quad [17-2]$$

Donde L= longitud del paso de peatones (m), Sp= velocidad media de los peatones (m/s), WE= ancho efectivo del paso de peatones (m), 3.2= tiempo (s) de puesta en marcha de peatones, y Nped= número de peatones que cruzan durante un intervalo (p).

Se calcula el G_q que corresponde a la porción de verde efectivo bloqueada por el espacio libre de una cola de vehículos. Ecuación 18:

$$G_q = \frac{Volc * qro}{0.5 - \frac{Volc * (1 - qro)}{go}} - tL \quad [18]$$

Donde Volc= caudal opuesto ajustado por carril por ciclo (ecuación 19), vo= caudal opuesto ajustado (veh/h); fLUo= factor de utilización de carril para flujo opuesto; No= número de carriles opuestos; qro= relación de cola opuesta, proporción del caudal opuesto que se origina en colas opuestas (ecuación 20); Rpo= proporción de pelotón para el flujo opuesto, basado en el tipo de llegada opuesto (tabla 2 y 3); go= verde efectivo para flujos opuestos; y tL= tiempo perdido para el (los) grupo (s) de carril opuesto.

$$Volc = \frac{Vo * C}{3600 * No * fLUo} \quad [19]$$

$$qro = \max \left[1 - Rpo \left(\frac{g^o}{C} \right), 0 \right] \quad [20]$$

Se requirió además calcular los factores del transporte en bicicleta, iniciando con la ocupación de la bicicleta en la zona de conflicto, OCCbicg (ecuación 21), donde Vbicg es el caudal de la bicicleta ajustado (ecuación 22), Vbic es el volumen de la bicicleta; C es la duración del ciclo del semáforo; g es la estimación del tiempo verde del semáforo:

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{V_{bicg}}{2700}$$

$$V_{bicg} = V_{bic} + \frac{C}{g} \quad [22]$$

Una vez obtenido los valores de peatones y ciclistas, se realiza un cálculo en conjunto de ambos para ver su influencia o valor ocupacional dentro intersección bajo estudio. (ecuación 23):

$$OCC_r = OCC_{pedg} + OCC_{bicg} - (OCC_{pedg} * OCC_{bicg}) \quad [23]$$

Capacidad y Radio de flujo

La capacidad del grupo de carril se determina en veh/h mediante la ecuación 24:

$$C_i = S \frac{g_i}{C} \quad [24]$$

Vera et al. (2021) indica que “el radio de flujo se calcula para comprender los efectos entre demanda y capacidad, debido a que es poco probable que todos los movimientos en una intersección se saturen a la misma hora del día”. Para su cálculo se aplicó la ecuación 25:

$$X_i = \frac{V_i C}{S_i g_i} \quad [25]$$

Donde v_i = caudal de demanda real o proyectado para el grupo de carriles i (veh/h, anteriormente conocida como V_p), s_i = caudal de saturación para el grupo de carriles i (veh/h), g_i = tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (s), y C = duración del ciclo (s).

Demoras:

Se determinaron 4 niveles de demoras, mediante el cual se pretende determinar la demora por punto de intersección y por intersección en general. Se aplicó la ecuación #26:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad [26]$$

Donde d = retardo de control por vehículo (s/veh); d_1 = retardo de control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh, ecuación #); PF = factor de ajuste de progresión de retardo uniforme, que tiene en cuenta los efectos de la progresión de la señal (ecuación #); d_2 = retardo incremental para tener en cuenta el efecto de las llegadas aleatorias y las colas de sobresaturación, ajustado según la duración del período de análisis y el tipo de control de señal; este componente de demora asume que no hay una cola inicial para el grupo de carriles al inicio del período de análisis (s/veh, ecuación #); d_3 = retraso de la cola inicial, que representa el retraso de todos los vehículos en el

período de análisis debido a la cola inicial al inicio del período de análisis (s/veh) y se determinó con un valor promedio de 1 s/veh.

A continuación, se presentan las fórmulas derivadas de la ecuación principal del retardo de control por vehículo:

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad [27]$$

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)} \quad [28]$$

Donde P es la proporción de vehículos que llegan en verde ($P = R_p * g/C$) y f_{PA} es un factor que depende del tipo de llegada.

Tabla 2

Tipos de arribos a la intersección de acuerdo con el comportamiento del pelotón vehicular

Tipo de arribos	Descripción
1	Pelotón denso que contiene más del 80 por ciento del volumen del grupo de carriles, llegando al inicio de la fase roja. Este AT es representativo de enlaces de red que pueden experimentar una calidad de progresión muy baja como resultado de condiciones como la optimización general de la señal de la red.
2	Pelotón moderadamente denso que llega a la mitad de la fase roja o pelotón disperso que contiene entre el 40 y el 80 por ciento del volumen del grupo de carriles y llega durante la fase roja. Este AT es representativo de una progresión desfavorable en calles de doble sentido.
3	Llegadas aleatorias en las que el pelotón principal contiene menos del 40 por ciento del volumen del grupo de carriles. Este AT es representativo de operaciones en intersecciones señalizadas aisladas y no interconectadas caracterizadas por pelotones muy dispersos. También se puede utilizar para representar una operación coordinada en la que los beneficios de la progresión son mínimos.
4	Pelotón moderadamente denso que llega a la mitad de la fase verde o pelotón disperso que contiene entre el 40 y el 80 por ciento del volumen del grupo de carriles y llega durante la fase verde. Este AT es representativo de una progresión favorable en una calle de doble sentido.
5	Pelotón denso a moderadamente denso que contiene más del 80 por ciento del volumen del grupo de carriles, llegando al inicio de la fase verde. Este AT es representativo de una calidad de progresión altamente favorable, que puede ocurrir en rutas con entradas de calles laterales bajas a moderadas y que reciben un tratamiento de alta prioridad en el plan de sincronización de señales.
6	Este tipo de llegada está reservado para una calidad de progresión excepcional en rutas con características de progresión casi ideales. Es representativo de pelotones muy densos que avanzan sobre una serie de intersecciones estrechamente espaciadas con entradas de calles laterales mínimas o insignificantes

Fuente: HCM, 2010

Tabla 3

Factores de ajuste basados en el tipo de arribo vehicular

Factor	Tipo de Arribo					
	AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	AT6
fPA	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
Rp	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00

Fuente: HCM, 2010

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8kIx}{cT}} \right] \quad [29]$$

Donde T= duración del período de análisis (h) (1/4 h); k = factor de retardo incremental que depende de la configuración del controlador (para intersecciones semaforizadas este valor es de 0.5); I= factor de ajuste de filtrado/medición aguas arriba (ecuación 30); c= capacidad del grupo de carriles (veh/h).

$$I = 1.0 - 0.91X_i^{2.68} \quad [30]$$

La siguiente ecuación permite calcular las demoras por punto de aproximación, esto se realiza por consiguiente de haber calculado las demoras por carril. (Ecuación 35)

$$d_I = \frac{\sum d_A V_A}{\sum V_A} \quad [31]$$

Una vez obtenido los resultados de las demoras se determina el nivel de servicio en base a la tabla #4 propuesta por el Manual de Capacidad de Carreteras.

Tabla 4

Niveles de servicio en intersección semaforizada mediante la cuantificación de demora por vehículo.

Nivel de servicio	Demora por vehículo (s/veh)
A	<10
B	>10-20

C	>20-35
D	>35-55

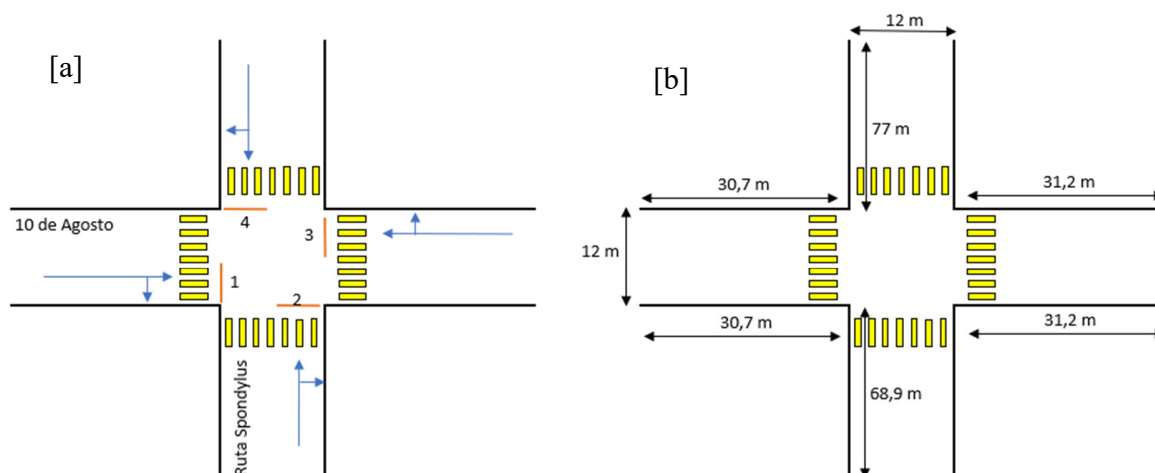
Fuente: HCM, 2010.

Resultados y discusión

La intersección semaforizada bajo estudio, (fig. 1), se encuentra en un sector de alta afluencia vehicular en la parroquia de Charapoto, debido a su conexión con la vía principal Correagua, y a su vez con varios puntos de interés, como entidades bancarias, almacenes y paradas de autobuses.

Figura 1

Medidas geométricas (a), identificación de puntos de aproximación y giros permitidos (b) entre la Ruta Spondylus y Calle 10 de agosto. Las líneas rojas indican los 4 puntos de detención en los semáforos.



Fuente: Autores.

La siguiente tabla nos refleja los valores y medidas obtenida en campo, estos valores son claves para el posterior cálculo del nivel de servicio.

Tabla 5

Condiciones geométricas y de servicio de los puntos de aproximación dentro de la intersección en estudio.

Condiciones Geométricas				
Características	Puntos			
	1	2	3	4
Longitud (m)	30, 7	68,9	31,2	77
Ancho de carril (m)	12	12	12	12
Pendiente %	3	0	3	0
Número de carril	2	2	2	2
Zona de estacionamiento	si	si	si	si
Parada de buses	no	si	no	no

Fuente: Autores.

La distribución de los semáforos para las vías (Ruta Spondylus y 10 de agosto) comparten el mismo tiempo del ciclo semafórico (68 seg), se observa en la tabla 6:

Tabla 6

Distribución de los ciclos semafóricos en la intersección bajo estudio.

Fase de los semáforos			
Calle	Rojo	Amarillo	Verde
10 de Agosto	32 seg	4 seg	32 seg
Ruta Spondylus	32 seg	4 seg	32 seg

Fuente: Autores.

Una vez que se conoció la distribución del ciclo semafórico, se permitió identificar puntos importantes como la distribución de tránsito en función del tiempo establecido por fase.

Condiciones de tráfico

Una vez que se realizó el conteo vehicular en la intersección de estudio, se logró identificar puntos de mayor afluencia vehicular dentro de los intervalos establecidos, la cual es distinta en cada punto de aproximación. Mediante un análisis superficial de los datos obtenidos se espera mayores problemas de congestionamiento en la Vía Spondylus, debido a que registra un 45% del aforo, lo que reflejaría una mayor demora vehicular.

Una vez obtenidos los datos del flujo vehicular se le aplico un factor de conversión para obtener una respuesta más acertada en sus diferentes parámetros.

Tabla 7

Factores de conversión vehicular a livianos equivalentes



Tipo de vehículo	Factor de conversión
motocicletas	0,5
Buses	1,8
Camiones	1,8

Fuente: HCM, 2010.

Cálculo del flujo de saturación

El HCM (2010) prioriza el cálculo del flujo de saturación, como la cantidad de vehículos por hora que pueden ser acomodados en un grupo de carril. Para llegar al cálculo del flujo de saturación para cada punto de aproximación se realizó el proceso respectivo, con cada una de las ecuaciones establecidas en la tabla 8.

Tabla 8

Resultados del flujo de saturación (S)

Parámetro	P.A.1		P.A.2		P.A.3		P.A.4	
	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho
S	1262,94	761,3	1163,85	748,48	1742	1167,33	1283,03	986,63

Fuente: Autores.

Cálculo capacidad y radio de flujo

Los efectos producidos por la demanda y capacidad de la intersección de estudio se ven reflejados en la tabla 9, donde se presentan los resultados de la capacidad y radio de flujo para cada carril.

Tabla 9

Determinación de los valores de Capacidad y Radio de Flujo correspondiente a cada carril de los 4 puntos de aproximación de la intersección semaforizada.

Parámetro	P.A.1		P.A.2		P.A.3		P.A.4	
	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho
C	519	313	558	359	716	480	615	473
Xi	0,92	1,28	1,56	1,69	0,51	0,81	1,22	1,29

Fuente: Autores.



Cálculo de demoras

En la tabla 10 se determinan las demoras para cada carril y punto de aproximación, además se obtuvo una demora en general con el propósito de hallar un nivel de servicio que abarque toda la intersección.

Tabla 10

Determinación de demoras por carril, punto de aproximación e intersección dentro de la zona de estudio.

Parámetro	P.A.1		P.A.2		P.A.3		P.A.4	
Vp	476	400	748	608	364	388	748	608
Demora	32,96	40,9	37,07	39,89	21,54	29,85	36,53	38,05
Demora por aproximación	36,59		38,34		25,83		37,21	
Demora general	35,46							

Fuente: Autores.

Como se observa en la tabla 10 el carril derecho del P. A. 1 es aquel que registra la mayor demora, con 40.9 seg/veh, valores superiores a los registrados en el P. A. 2, lugar en donde se registró la mayor cantidad de vehículos (32% del aforo total). Una de las primeras causas a este valor elevado es su corto espacio a comparación del P.A. 2 y P.A.4. Por otro lado, la calle 10 de agosto conecta con la Vía principal a Correagua, debido a esto existe una alta dinámica de vehículos pesados, ocupando la mayoría de las zonas de estacionamiento, justificando el aumento de dicha demora.

El P.A. 2 es el segundo carril con mayor demora, en este punto se esperaba una demora elevada debido al alto tráfico vehicular, el cual se observó en campo y se comprobó con los análisis realizados del conteo vehicular a dicha intersección. Por último, es importante justificar la demora más baja dentro de la intersección, esta recayó en el carril izquierdo del P.A. 3, debido a la baja afluencia vehicular registrada (con apenas el 15,5% de la frecuencia vehicular aforada), esto se debe en su mayoría a que este punto no conecta con una parte de la parroquia en la que solo se ven viviendas, es decir no hay movimientos abruptos de instituciones o negocios.

Determinación de niveles de servicio

Una vez que se determinó la demora para cada punto de aproximación de dicha intersección de estudio, se determinaron los siguientes niveles de servicio (Tabla 11):

Tabla 11

Determinación de niveles de servicio en la intersección estudiada.

Parámetro	P.A.1		P.A.2		P.A.3		P.A.4	
	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho	Izquierdo	derecho
Carril	D	D	D	D	C	C	D	D
P. A	D		D		C		D	
Intersección	D							

Fuente: Autores.

Con base en la tabla 4 se determinó un nivel de servicio “D” para los puntos de aproximación P.A. 1, 2 Y 4 debido a que su demora supera los 35 s/veh. Este nivel de servicio afecta directamente a la movilidad urbana de la parroquia causando desconformidad por los usuarios que transitan diariamente por dicha intersección.

La Tabla 12 demuestra que el P. A. 3 muestra el menor valor de derivas colocándolo en un nivel de servicio “C”, el cual es aceptable dentro de los parámetros de control de intersecciones.

Como se observa en la intersección se determinó un nivel generalizado “D”, lo que conlleva al planteamiento de medidas y soluciones ante las condiciones actuales de la misma, esto con el fin de dar un confort a los usuarios para evitar más problemas de congestionamiento en los carriles más afectados que estarían ubicados en la ruta Spondylus.

Análisis de medidas de solución

Las siguientes soluciones presentadas se establecen a través de investigaciones anteriores, de igual manera se analiza detalladamente cada medida.

- **Modificación del tiempo semafórico:** con la modificación del tiempo semafórico en los dos carriles con mayor demora se espera una reducción del congestionamiento llevándolo a un nivel de servicio “C”, de igual manera es importante la implementación de semáforos

peatonales en los cuatro giros de manera que se brindara una mayor seguridad a los usuarios.

- **Programas de seguridad vial:** Como sabemos existe una gran parte de usuarios con hábitos negativos al momento de conducir, faltando a las normativas viales. Vera et al. (2021) indica que “La aplicación de programas de capacitación permitirá desarrollar hábitos favorables que mejorarán considerablemente la movilidad urbana, debido a que la congestión vehicular no es producto únicamente de la geometría y señalización de las vías.”
- **Restricción de estacionamientos dentro de las vías:** Los puntos de aproximación 1 y 2 reflejan las derivas más elevadas; la entrada y salida de vehículos en zonas de estacionamientos es una causa de este elevado parámetro. Con la restricción de estacionamientos en ambos costados de los P.A se permitirá una mayor fluidez en el tránsito vehicular, esperando una reducción de las demoras para establecer un nivel de servicio dentro de los parámetros normales.

Conclusiones

En base a los resultados anteriores se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La intersección bajo estudio presento un nivel de Servicio “D”, el cual no es aceptable en zonas urbanas, además se determinó una demora general de 35,46 seg/veh, donde P.A. 2 y P.A. 4 resultaron ser los carriles con mayores problemas en cuanto a congestionamiento. Esto se debe en mayor parte a sus condiciones geométricas, ya que al ser de poca longitud junto con los ciclos semafóricos generan demoras elevadas causando una desconformidad para los usuarios que transitan por dicha intersección.
- Los vehículos pesados y los buses generan un gran impacto en zonas urbanas, pero en este caso no fueron considerados por su baja participación registrada en el aforo.
- La metodología empleada puede ser replicada para otros puntos donde existe el mismo problema, con la finalidad de buscar una solución adecuada a cada intersección de análisis, esto ayudaría a determinar el nivel de servicio y medidas correctoras para dar un mayor grado de satisfacción a los usuarios.

Referencias bibliográficas

- AASHTO. (2001). Chapter 9. Intersections. In AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (pp. 559-745). Washington, D.C.: AASHTO.
- Delgado Gutiérrez, D. A., Cruz da Silva, J. P., Casanova Ruiz, G. J., & Ortiz Hernández, E. H. (2020). Plan de movilidad urbana y espacios públicos sostenibles. Caso de estudio Bahía de Caráquez.
- Gómez, J. ., & Delgado, D. . (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre Avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. Investigación Y Desarrollo, 16(1). <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732>
- HCM 2010: highway capacity manual. (2010). Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Hernández García, S., Devesa Varas, H. D., Torres Vargas, G., Cruz González, G., Arroyo Osorno, J. A., & González García, J. A. (2020). Guía para la ejecución de trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero. Publicación técnica, (581).
- Miramontes, E., Vidaña, J., & Rodríguez, A. (2015). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica, 12(56).
- Posligua-Gines, B. M., Pico-Párraga, F. A., & García-Vinces, J. J. (2022). Análisis y evaluación del tránsito entre las avenidas América y Ejército, Portoviejo-Manabí. Polo del Conocimiento, 7(3), 966-980.
- Vera, J., Loor, J., Ortiz-Hernández, E., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador. Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología, 6(2), 29-42.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

