

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“PROPUESTA PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE
LAS AVENIDAS AMÉRICA SUR Y SANTA CRUZ DE LA CIUDAD DE TRUJILLO –
LA LIBERTAD”**

Área de Investigación:
TRANSPORTES

Autor(es):

Br. Chagua Iberico, Andre Kevin
Br. Chávez Bazán, Luis Carlos

Jurado Evaluador:

Presidente: Henriquez Ulloa, Juan Paul

Secretario: Galicia Guarniz, William

Vocal: Vertiz Malabrigo, Manuel

Asesor:

Hurtado Zamora, Oswaldo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2612-3298>

TRUJILLO – PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/05/02

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN el informe de tesis desarrollada por el Bachiller Chávez Luís Carlos Fernando y el Bachiller Chagua Iberico André Kevin, denominada: “PROPUESTA PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS AMÉRICA SUR Y SANTA CRUZ DE LA CIUDAD DE TRUJILLO – LA LIBERTAD”

Ing. Luján Silva Enrique

CIP: 54460

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Rodríguez Ramos Mamerto

CIP: 3689

JURADO

SECRETARIO

Ing. Cancino Rodas Cesar

CIP: 77103

JURADO

VOCAL

Ing. Hurtado Zamora, Oswaldo

CIP: 118101

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por ser mi motor y centro de mi vida
a mis padres y hermano por su amor
y a toda mi familia y amigos por ser
parte de mi desarrollo.

Br. André Kevin Chagua Iberico

A Dios por cuidarme y ser mi camino
a mis padres y hermanos por estar siempre
cuando más los necesito, y a mi familia
y amigos por estar conmigo siempre.

Br. Luís Carlos Chávez Bazán

AGRADECIMIENTOS

Fue un reto hacer este estudio, y no hubiéramos sido capaz de terminarlo sin el apoyo de todas las personas que contribuyeron a este trabajo.

En todo el proceso de este trabajo tuvimos coordinaciones con personas profesionales en investigación científica y con experiencias en cuanto a ingeniería civil, con quienes se diseñó, elaboró e implemento todo el trabajo del proyecto y de campo, además pudimos obtener toda la data que permitió formular el proyecto y el desarrollo de este estudio, es por ello que les agradecemos infinitamente por todo su apoyo.

Así también damos gracias a todas las personas que permitieron colocar en su domicilio todo el equipamiento para hacer las grabaciones de todas las condiciones de tráfico y conducción que se llevó a cabo en la intersección en estudio.

Un agradecimiento especial a nuestro asesor Ing. Hurtado Zamora Oswaldo, quién con sus conocimientos nos guió eficazmente en todo el proceso de realización de la investigación, siendo el soporte elemental para concluir con esta investigación.

A mis docentes por haber sido ese medio y elemento esencial brindándonos el conocimiento y la formación en esta apasionante profesión, del mismo modo a las autoridades de la universidad por hacer posible el logro de nuestra profesión.

Los autores

RESUMEN

Toda ciudad o espacio geográfico debe contar con vías de comunicación adecuadas para su desarrollo y este estudio de investigación se enmarca en ese aspecto, este informe de tesis titulado: “Propuesta para la infraestructura vial en la intersección de las avenidas américa sur y santa cruz de la ciudad de Trujillo – La Libertad”, tiene por finalidad determinar una propuesta de infraestructura vial para mejorar el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz de esta ciudad.

Es común escuchar que uno de los graves problemas de las ciudades son las vías de comunicación, como es el caso de esta intersección y para hacer este estudio se hizo necesario hacer uso de diferentes métodos de investigación, como la descriptiva, analítica y la de síntesis, del mismo modo se aplicó diferentes técnicas de investigación como la observación, y los registros de información en los diferentes instrumentos como los formatos tanto para el recojo de la data de la geometría, la semaforización y señalización, los resultados de este estudio evidencia que los tres elementos estudiados de la infraestructura que presenta esta intersección se encuentran en deficientes estados, como las condiciones de la geometría que se debió haber ajustado de acuerdo al modelamiento que se aplicó con Synchro 8, a su vez se tomó en cuenta toda los otros dos elementos que es la semaforización, el cual debe ser mejorado y contar con mayor implementación al igual que la señalética, debiéndose por lo tanto ser reparados y modificados y/o mejorados, cada elemento ha sido modelado y como conclusión se tuvo que se debe hacer un replanteamiento óptimo de cada uno de estos elementos.

La propuesta que se está planteando permitirá optimizar y tener mejor transitabilidad en esta intersección y contribuirá a minimizar la congestión en esta ciudad.

Palabras claves: Transitabilidad, congestionamiento, geometría, semaforización, señalización.

ABSTRACT

Every city or geographic space must have adequate communication routes for its development and this research study is framed in this regard, this thesis report entitled: "Proposal for road infrastructure at the intersection of avenues America Sur and Santa Cruz of the city of Trujillo - La Libertad ", aims to determine a proposal for road infrastructure to improve traffic congestion on America Sur and Santa Cruz avenues in this city.

It is common to hear that one of the serious problems of cities is the communication routes, as is the case of this intersection and to carry out this study it was necessary to make use of different research methods, such as descriptive, analytical and synthesis , in the same way, different research techniques were applied such as observation, and the information records in the different instruments as well as the formats both for the collection of the geometry data, the traffic lights and signaling, the results of this study show that the Three elements studied of the infrastructure that presents this intersection are in poor states, such as the conditions of the geometry that should have been adjusted according to the modeling that was applied with Synchro 8, in turn all the other two elements were taken into account which is the traffic light, which must be improved and have greater implementation as well as the signage, being due therefore To be repaired and modified and / or improved, each element has been modeled and as a conclusion it was necessary to make an optimal rethinking of each of these elements.

The proposal that is being proposed will allow to optimize and have better walkability at this intersection and will help to minimize congestion in this city.

Key words: Traffic, congestion, geometry, traffic lights, signaling.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de las Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ponemos a vuestra consideración, el presente informe de tesis titulado: “PROPUESTA PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS AMÉRICA SUR Y SANTA CRUZ DE LA CIUDAD DE TRUJILLO – LA LIBERTAD”

Atentamente,

Br. Chávez Bazán Luís Carlos Fernando

Br. Chagua Iberico André Kevin

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
PRESENTACIÓN	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE TABLAS	
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 .Problema de Investigación	
a. Descripción de la realidad problemática	
Delimitación del problema:	
Características Problemáticas	
Análisis de Características Problemáticas	b.
Formulación del problema.....	
1.2. Objetivos	
1.2.1. Objetivo General.....	
1.2.2. Objetivos Específicos	
1.3. Justificación de la investigación	
II. MARCO DE REFERENCIA	
III. METODOLOGIA EMPLEADA	

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	
CONCLUSIONES.....	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS.....	

ANEXO 01. Manual de Diseño Geométrico

ANEXO 02. Manual de Dispositivos de Control de Tránsito

ANEXO 03. Manual de Seguridad Vial

ANEXO 04. Instrumentos de medición (Wincha, Celular AR, Jalón, Cámara Prima, Estación total)

ANEXO 05. Plano Topográfico

ANEXO 06-a. Registro de semáforo

ANEXO 06-b. Formato de la longitud de cola

ANEXO 07. Registro de señalización

ANEXO 08-a. Ficha de conteo vehicular

ANEXO 08-b. Cuadro de conteo vehicular

ANEXO 09. Ficha de estudio vehicular

ANEXO 10. Software SYNCHRO 8

ANEXO 11-a. Pendientes Av. América

ANEXO 11-b. Pendientes Av. Santa Cruz

INDICE DE FIGURAS

- Figura 01: Mapa de ubicación de la zona de estudio (Open Street Maps)
- Figura 02: Tipos de intersección a nivel por su geometría
- Figura 03: Triángulos de visibilidad
- Figura 04: Ejemplo de intersección sin canalizar
- Figura 05: Intersecciones canalizadas
- Figura 06: Valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condicionamientos limitantes
- Figura 07: Ejemplo de intersecciones a desnivel
- Figura 08: Elementos en la Fórmula del Wardrop
- Figura 09: Criterios para obtener cruces perpendiculares
- Figura 10: Ejemplos de ensanches de la sección de los accesos al cruce
- Figura 11: Resalto de sección circular
- Figura 12: Ubicación lateral y de altura en vía
- Figura 13: Señales de Prioridad
- Figura 14: Señales de prohibición de maniobras y giros
- Figura 15: Otra señal de prohibición
- Figura 16: Señales de Restricción
- Figura 17: Señales de Obligación
- Figura 18: Señales de Autorización
- Figura 19: Señales de Pre-señalización
- Figura 20: Señal preventiva – Curvatura Horizontal
- Figura 21: Señales de identificación en zonas urbanas
- Figura 22: Señales de identificación en zonas urbanas
- Figura 23: Señales de dirección turística
- Figura 24: Calzada con línea de Pare y Señales Horizontales
- Figura 25: Ejemplo Resalto de sección circular y vertical

- Figura 26: Ejemplo Resalto de Sección Trapezoidal
- Figura 27: Ejemplo Resalto Sección Trapezoidal con Líneas de Paso Peatonal
- Figura 28: Ejemplo Resalto Tipo Cojín
- Figura 29: Ejemplo de 2 fases en intersección
- Figura 30: Ejemplo de diagrama de fases
- Figura 31: Semáforo tipo poste
- Figura 32: Semáforo tipo ménsula
- Figura 33: Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos
- Figura 34: Ejemplo de cara de un semáforo
- Figura 35: Configuración de caras de semáforos
- Figura 36: Ejemplo de la ubicación de las caras de un semáforo en el lado más lejano del acceso a la intersección
- Figura 37: Ejemplo de ángulo de colocación de un semáforo
- Figura 38: Ejemplo de módulo luminoso de un semáforo
- Figura 39: Ejemplo de lentes de 0.20 y 0.30 m.
- Figura 40: Ejemplo de la indicación de colores e inscripciones de flechas y pictogramas en señales luminosas o lentes
- Figura 41: Ejemplo de visera de semáforo
- Figura 42: Ejemplo de placa de contraste
- Figura 43: Ejemplo de vista frontal y dimensiones de placa de contraste
- Figura 44: Ejemplo de un tipo de unidad de control de semáforo
- Figura 45: Ejemplo de ubicación transversal de detectores de presión
- Figura 46: Configuración de curvas para carriles existentes (para 4 horas)
- Figura 47: Función de la velocidad de la vía principal y población en zona urbana.
- Figura 48: Gráfica para combinación de carriles para hora punta.
- Figura 49: Se utiliza en función a la velocidad de la vía principal y población en zona urbana.

- Figura 50: Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a pasa a nivel ferroviario
- Figura 51: Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a pasa cercanos a nivel ferroviario
- Figura 52: Ejemplo de localización de las ondas sonoras en un semáforo peatonal.
- Figura 53: Ejemplo de un semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación
- Figura 54: Ejemplo de semáforos para regular el uso de carriles.
- Figura 55: Ejemplo de disposición estándar de los indicadores de semáforos.
- Figura 56: Ejemplo de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (no protegidos).
- Figura 57: Ejemplo de disposición especial de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (protegidos) con ámbar destellante
- Figura 58: Ejemplos de disposición de indicadores de semáforos con giros a la izquierda protegidos con carril exclusivo de giro izquierda
- Figura 59: Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la izquierda protegidos y permitidos.
- Figura 60: Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitidos (no protegidos).
- Figura 61: Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitido (protegidos) con ámbar destellante.
- Figura 62: Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha protegidos sin carril de giro exclusivo
- Figura 63: Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la derecha protegidos y permitidos
- Figura 64: Tipos de modelos
- Figura 65: Formato general de hoja de conteo vehicular en intersecciones.
- Figura 66: Plano de ubicación del área de estudio.
- Figura 67: Gráfico del desplazamiento vehicular de la intersección.

Figura 68: Visualización para registro de autos, usuarios y conductores

Figura 69: Geometría de la intersección de estudio - Diseño de 4 ramales simple

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Tipos de intersección a nivel

Tabla 02: Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Tabla 03: Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

Tabla 04: Cumplimiento de la sub condición (A) en función de flujo vehicular

Tabla 05 Cumplimiento de la sub condición (B) en función al flujo vehicular

Tabla N° 06: Niveles de servicios en intersecciones de acuerdo a demora

Tabla N° 07: Índice Medio Diario Semanal (IMDS) en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz.

Tabla N° 08: Índice Medio Diario Semanal (IMDS) en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz.

Tabla 09: Volumen de tráfico promedio diario según vehículo, día, total diario, índice medio diario (IMD) y porcentaje.

Tabla 10: Tráfico vehicular según índice medio diario sin corrección (IMDS), índice medio diario con factor de corrección (IMD) y porcentaje de distribución respectivo.

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 01: Clasificación vehicular según tipo de vehículos y porcentajes

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01: Videocámaras Surveillance

Foto 02: Tomacorriente

Foto 03: Cable UTP cat-5

Fotos 04: Ubicación de la cámara próxima al complejo Chan Chan, dando visión de proximidad al cruce de la avenida Santa Cruz y América Sur

Fotos 05: Ubicación de la cámara próxima al complejo Chan Chan, dando visión de proximidad al cruce de la avenida Santa Cruz y América Sur

Foto 06: Monitor de PC conectado a un DVR para controlar el flujo vehicular, para su póstumo IMDS

Foto 07: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 1

Foto 08: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 2

Foto 09: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 3

Foto 10: Geometría de Intersección - 4 ramales simple

Foto 11: Geometría de intersección con limitante longitudinal y sin limitante longitudinal en ambas avenidas

Foto 12: Geometría de intersección con las canalizaciones y los puntos de giros y visibilidad.

Foto 13: Diseño geométrico – movimiento de actores de tránsito y separación de movimientos.

Foto 14: Diseño geométrico – composición de los flujos por tipo de vehículos.

Foto 15: Diseño geométrico – composición de los flujos por tipo de vehículos

Fotos 16: Ubicación de semáforos tipos: poste, ménsula y mixta

Fotos 17: Unidad de control de semáforos

Fotos 18: Orientación y colocación de las cabezas de los semáforos

Fotos 19: Señalética prohibición de maniobras y giros R-6

Fotos 20: Señalética de obligación. R-56

Fotos 21: Otras señales de prohibición. R – 27

Fotos 22: Otras señales de prohibición. R – 53

Fotos 23: Señales Preventivas por características de la superficie de rodadura. P-
33B

Fotos 24: Líneas de paso peatonal

Fotos 25 Resalto de sección circular y virtual

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Problema de Investigación

1.1.2 Descripción de la realidad problemática

Parte del desarrollo de las ciudades se sustenta en la calidad de su infraestructura, dentro de ella la infraestructura vial garantiza la conectividad entre las ciudades y comunidades permitiendo el desplazamiento de los medios de transporte para el óptimo desenvolvimiento del traslado de las personas y de las mercancías y de todo cuanto dinamiza el desarrollo de humanidad en su conjunto. La optimización de la infraestructura vial requiere de la dotación de asfaltos apropiados, así como de los sistemas de comunicación pertinentes como señalética, semaforización y geometrías que permiten el uso ordenado y eficiente de las vías.

En un año, Lima pasó del noveno puesto a ser la tercera ciudad del mundo con más congestión vehicular, según un estudio de monitoreo holandés por GPS. Nuestra capital tiene el tercer lugar con un 58% de tiempo extra de viaje. Solo Mumbai (India) y Bogotá (Colombia) la superan con un 65% y 63% respectivamente. En otras palabras, un viaje en Lima de 60 minutos en condiciones normales dura, en promedio, casi 95 minutos. Durante el 2018, el tiempo extra de viaje de los limeños en la hora punta matutina llegó a ser de 88% y en la hora pico de la tarde y noche fue del 104%, es decir, hubo días en que los tiempos de viaje de los limeños se duplicaron. (León, 2019)

La ciudad de Trujillo es el ámbito de estudio, este lugar es la capital

de la Región La Libertad, se encuentra al norte del país, es la ciudad más importante por la dinámica económica respecto a otras ciudades de esta zona del Perú. Actualmente, el parque automotor se ha incrementado, la población ha crecido en estos últimos años y no ha sido ajeno a los últimos eventos naturales que viene enfrentando el mundo, originando situaciones y problemas en el desarrollo vial, muchas de sus calles, avenidas, autopistas y carreteras se encuentran en mal estado, necesitando para ello la intervención de las organizaciones que lideran y asumen responsabilidad sobre este aspecto, así mismo de realizar estudios para dar solución y mejorar la transitabilidad en esta ciudad.

En Trujillo, en la intersección de las Avenidas América Sur y Santa Cruz se puede apreciar que la geometría vial sus calzadas son asfaltadas, pero con fallas y desgastes debido a las condiciones ambientales, públicas y sobre todo a la circulación de todo tipo de vehículo, sumando a ello la presencia de paraderos informales fuera del Terminal Santa Cruz; la señalización también se encuentra en estado deplorable, al igual que la semaforización.

Estas deficiencias de la infraestructura vial de esta intersección nos muestran que el sistema de atención por parte de las instituciones y organismos que deben responder han descuidado esta arteria vital para la ciudad. No sólo se trata de la infraestructura sino también de los equipamientos comunicacionales que alteran la fluidez de los medios de transporte generan un tránsito desordenado que impacta negativamente en la salud económica de la ciudad ocasionando demora en los tiempos de viaje, elevando los niveles de contaminación sonora y la consiguiente pérdida de tiempo por esperas innecesarias.

Para que una ciudad cuente con las condiciones del tránsito eficaz se requiere del uso de soportes de software que son usados como modelos, ya sean macroscópicos, microscópicos y mesoscópicos. El software más conocido de modelación y simulación es el SYNCHRO 8 TRAFFIC se trata de un programa con aplicación en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos de semaforización en intersecciones y arterias viales, a su vez éste tiene incorporado el “Sim Traffic” que tiene la capacidad de modelado y animación del movimiento vehicular (Osoreo, 2016). Asimismo, Cornejo y Villanueva (2019), en concordancia con De la O Sánchez, manifiestan que SYNCHRO es un software de análisis macroscópico, creado en 2011, que se complementa con el Manual de Capacidad de Carreteras HCM2010 perfeccionado por Romana et al (2017) en análisis de intersecciones semaforizadas. TSIS (Traffic Software Integrated System), se usa para análisis microscópico de tránsito urbano, con semaforización o no, creado en el 2012; TRANSMODELER es compatible con sistemas de información geográfica y, por último, VISSIM que es el más conocido mundialmente en planificación de transporte a nivel microscópico. Todos estos son programas que ayudan a la evaluación y optimización de las redes urbanas aliviando el problema del congestionamiento vial.

En esta investigación se ha aplicado en las intersecciones de estudio se pudo determinar los diferentes aspectos de infraestructura vial que vienen originando el problema, siendo la que se menciona:

1.1.2 Delimitación del problema

El estudio de investigación se realizó en la intersección de las Avenidas América Sur y Santa Cruz de la ciudad de Trujillo – La Libertad según como se puede apreciar en la figura N° 01:

Figura N° 01

Mapa de ubicación de la zona de estudio (Open Street Maps)



Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Características problemáticas

- **Tiempos de espera ocasionados por la mala sincronización de los semáforos.**
- **Desconocimiento a las reglas de tránsito.**
- **Longitudes de cola vehiculares prolongados esperando el cambio de periodo semafórico.**
- **Estacionamientos espontáneos que obstruyen la libre circulación vehicular.**
- **Falta de conservación de señalizaciones horizontales y verticales.**
- **Vehículos inmóviles, impidiendo la libre circulación**

vehicular.

- Limitación de las vías por el comercio ambulatorio.
- Aforo insuficiente de las vías auxiliares del complejo Chicago.
- Paraderos informales fuera del terminal Santa Cruz.

1.1.4 Análisis de las características problemáticas

- El tiempo de espera es demasiado, esto se debe al poco trecho que se da en el cambio de verde a rojo, provocando que poca cantidad de vehículos atraviesen la intersección, mientras que el resto aguarda una nueva fase.
- En base a ese tiempo de espera se generan las longitudes de cola prolongadas, sumándose a estas longitudes de cola que se quedaron tras el cambio semafórico se le suman los vehículos que arriban posteriormente.
- La falta de cultura de tránsito de los conductores al estacionarse de forma incorrecta ocupando un carril, lo que impide la libre circulación vehicular.
- La conservación respecto al estado que debe tener y preservarse sobre la señalización de la infraestructura vial es deficiente, ello por falta de la atención de la entidad responsable de mantenerlo eficientemente y eficazmente, originando desorden en el proceso de circulación en las vías por parte de los conductores, generando incomodidad, inseguridad, desconcierto, desorganización, falta de fluidez e ineficacia en la circulación.
- Existe desconocimiento por parte de los usuarios para realizar su correcto desplazamiento en las vías de comunicación, originando desorden en la circulación vial.
- El tamaño de la intersección de estudio está siendo

invadida por el comercio ambulatorio ocasionando un caos en el aprovechamiento para la circulación vehicular.

- Las vías auxiliares del complejo Chicago presentan un aforo insuficiente, originando un desorden y caos en la comodidad que se debe brindar en la transitabilidad de esta intersección.
- Muy cerca a esta intersección se encuentra ubicado el paradero del terminal Santa Cruz, el cual no es respetado por la improvisación de los paraderos informales que se encuentran en las afueras de este originando mucho congestionamiento.

1. Formulación del problema

Problema general

¿Qué propuesta de infraestructura vial mejorará el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad?

1.2. Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Determinar la propuesta de infraestructura vial para mejorar el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.

3.1.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los elementos de la infraestructura vial para evitar el congestionamiento vehicular en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.**

- b. Calcular el Índice Medio Diario Semanal (IMDS) en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.**

- c. Modelar el congestionamiento vehicular usando el software Synchro Traffic 8 en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.**

1.3. Justificación del estudio

Este estudio se hizo necesario y justifica ya que permitió hacer un análisis de la infraestructura vial que presenta la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz, determinando todos los aspectos que se requieren mejorar para desarrollar el tránsito eficaz, siendo éstos: el tiempo de espera en cuanto a la semaforización que origina las longitudes de cola, los problemas en el estacionamiento incorrecto que realizan los conductores, las condiciones y estado de conservación que deben presentar todos los elementos de la infraestructura vial, y reconocer a su vez el compromiso del ente competente para asumir la responsabilidad de su mantenimiento idóneo, también se pudo reconocer los tamaños de las intersecciones relacionados con las vías auxiliares para ver el aforo que presentan, considerando además el desorden que se tiene por parte del comercio

ambulatorio ubicados en éstos, y porque no decirlo de la actitud negligente de los usuarios peatones quienes desconocen la correcta transitabilidad y comportamiento en estas vías, se hace imprescindible mencionar sobre la existencia del terminal de Santa Cruz ya que está muy cerca a esta intersección, y por ello en las afueras de éste se han improvisado paraderos informales que se encuentran originando caos y congestión.

Para haberse realizado este análisis se utilizaron los reglamentos de la Norma Técnica Peruana para la respectiva verificación de la infraestructura vial y su estado de conservación para un servicio óptimo y seguro, y evitar al máximo la pérdida de valor de ésta, incidiendo fundamentalmente en su condición estructural, funcional y de los factores de seguridad para garantizar que el transporte y transitabilidad sea cómodo y seguro, del mismo modo se utilizó el SYNCHRO 8 TRAFFIC aplicado éste para el modelamiento microscópico que permitió conocer de forma objetiva y visible lo que sucedió durante los 7 días más congestionados, y de éstos las horas puntas y/o picos de mayor flujo vehicular, implícitamente en este monitoreo de ensayo de campo se tuvo el apoyo de un equipo fotográfico, de cámaras de video ubicadas estratégicamente para registrar el comportamiento del tránsito vehicular, así mismo se realizó un levantamiento topográfico, todo ello permitió identificar durante el desenvolvimiento de esta herramienta, alternativas de diseño respecto al modelamiento a implementarse para mejorar el congestionamiento vehicular.

Esta investigación es importante, ya que con el análisis de estas características se pudo observar cuales son las que limitan el tránsito eficaz, y al mismo tiempo permitió conocer como se puede hacer un

mejor desplazamiento de los usuarios de la zona, evitar accidentes, reducir tiempos de espera y sobre todo reducir la contaminación sonora y gases tóxicos producidos por los automóviles.

Los principales beneficiados con esta investigación son los usuarios, ya sean transeúntes, comerciantes y conductores que transitan y realizan sus actividades en estas avenidas mejorando así la transitabilidad y tiempos de viaje, así también contribuirá con otros beneficiados como las Municipalidades, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones entre otras quienes al contar con la aplicación de esta herramienta lograrían mayor eficiencia y eficacia en transitabilidad de las ciudades, en especial de la ciudad de Trujillo.

II. Marco de Referencia

1.1 Antecedentes

Para la ejecución del proyecto de investigación se ha revisado diversos antecedentes que han permitido reforzar la postura del estudio, y de esta manera plantear la mejor estructura del planteamiento del proyecto desarrollado, siendo los siguientes:

- **Silva y Villanueva (2019) *Análisis del congestionamiento vial y formulación de propuestas de mejora en la intersección semaforizada de las avenidas América Oeste, Av. Pablo Casals y Av. Mansiche en Trujillo, La Libertad.* Trujillo, La Libertad: Universidad Privado Antenor Orrego. El objetivo de la investigación es estudiar el tráfico en la intersección de las avenidas América Oeste, Pablo Casals y Mansiche, para así evaluar las condiciones de los usuarios dentro de la misma, analizar la situación actual y presentar propuestas para mejorar**

los problemas viales que acontecen en la zona, como el congestionamiento vehicular. Por lo tanto, para obtener un alto índice de confiabilidad se aplicará el software SYNCHRO 8 y la metodología abordada del HCM 2010, cuyas influencias nos permiten identificar correctamente los niveles de servicio, así como los parámetros actuales.

- **Soto, (2017). *Análisis y Planificación Vial del tránsito vehicular en el mercado de la ciudad de Juliaca*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.** El objetivo de la investigación fue analizar la caracterización del tránsito y a la vez planificar las funciones de las vías en determinados tiempos, empleando las herramientas HCM 2000 y SYNCHRO 8 para el análisis de las intersecciones semaforizadas en el mercado de la ciudad de Juliaca, así mismo proponer las nuevas categorizaciones de vías con el objetivo de mejorar la circulación del tránsito. El SYNCHRO 8 mostró claramente el modelamiento del sistema en un nivel de tráfico mejorado, donde se pudo observar que los niveles de servicio bajarían de un nivel F hasta un nivel de servicio A.
- **Vera, E. F. y Zapata, J. P., (2017). *Propuesta para la solución de la congestión vehicular en la avenida Javier Prado Este (Entre la avenida La Molina y la calle Los Tiamos)*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.** El objetivo de la investigación es demostrar que la propuesta de Movilidad Sostenible es una alternativa de solución para la congestión vehicular en la vía, para esto se notó que el uso de vehículo livianos son los que más predominan en el tramo de estudio y que mejorando las

condiciones del sistema de transporte público se puede solucionar la congestión vehicular. Se aplicaron técnicas e instrumentos como la encuesta, los cuestionarios estructurados, los cuales permitirán medir el conocimiento de las personas sobre los factores y también la revisión del índice de accidentes de tránsito. Es así que se concluyó que la Movilidad Urbano Sostenible es una alternativa viable de solución para este problema.

- Bayona, B. y Márquez, T. (2015). *La Congestión Vehicular en la ciudad de Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura. El principal objetivo de la investigación es conocer los principales factores asociados al crecimiento del parque automotor y por ende a la congestión vehicular en la ciudad de Piura, proporcionando información actual sobre dicho problema e instando a nuestras autoridades a enfrentarla desde ahora, mediante una acertada ingeniería y planificación urbana. Se estimó una medida de la congestión en Piura, definiéndose como el tiempo de demora de un vehículo en una intersección vial en las horas puntas por lo cual se empleó ciertas metodologías. Por lo tanto, un nuevo sistema de semaforización y ensanchamiento de algunas vías son algunas alternativas de solución, pero debemos tener en cuenta que la congestión vehicular es solo un síntoma de una problemática mayor.
- López Esquivel, D. E. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo de esta investigación es

gestionar la circulación vial en las principales calles y avenidas de la ciudad, supervisar la fluidez vehicular y el cambio de luces en los semáforos a través de diversas técnicas de recolección de información e instrumentos de análisis como la observación directa, entrevistas, cuestionario, análisis situacional y documental. El congestionamiento vehicular se ajustó a las necesidades encontradas en el Centro de Control de tráfico de la Municipalidad de Trujillo usando formatos empleados de información vial, reparación y configuración de semáforos y análisis micro y macroscópicos.

III. Marco Teórico

El progreso y desarrollo de las sociedades depende que cada una de las ciudades cuenten con las condiciones básicas de infraestructura que son *las estructuras físicas y organizativas, redes o sistemas necesarios para el buen funcionamiento de una sociedad y su economía.* (PNUD, IRP & ISDR 2006), así mismo las United Nations Publications (2004) manifiesta que para su desarrollo, competitividad y capacidad permitiendo la promoción y su progreso local, para mejorar los niveles de calidad de vida de su sociedad, según como se puede inferir cuando manifiestan la ISDR y United Nations Publications que la infraestructura contribuye a mejorar la calidad de vida de una Sociedad.

Infraestructura

La infraestructura es el soporte de servicios básicos que tiene una sociedad para afianzar su desarrollo, según Pablo-Romero (2002) es un conjunto de bienes de capital que aun no siendo utilizado directamente en el proceso de la producción sustenta la estructura productiva y

contribuye a mejorar de forma efectiva las relaciones sociales, las actividades económicas individuales y colectivas, y los intercambios de bienes y servicios; y, concordando con Lázaro Araujo, sostiene que la infraestructura tiene la peculiaridad de “suministrar servicios simultáneamente a múltiples usuarios o al conjunto de la sociedad, más que a las empresas o personas privadas”; esto es, de ser un bien público. Del mismo modo el Banco Interamericano de Desarrollo (2000) considera a la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingenierías e instalaciones que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales. Entendiéndose también que la infraestructura abarca un conjunto de estructuras de ingeniería, equipos e instalaciones de larga vida útil, utilizadas por los sectores productivos y por los hogares. Su definición es un tanto vaga e imprecisa, y tradicionalmente ha sido asimilado al stock de capital público, o a ciertas características técnicas o económicas, tales como su vinculación con servicios básicos, sus altos costos de inversión, su indivisibilidad, su inamovilidad o su naturaleza de bien público (Ibid). Así mismo dinamiza el desarrollo de la comunidad y sociedad en conjunto al igual como afirma Clemens (2009) que proporciona la estructura necesaria para un monitoreo efectivo del mercado y para la protección del consumidor. Entonces es claro evidenciar que todo espacio, ciudad o Estado, deben estar dotados de una infraestructura que garantice una vida de calidad a los pobladores. Del mismo modo Quesada (2010) considera a la RAE y dice que es el conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para la creación y funcionamiento de una organización cualquiera. Para que una sociedad cuente con una calidad de vida eficaz respecto a la infraestructura.

Clasificar la infraestructura es compleja, esto según como manifiestan De Solminihaç, Echaveguren y Chamorro (2018) está sujeto de acuerdo a la utilidad que prestan para la gestión (o servicio) o de acuerdo al ciclo de vida de la gestión. Así mismo también afirma que el objetivo de la infraestructura es apoyar, de manera técnica y objetiva, la toma de decisiones respecto a las inversiones en los distintos tipos de elementos de la infraestructura a lo largo del tiempo, a fin de alcanzar un nivel de servicio adecuado a las necesidades de los usuarios. Es importante tener presente que los recursos existentes para proveer dicho nivel de servicio son limitados. Tal objetivo se ha traducido en el diseño de diferentes sistemas de gestión de diversos tipos de infraestructura. Pero hasta el momento, se puede afirmar que parte importante de los esfuerzos se han focalizado en la infraestructura vial. Al inferir la cita se deduce que todos los avances y desarrollo de la infraestructura están más orientados a la infraestructura vial.

Infraestructura vial

Hay diferentes tipos de infraestructura siendo la infraestructura vial uno de ellos, refiriéndose este a todas las vías de comunicación que es en términos generales se entiende por vía de comunicación el medio que sirve para el transporte de personas, mercancías, agua, fluidos, corriente eléctrica, etc., de un lugar a otro (García; 2005) con el cual cuenta una ciudad o ciudades y países para su intercomunicación según como manifiesta el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial (2008) que constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras, camino y todo el conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos de forma confortable y segura desde un punto a otro, minimizando las externalidades. Esto incluye los pavimentos, los puentes, túneles, dispositivos de seguridad,

señalización, sistemas de drenaje, taludes, terraplenes, y elementos paisajísticos. las condiciones que deben presentar estas vías serán las idóneas permitiendo que este lugar presente una dinámica de progreso en su quehacer diario, sin embargo para que esas condiciones tengan los criterios técnicos que garanticen optimización y uso eficaz de la infraestructura vial se requiere de procesos de mantenimiento y equipamiento de primera calidad, para evitar el deterioro de éstas como consecuencia de diferentes factores como: el clima, el excesivo uso diario de éstos, entre otros, siendo el mantenimiento oportuno y adecuado de éstas vías imprescindible para evitar el daño y detrimento sobre los niveles que exijan procesos de reconstrucción en periodos tempranos en relación de la vida útil programada según los proyectos de obras viales. (De Solminihac; 2018)

La infraestructura vial como se sabe, es el conjunto de componentes físicos que interrelacionados entre sí de manera coherente y bajo cumplimiento de ciertas especificaciones técnicas de diseño y construcción, ofrecen condiciones cómodas y seguras para la circulación de los usuarios que hacen uso de ella. (MTC, 2018), siendo los componentes físicos:

- Estructura del pavimento (Calzada)**
- Separador central**
- Obras de arte o drenaje**
- Muros de contención**
- Puentes vehiculares y peatonales**
- Elementos de seguridad vial (Señalización, alumbrado, barandas, dispositivos electrónicos, etc)**

y los usuarios:

- Vehículos automotores
- Peatones

Todos estos elementos prioritarios mencionados líneas arriba de la infraestructura vial generan el tránsito considerado como el conjunto del desplazamiento de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público permitiendo el desarrollo de un lugar, de esta manera se organiza la sostenibilidad de esta vía, a través del mantenimiento que se debe implementar periódicamente a las carreteras según como señala el Manual de Carreteras - Conservación Vial Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC 2013), una carretera, además del mantenimiento periódico, debería recibir un mantenimiento rutinario en la etapa en que la vía ha llegado al estado regular; mientras que, cuando ésta se encuentra en mal estado, ya debería ser rehabilitada (Alberto Bull; 2003). El estado de la vía se define, entre otros criterios, por el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) según manifiesta Bustos et al, (2000) considerando a Sayers et al, 1986 quien afirma que es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, que se determina mediante un cálculo matemático realizado con las cotas del perfil longitudinal del camino el IRI es un indicador ampliamente utilizado en el mundo vial en la actualidad. (Bustos, 2000). Para el caso peruano, se han fijado valores del IRI de la siguiente forma:

Vías de comunicación

Existen diferentes tipos de vías de comunicación que son caminos y rutas que se emplean para trasladarse de un lugar a otro y mediante los cuales se conectan los pueblos, las ciudades y los países. (Briones, 2016) Estos son uno de los elementos de la infraestructura vial, los cuales se

clasifican ya sea como terrestre, acuática y aérea, y cada una de ellas presenta una subdivisión como es el caso de las vías de comunicaciones terrestres donde están las carreteras, caminos, autopistas, vías de tren, puentes, etc., en acuáticas están las rutas marítimas y en las aéreas las rutas aéreas.

Carreteras

Estas son conocidas como *“camino público, ancho y pavimentado dispuesto para el paso de vehículos”* o que es una *“vía de comunicación entre pueblos*, Estos son uno de los elementos de la infraestructura vial, los cuales se clasifican ya sea como terrestre, acuática y aérea, y cada una de ellas presenta una subdivisión como es el caso de las vías de comunicaciones terrestres donde están las carreteras, caminos, autopistas, vías de tren, puentes, etc., en acuáticas están las rutas marítimas y en las aéreas las rutas aéreas. *debidamente acondicionada y asfaltada, destinada a la circulación de vehículos”* o tal vez una *“vía de comunicación que por lo general mantiene la autoridad gubernamental para el paso de vehículos, personas o animales”* (Alonzo, 2005). Permitiendo así a los lugares el desarrollo de su sociedad por las facilidades que dotan estos medios de comunicación.

Clasificación de Carreteras

Se tiene diferentes formas de clasificar a las carreteras según el análisis teórico y técnico, pero mucho depende del fin para el cual está orientada la carretera o por su transitabilidad. (Manual de Carreteras; 2014)

El construir una carretera conlleva a tener presente que estas pueden estar *constituidas por una calzada única con los dos sentidos de circulación, o por calzadas separadas, una para cada sentido de circulación, o por calzadas separadas, una para cada sentido de circulación, distanciadas en este último, caso por una mediana o franja longitudinal no apta para la circulación de vehículos. Las medianas pueden ser centrales (cuando separan calzadas de sentidos opuestos de circulación) o laterales (entre calzadas con los mismos sentidos de paso). Según su configuración pueden ser elevadas, a nivel o formadas por barreras.* (López, 2006) y todo el proceso que demanda seguirse cuando se preparará una carretera obliga a contar con el pavimento idóneo a emplear.

Intersecciones

En la construcción de una carretera esta contará con diversas vías, ya sean calles, avenidas, intersecciones que son un área donde se cruzan dos o más vías, posibilitando el cambio de dirección de trayectoria y estos cambios se realizan en un mismo plano y otras. (Bull; 2003)

Hay diversas clases de intersecciones como:

Intersecciones a nivel

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. (Manual de carreteras; 2018)

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad posibles.

Denominación y tipos de intersección a nivel

Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo soluciones de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes.

Una intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto.

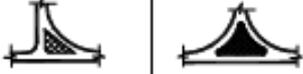
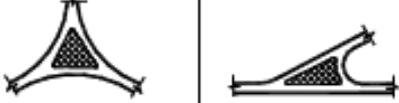
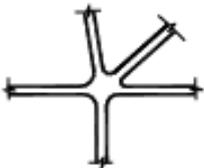
Tabla 01: Tipos de intersección a nivel

Tipos de intersección a nivel		
Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60° y 120°
En Y	tres	< 60° y >120°
En X	cuatro	< 60°
En +	cuatro	>60°
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización

Figura 02: Tipos de intersección a nivel por su geometría

DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADAS 	
	EMPALME EN Y	SIMPLE 	CANALIZADAS 		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
	INTERSECCION EN X	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
		VEASE FIGURA 501.01			
	ESPECIALES	EN ESTRELLA 			ROTONDA 

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Criterios generales

- **Preferencia de los movimientos más importantes.**

En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

Reducción de las áreas de conflicto.

En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

- **Perpendicularidad de las intersecciones.**

Las Intersecciones en ángulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

- **Separación de los movimientos.**

Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

- **Canalización y puntos de giro.**

Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas marcadas en el pavimento o con sardineles, los cuales ofrecen mayor seguridad.

- **Visibilidad**

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.

Consideraciones de tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

- **Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.**
- **La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.**
- **Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito.**

Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinará el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, acorde a las disposiciones del “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”, vigente.

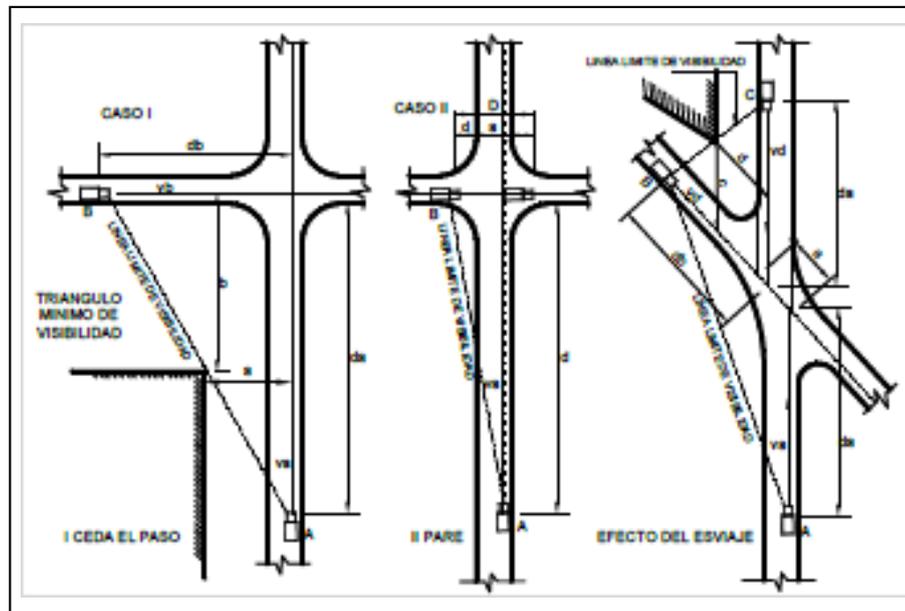
El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).
- Porcentaje de “esperas vehiculares” en la vía secundaria por efectos del tránsito.

Visibilidad de cruce - Triángulo de visibilidad

El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad.

Figura 03: Triángulos de visibilidad



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad requerido, debe removerse o reducirse a una altura límite, la cual debe establecerse durante el diseño para cada caso.

Si el triángulo de visibilidad es imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con la visibilidad existente.

Triángulo mínimo de visibilidad

El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada.

Cuando no se dispone de una visibilidad adecuada, un conductor puede acelerar, decelerar o detenerse en la intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo – velocidad, indica el triángulo de visibilidad que se requiere libre de obstáculos, y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación.

Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura, a través del área común del cruce. El diseño de la intersección, deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella.

Señalización de intersecciones

El diseño debe contemplar que toda intersección a nivel, esté provista de las señales informativas, preventivas, restrictivas y demás dispositivos,

de acuerdo a lo establecido en el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”, vigente.

La señalización en la intersección misma, será considerada restrictiva y responderá a los siguientes criterios:

o La importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro, y, por tanto, uno de ellos deberá enfrentar un signo PARE o una señal CEDA EL PASO, cuya elección se hará teniendo presente las siguientes consideraciones:

o Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuado a las velocidades de diseño de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO.

o Cuando el triángulo de visibilidad obtenido, no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación de los flujos de tránsito aconseja otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará el signo PARE.

o Cuando las intensidades de tránsito en ambos caminos, sean superiores a las aceptables para regulación por signos fijos (Pare o Ceda el Paso), se deberá recurrir a un estudio técnico-económico que establezca la solución más conveniente. En cruces de carretera por zonas urbanas, se contempla el uso de semáforos.

Intersecciones sin canalizar

Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

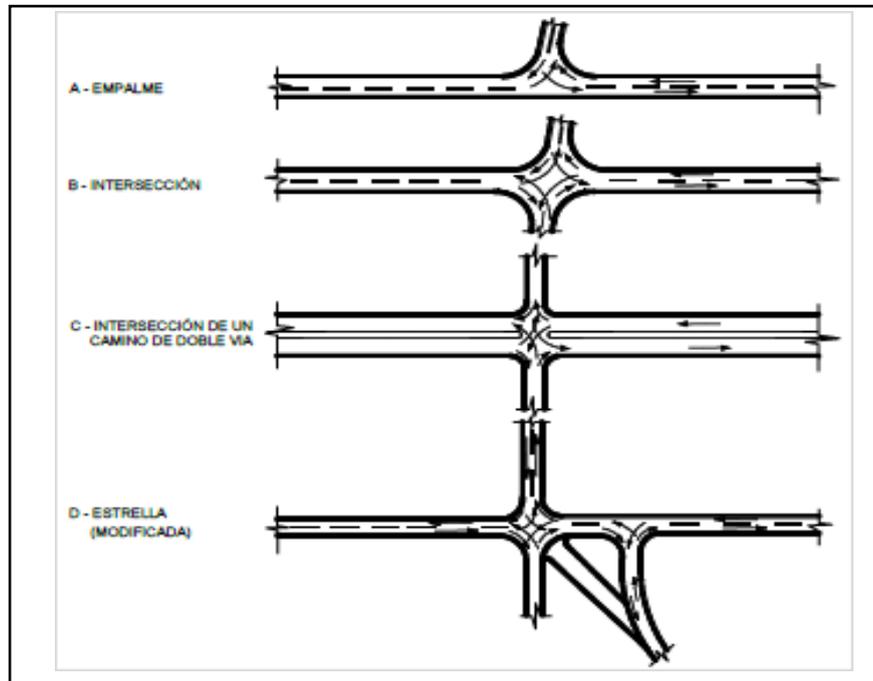
En casos justificados en que sea necesario utilizar trazados mínimos, podrán utilizarse los valores indicados en la siguiente tabla o valores similares, siempre que se consideren carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales), para poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/h que permite el ramal de giro, (y viceversa). (Manual de Diseño de Carreteras, 2018)

Intersección sin canalizar simple

En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito.

Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. La siguiente figura, ilustra empalmes y cruzamientos simples. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de los rangos (60° a 120°) sin variar el concepto.

Figura 04: Ejemplo de intersección sin canalizar

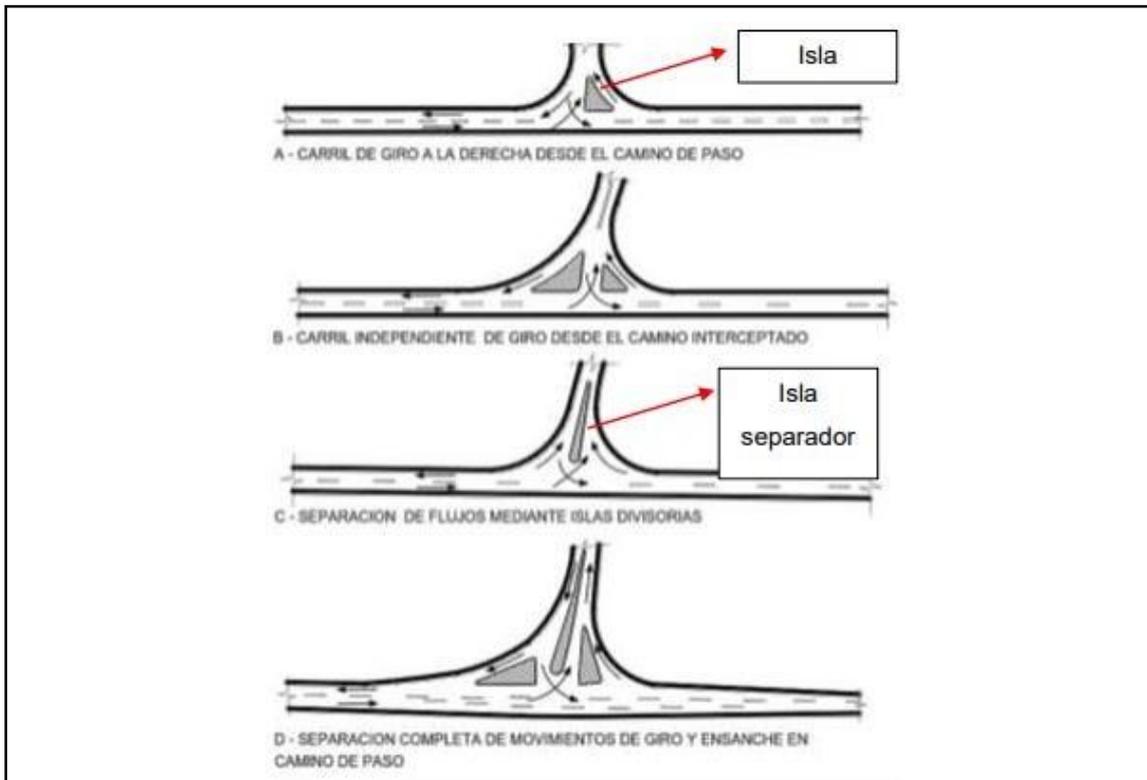


Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Intersecciones canalizadas

Es un espacio muy grande y al momento de realizar giros de movimientos, se genera confusión. (Manual de Diseño de Carreteras, 2018). Al presentarse estos espacios se hace necesario las islas de canalización que se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar. (Ibid.)

Figura 05: Intersecciones canalizadas



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño, posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al

vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar.

Las islas de canalización, deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

Cuando sea necesario diseñar islas de canalización con velocidades de giro mayores a 15 Km/h, se deberá tener en consideración, en las curvas de las intersecciones, coeficientes de fricción lateral, mayores que los usuales en el diseño normal de carreteras, lo cual es válido para velocidades de diseño de hasta 65 km/h. Para velocidades mayores, se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de la carretera.

Tabla 02: Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m ²)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22.5---45	1.05	4.20	5.50
VP		45---22.5---45	1.50	5.40	4.50
VA		54---27.0---54	1.05	6.00	4.50
VL	90	45---15.0---45	0.90	4.20	4.50
VP		45---15.0---45	1.50	5.40	7.50
VA		54---19.5---54	1.80	6.00	11.50
VL	105	36---12.0---36	0.60	4.50	6.50
VP		30---10.5---30	1.50	6.60	4.50
VA		54---13.5---54	2.40	9.00	5.50
VL	120	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	11.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.20	8.40
VA		54---12.0---54	2.55	10.40	20.40
VL	135	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	43.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.90	34.50
VA		48---10.5---48	2.70	10.70	60.00
VL	150	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	130.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.80	9.00	110.00
VA		48---10.5---48	2.15	11.60	160.00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Se muestra los valores de los radios mínimos en intersecciones canalizadas con velocidades de diseño superiores a 20 Km/h, para peraltes de 0% y 8%.

Tabla 03: Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

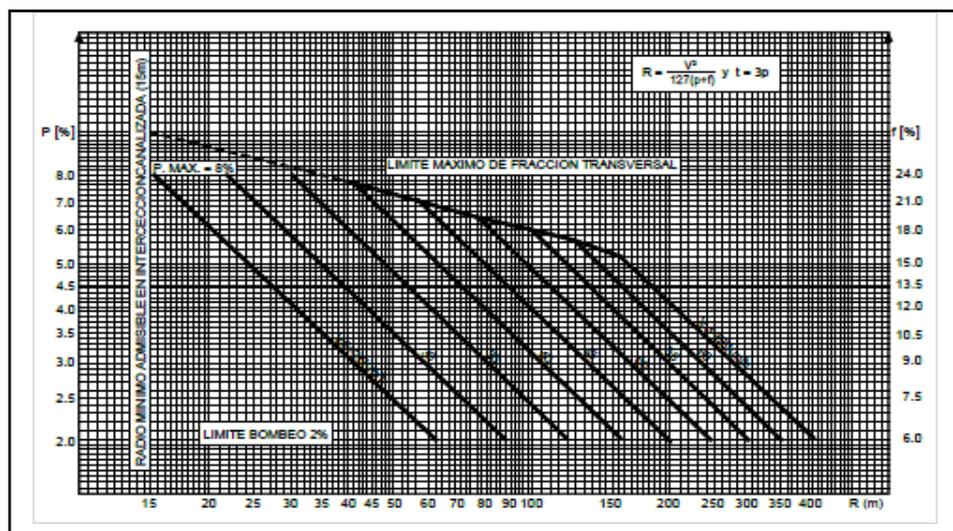
V (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
f máximo	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
Radio mínimo (m) (p=0%)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
Radio mínimo (m) (p=8%)	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Muestra los valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condiciones limitantes.

Figura 06: Valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condicionamientos limitantes



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras 2018

De acuerdo a su operación de control:

Intersección Priorización

Regulan derecho de paso mediante señal “CEDA EL PASO” donde conductores de vía secundaria desaceleran y dan prioridad vehicular a la avenida principal.

La señal de “PARE” se detiene completamente, y si tienen visibilidad cruzan para evitar accidentes (Bull, 2003)

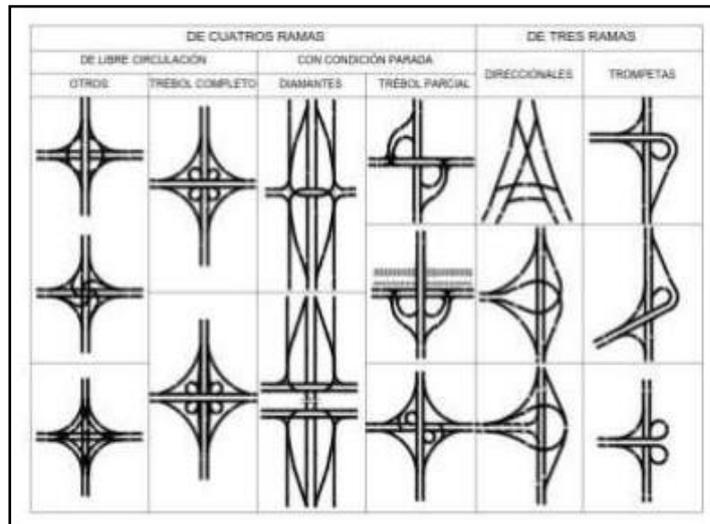
Intersección Semaforizadas

Los semáforos son señales de control que indican periodos en los que se puede avanzar por la intersección. La distribución de cada tiempo se llama reparto, y ciclo ese el tiempo transcurrido desde el inicio hasta que la fase vuelva a empezar. (Manual de Carreteras; 2018)

b. A desnivel

movimientos que se realizan en planos superiores o inferiores, ya que su cruce se convertiría en punto de conflicto. Para favorecer la distribución de volúmenes se crean estos cambios viales.

Figura 07: Ejemplo de intersecciones a desnivel



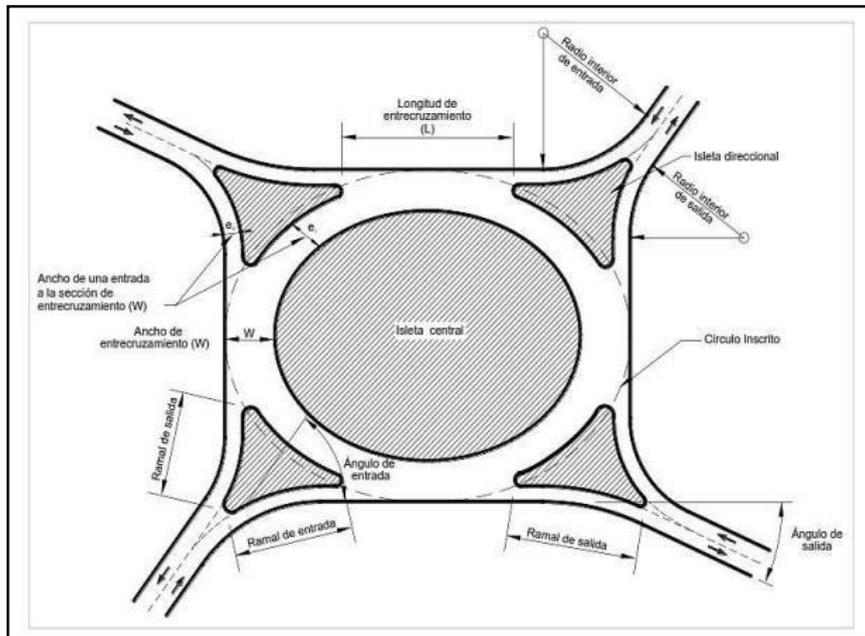
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018

c. Rotonda o Glorieta

Isla central que sirve para separar movimientos y los vehículos giran hasta encontrar su salida. Se recomienda de 6., mayor a 20m la capacidad es muy reducida y solo se usa en caso haya de 5 o 6 tramos. Se debe evitar una de 40 m de diámetro. Para miniglorietas, se oscila entre 1 a 4 m de diámetro y se usa para una velocidad menor a 50 km/h., va acompañada de pintura, señalización vertical, etc.

- Se propone una longitud de entrecruzamiento compatible con geometría.
- Se determina la capacidad de cada sección de entrecruzamiento propuesta.
- Se compara la capacidad anterior con el volumen de demanda en el entrecruzamiento.

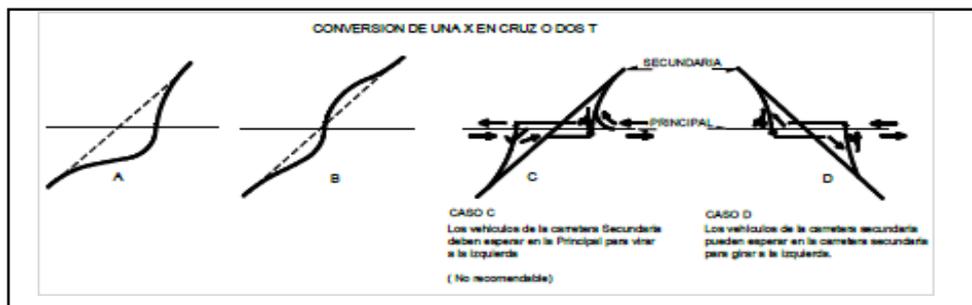
Figura 08: Elementos en la Fórmula del Wardrop



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Criterios para obtener cruces perpendiculares en intersecciones, muy esviadas.

Figura 09: Criterios para obtener cruces perpendiculares



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018

Ensanches de la sección de los accesos al cruce

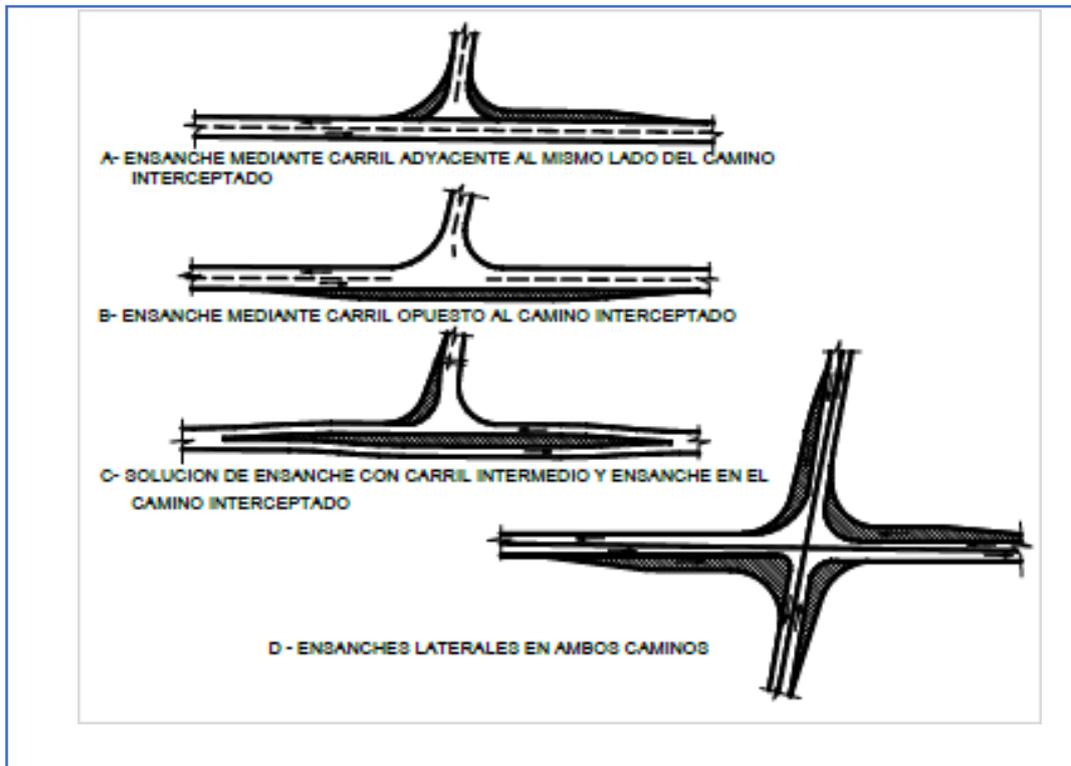
Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una Intersección Canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño, produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

Se ilustra los distintos tipos de ensanches, según las necesidades del cruzamiento, en la cual se presentan los siguientes ejemplos.

- **Se adoptan carriles de deceleración en los sectores de llegada o salida al empalme, cuando existan volúmenes importantes de giro a la derecha, desde la carretera principal a la que empalma o viceversa. Figura A**
- **Se adopta de un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan volúmenes importantes. Figura B**
- **Con criterio de solución similar al anterior, en este caso se adopta un carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos, cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal, representan volúmenes importantes, al igual que los del camino interceptado hacia la izquierda. Figura C**
- **Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se adopta por ensanchar los accesos a la intersección como se indica en la Figura D. Esto da a la intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.**

Figura 10: Ejemplos de ensanches de la sección de los accesos al cruce



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2018

La geometría de la vía o carretera como se infiere es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, (DG-2018); del mismo modo es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno (wikipedia: s/a, s/p).

Esta presenta diversos elementos que en conjunto permiten el desempeño eficaz de la transitabilidad en las diferentes vías de comunicación, como por ejemplo se tiene:

- La calzada.

- La isla
- La Berma
- entre otros.

Los Dispositivos de Seguridad

Son aquellos medios que sirven para prevenir accidentes y amortiguar la gravedad como consecuencia de los mismos en curvas peligrosas de la carretera; en zonas con terraplenes elevados, precipicios, puentes y otros sitios que puedan causar peligro a los usuarios (MTC; 2013; pág. 58), relacionándose con toda la seguridad vial que son el conjunto de acciones orientadas a incrementar el margen de seguridad de los usuarios de las vías, para reducir los costos sociales de los accidentes (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial; 2006)

La Señalización Vial

Elemento que es considerada trascendental ya que cumple la función para lo cual fue diseñado e instalado, ya sea preventivo, reglamentario o informativo. (MTC, 2013), entendido del mismo modo como el conjunto de elementos ubicados a lo largo de las carreteras con el fin de brindar información. (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, 2006).

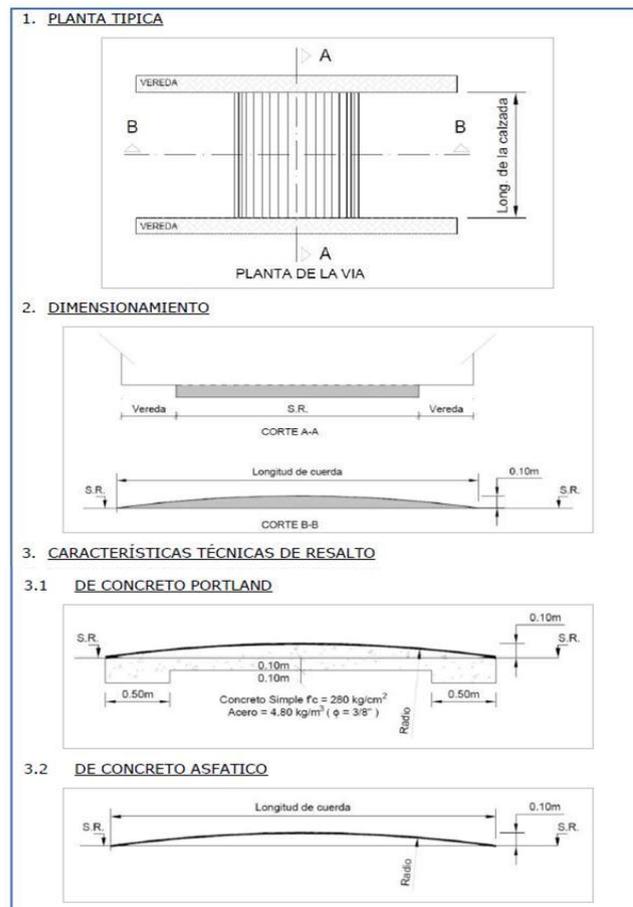
Esta se orienta a permitir una apropiada percepción del resalto durante todo el día, la noche y ante cualquier circunstancia, tanto en la travesía como en el entorno del resalto, se debe de utilizar elementos de

señalización, teniendo para ello la señalización vertical y horizontal, siendo la señalización vertical según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013): son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, que ayudan a reglamentar prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos situaciones que acontecen en una vía cuando los peligros no son evidentes.

El diseñador deberá implementar la instalación de señales verticales: reglamentarias, preventivas e informativas en la zona de aproximación al resalto, de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

La señalización de ubicación del resalto en carreteras no pavimentadas debe ser diferenciada conforme se muestra en la Figura N° 11 y de conformidad a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento. (Manual de Seguridad Vial; 2017)

Figura 11: Resalto de sección circular



Fuente: Manual de Seguridad Vial 2017

La señalización de tránsito vertical (reguladora o reglamentaria, preventiva e informativa) es fundamental para la seguridad vial, ellas indican a los usuarios situaciones o localizaciones potencialmente peligrosas. Las señales deben estar diseñadas, localizadas y a su vez deberá contar con un adecuado plan de mantenimiento, de tal modo que permitan alertar sobre situaciones de peligro y que puedan ser leídas y entendidas fácilmente, para guiar a los conductores con un máximo de seguridad. Como ejemplo de señal preventiva tenemos al “Chevrón” que permite advertir geometrías de difícil lectura.

- Tener buena visibilidad, principalmente en condiciones ambientales adversas (ejemplo neblina, lluvia, etc.).
- Estar provisto de material retrorreflectante, para reforzar su visibilidad cuando existe poca luz solar.
- Ser mantenidos adecuadamente para asegurar su efectividad en el tiempo.
- Visibilidad de delineadores en la noche.

Sin embargo, el uso incorrecto de las señales, por parte de las autoridades competentes, causa confusión e incentiva el falta de respeto por las mismas.

Ejemplos de señales verticales

1. Ubicación y altura

Figura 12: Ubicación lateral y de altura en vía

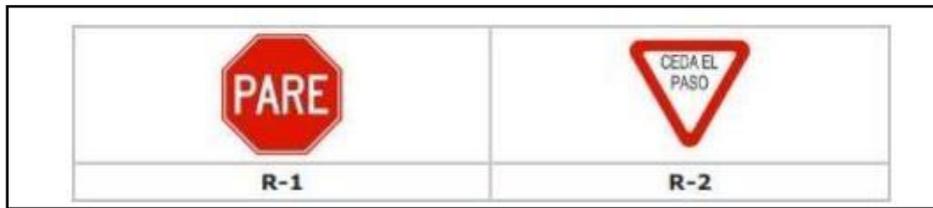


Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016

2. Señales reguladoras, se tiene entre ellas:

a. Señales de prioridad

Figura 13: Señales de Prioridad



Fuente: Manual de dispositivos de Control de Tránsito, 2016

b. Señales de prohibición

Figura 14: Señales de prohibición de maniobras y giros



Fuente: Manual del Dispositivos de Control del Tránsito, 2016

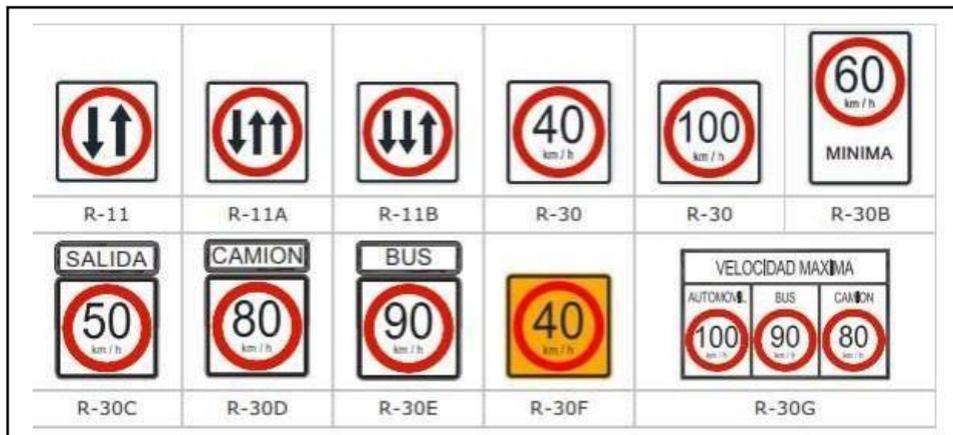
Figura 15: Otra señal de prohibición



Fuente; Manual del Dispositivos de Control del Tránsito, 2016

c. Señales de restricción

Figura 16: Señales de Restricción



Fuente: Manual del Dispositivos de Control del Tránsito, 2016

d. Señales de obligación

Figura 17: Señales de Obligación

R-3	R-5	R-5-1	R-5-2	R-5-3	R-5-4
R-7	R-9	R-14	R-14A	R-14B	R-18
R-20	R-37	R-40	R-47	R-48	R-49
R-50	R-42	R-42A	R-42B	R-42C	R-43
R-34	R-54	R-54A	R-54B	R-55A	R-55B
R-56	R-58A	R-58A			

Fuente: Manual del Dispositivos de Control del Tránsito, 2016

e. Señales de autorización

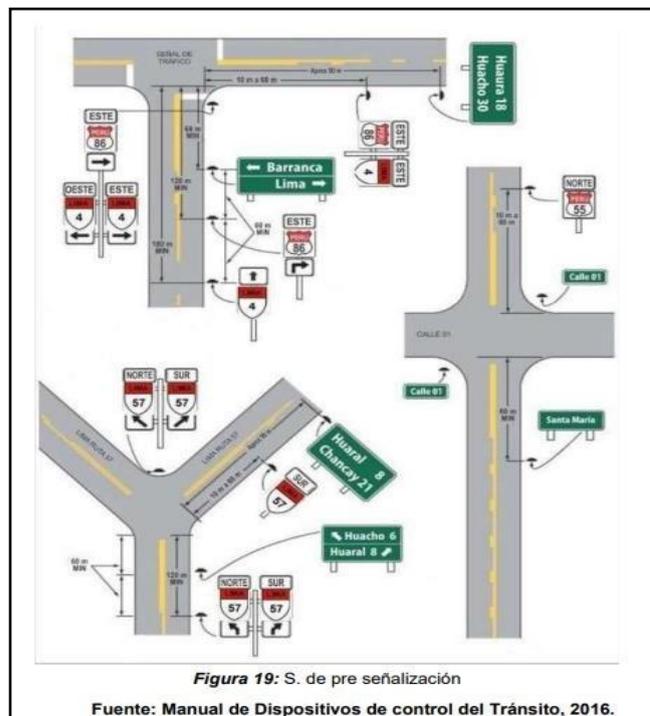
Figura 18: Señales de Autorización



Fuente: Manual del Dispositivos de Control del Tránsito, 2016

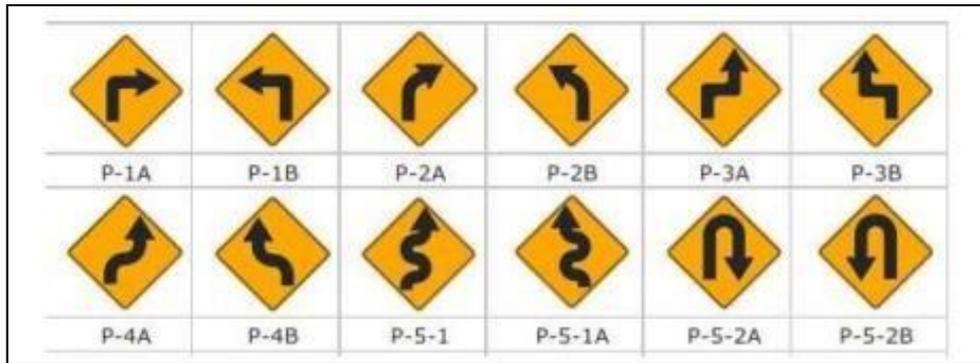
f. Señales de prevención

Figura 19: Señales de Pre-señalización



Fuente: Manual de dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 20: Señal preventiva – Curvatura Horizontal



Fuente: Manual de Dispositivo de Control de Tránsito, 2016

g. Señales de información

Figura 21: Señales de identificación en zonas urbanas



Fuente: Manual de Dispositivo de Control de Tránsito, 2016

Figura 22: Señales de identificación en zonas urbanas

				
I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
				
I-10	I-11	I-12	I-13	I-14
				
I-15	I-16	I-17	I-18	I-19
				
I-20	I-21	I-22	I-23	I-24
				
I-25	I-26	I-27	I-28	I-29
				
I-31	I-32	I-33	I-34	I-35

Fuente: Manual de Dispositivo de Control de Tránsito, 2016

Figura 23: Señales de dirección turística



Fuente: Manual de Dispositivo de Control de Tránsito, 2016

Señalización horizontal

Son demarcaciones en vías que complementan dispositivos de control de tránsito (s. vertical, semáforos y otros) y transmiten instrucciones y mensajes que los otros dispositivos no hacen. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras; 2016)

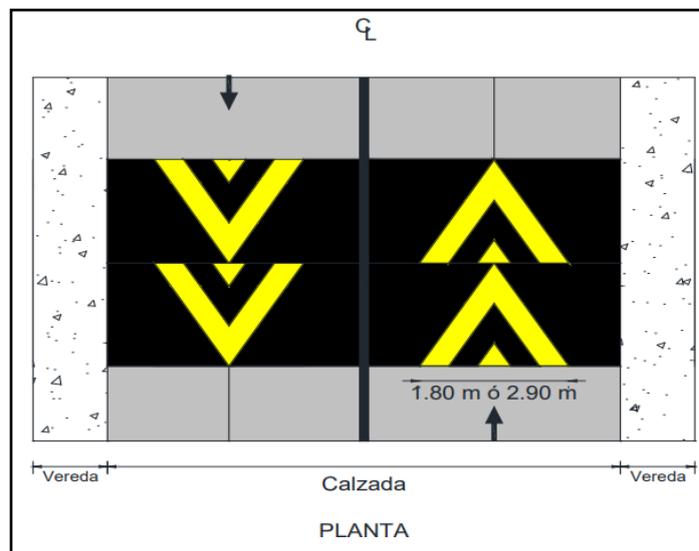
- Línea de estacionamiento. - qué son las líneas paralelas al eje de la calzada que delimita la zona de estacionamiento y el carril de flujo. Tiene de 0.10 a 0.15m de ancho.
- Línea de pare. - son aquellas líneas transversales a la superficie que indica dónde el conductor debe detener completamente su vehículo antes de un semáforo o señal de prioridad.

Figura 24: Calzada con línea de Pare y Señales Horizontales

según la sección del carril. Las dimensiones antes citadas, se aplicarán en función a dar la máxima visibilidad a toda la longitud del resalto y que la señal sea de fácil interpretación.

Como parte de la señalización, cuando se justifique, se puede incorporar tachas retrorreflectivas dentro del cuerpo del resalto y a lo largo de la zona de contacto con la superficie de rodadura, que indique al usuario la presencia de estos elementos en las noches. (MTC, 2011).

Figura 25: Ejemplo Resalto de sección circular y vertical

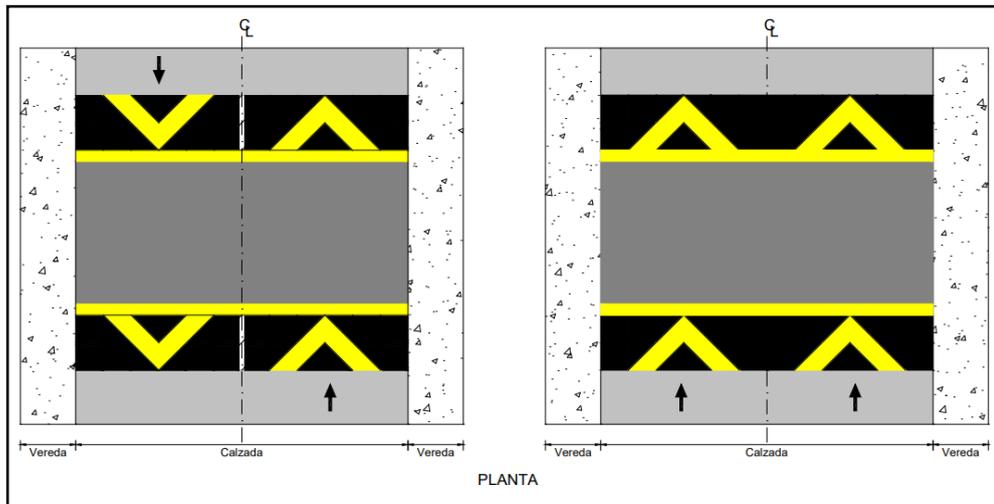


Fuente: Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC). Directiva 01-2011 MTC/14

b. Resalto de sección trapezoidal

Será pintado con flechas de color amarillo, de espesor de medio metro (0.50m) y la dirección según el sentido del tránsito. En los bordes de la sección plana se marcarán con líneas de color amarillo y fondo negro.

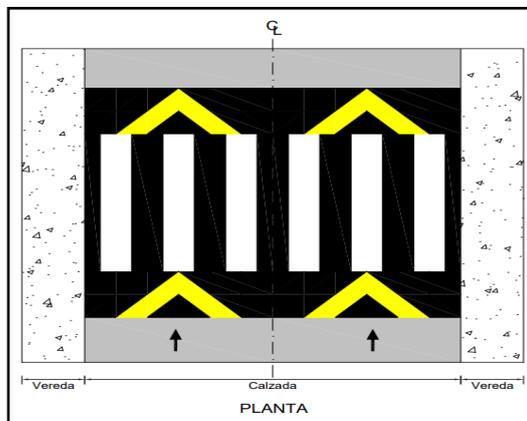
Figura 26: Ejemplo Resalto de Sección Trapezoidal



Fuente: Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC). Directiva 01-2011 MTC/14

En vías urbanas, en caso se justifique, la sección plana de los resaltos tipo trapezoidal podrá contar con líneas de paso peatonal.

Figura 27: Ejemplo Resalto Sección Trapezoidal con Líneas de Paso Peatonal

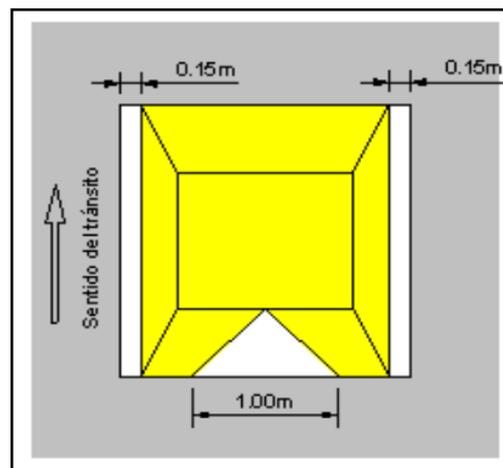


Fuente: Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC). Directiva 01-2011 MTC/14

c. Resalto tipo cojín

Será de color amarillo, y a los costados del cojín será demarcado por una línea blanca de quince centímetros (15 cm) de ancho a lo largo del cojín, y una flecha de color blanco de un metro de a Manual de Seguridad Vial; 2017ncho (1 m) de acuerdo al sentido del tránsito, así como se muestra a continuación.

Figura 28: Ejemplo Resalto Tipo Cojín



Fuente: Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC).
Directiva 01-2011 MTC/14, 2011

Otro de los elementos de los dispositivos de la seguridad vial es la semaforización.

Semáforos

Dispositivo electrónico que tiene como función controlar y regular el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal a través de indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar

Para sistema coordinado de semáforos, deben tener unidades de control que controlan funciones básicas a través de una estación central (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

- **Semaforización**

Es la distribución de tiempos que se darán a un semáforo, mediante parámetros para el funcionamiento en una intersección. Éstos son fases semafóricas, ciclos del semáforo y tiempo de servicio (o verde) para cada fase. (Carrasco & Wazhima, 2012) además son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar.

- **Fases del semáforo**

Ordenamiento de movimiento vehicular, peatonal o combinación de ambos, que se pueden dar en simultáneo o consecuente de la anterior. Una fase puede comenzar con el indicador rojo, para luego la segunda fase comienza con verde, siempre y cuando termine la duración roja.

(Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y Carreteras; 2015)

El color rojo prohíbe el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado.

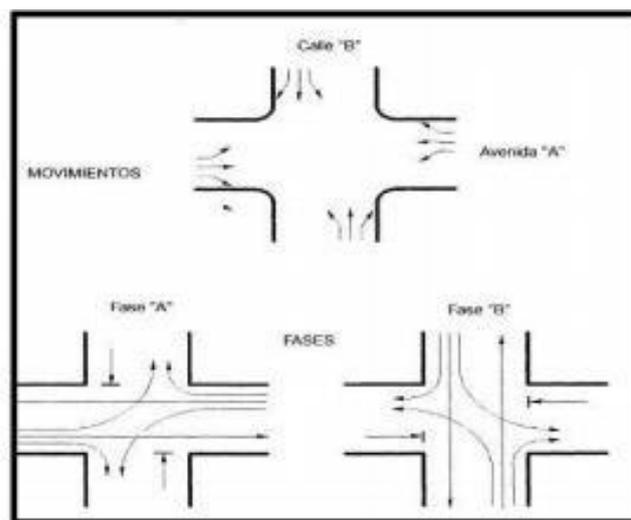
El color verde permite el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado.

El color amarillo o ámbar dispone al Conductor ceder el paso y detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial.

La regulación y control de la operación de los semáforos se realizan a través de unidades de control de diferentes tipos.

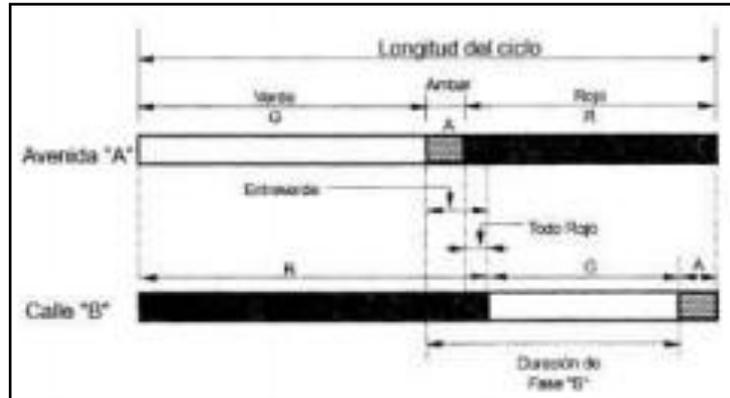
Para el caso de un sistema coordinado de semáforos, deberán contar con unidades de control adyacentes o sucesivas interconectadas, que controlan sus funciones básicas a través de una Estación Central o Control Maestro.

Figura 29: Ejemplo de 2 fases en intersección



Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas en Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones

Figura 30: Ejemplo de diagrama de fases



Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas en Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones

Elementos que componen un semáforo

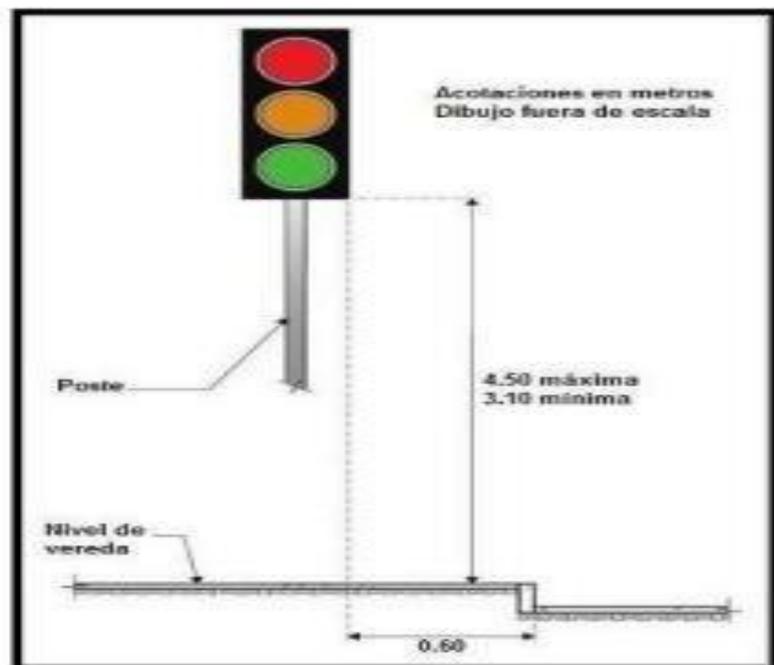
Un semáforo consta de dos partes (soporte y cabeza), cuyo desarrollo es el siguiente:

Soporte. – Es la estructura que sujeta la cabeza del semáforo de forma que le permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.

Por su ubicación en la intersección, al lado o dentro de la vía el soporte está compuesto por postes, ménsulas cortas, ménsulas largas sujetas a postes laterales, pórticos, cables de suspensión y postes y pedestales en islas.

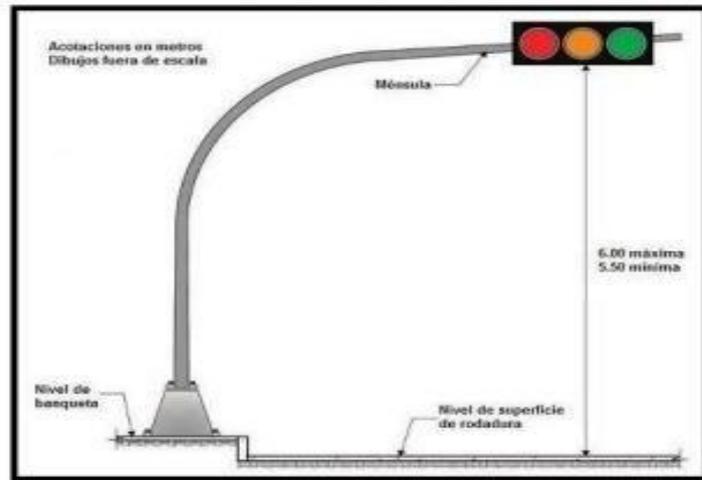
Ejemplos de semáforos tipos poste y ménsula

Figura 31: Semáforo tipo poste



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Tránsito, 2016

Figura 32: Semáforo tipo ménsula

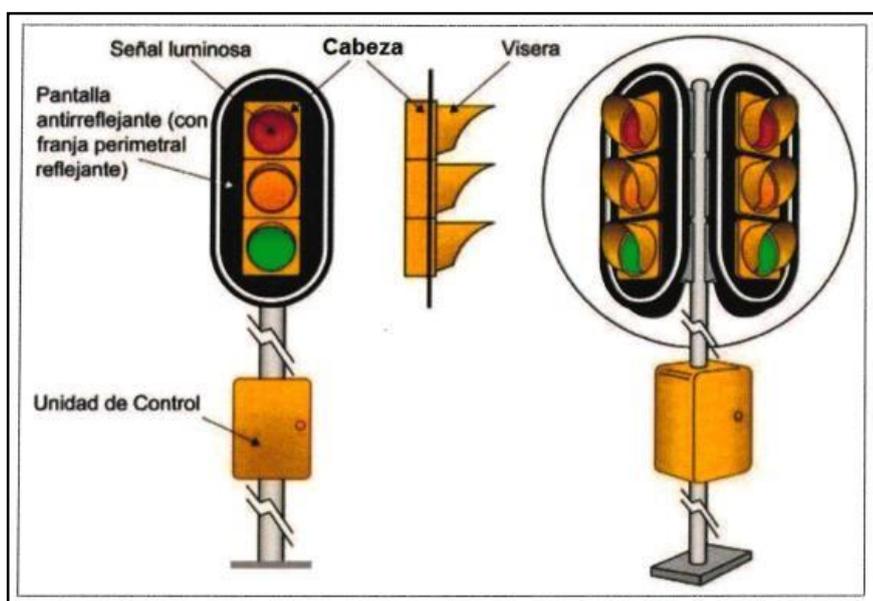


Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Cabeza. – Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes condiciones.

Ejemplos de configuración de cabeza de semáforos

Figura 33: Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos



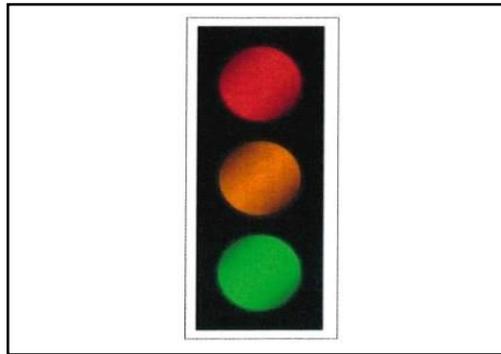
Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

A continuación, se describen los elementos principales de cabeza del semáforo:

Cara. – La cara es el conjunto de módulos luminosos, viseras y placas de contraste (opcional) que están orientadas en la misma dirección. Para el control vehicular, las caras tienen de uno hasta un máximo cinco módulos luminosos, para regular los movimientos de circulación. Para el control peatonal, pueden tener dos módulos luminosos.

Ejemplo de la cara de un semáforo.

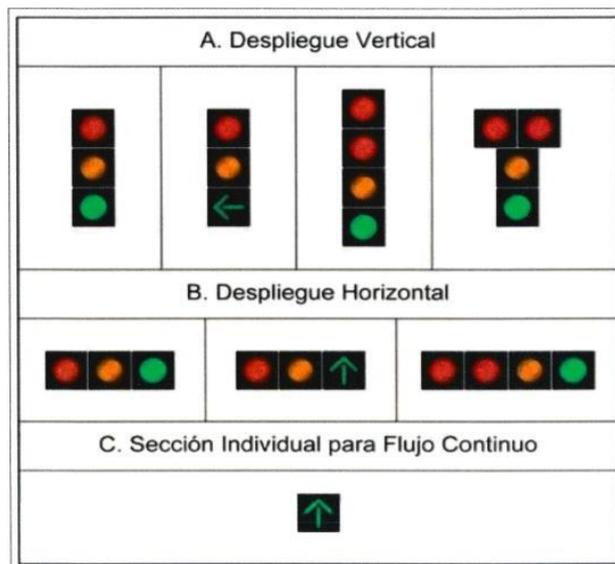
Figura 34: Ejemplo de cara de un semáforo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Ejemplo de configuración de caras de semáforos.

Figura 35: Configuración de caras de semáforos



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Altura de la cara. – La parte inferior de la cara del semáforo tendrá las siguientes alturas libres:

a) Para semáforos con soporte tipo poste.

-Altura mínima 3.10 m

-Altura máxima 4.50 m

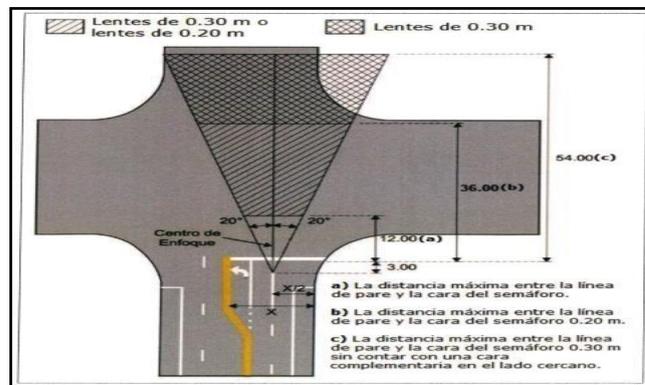
b) Para semáforos con soporte tipo ménsula.

-Altura mínima 5.50 m

-Altura máxima 6.00 m

- Ubicación longitudinal. – Las caras de los semáforos se ubicará de tal manera que sean visibles a los conductores que se aproximan a la intersección, a continuación, un ejemplo de cómo se ubican el o los semáforos cuando se instalan en el lado más lejano del acceso a la intersección.

Figura 36: Ejemplo de la ubicación de las caras de un semáforo en el lado más lejano del acceso a la intersección



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

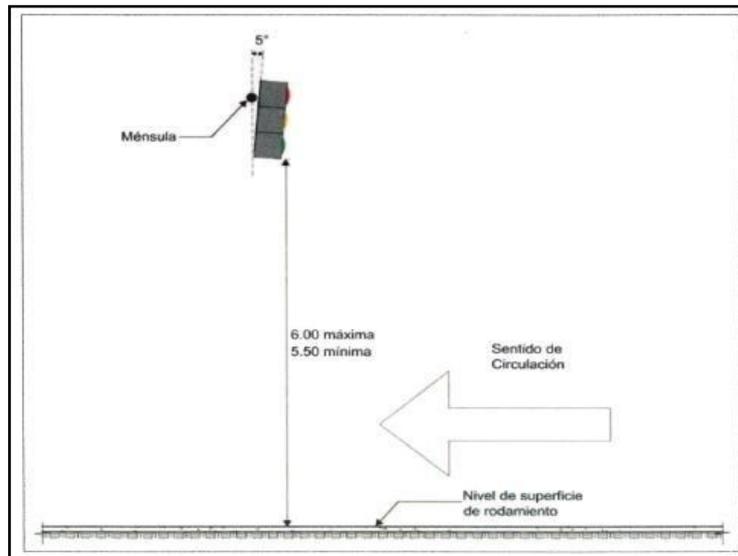
Para la ubicación de semáforos en cada acceso de una intersección se tendrá en consideración lo siguiente.

- a) Cuando se instalen semáforos con soportes tipo poste, habrá como mínimo dos caras en el lado más lejano del acceso a la intersección.**
- b) Los semáforos con soporte tipo ménsula, se colocarán como mínimo dos por acceso, uno en el lado más lejano de la intersección y el otro en la prolongación de la Raya de alto M-6 de la imagen anterior y diagonal a la posición del primero, debiendo contemplar las siguientes situaciones:**
 - Donde existía limitaciones de visibilidad.**
 - En intersecciones rurales aisladas.**
 - En las transiciones de una vía principal con otra secundaria.**
- c) Cuando se instale un solo semáforo con soporte tipo ménsula, éste deberá complementarse con una cabeza, la cual irá adosada en la parte vertical de la ménsula.**

La ubicación de las caras de los semáforos se analizará en forma particular en cada caso, para definir la configuración, debiendo tenerse en consideración para tal fin criterios de ubicación, orientación y número de caras recomendables.

- Ángulo de colocación. – La cara del semáforo se colocará en posición vertical y a 90° con respecto al eje de acceso.**

Figura 37: Ejemplo de ángulo de colocación de un semáforo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

En los soportes tipo ménsula, debe colocarse con una inclinación de 5° hacia abajo.

Los accesorios de fijación permitirán ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable. Cada cara del semáforo se orientará en un ángulo tal que su señal luminosa o lente sea de máxima efectividad para el tránsito que se aproxime en la dirección para la cual está prevista.

En las intersecciones que no son en ángulo recto o son de accesos múltiples, deben instalarse semáforos en las posiciones y orientaciones necesarias que demande el tránsito vehicular. Dichos semáforos deben tener un funcionamiento coordinado y deben estar provistos de placas de contraste.

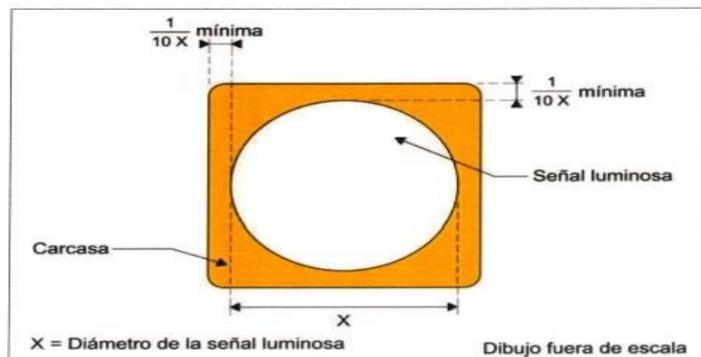
- **Módulo luminoso o carcasa.** – Es la parte de la cara que emite luces de diferente color, debiendo cada módulo luminoso ser iluminado independientemente, condición esencial para obtener uniformidad en

la posición de estas, para darle satisfactoria brillantez y para proporcionar la flexibilidad necesaria en las indicaciones requeridas. Los módulos luminosos son de los dos tipos siguientes que no deben ser mezclados en una llegada:

a) Módulo luminoso con bombilla incandescente o una luz halógena, que está conformado por un reflector, que es un elemento cóncavo de forma paraboloidal y superficie tratada para reflejar la luz de la bombilla en dirección al lente, y por un Portalámparas, que viene a ser la parte metálica destinada a recibir el casquillo y asegurar la conexión de la bombilla con el circuito eléctrico.

b) Módulo luminoso con LED (Light-Emitting-Diodes), que es un diodo de emisor de luz de los tres colores usados para los sistemas de semáforos, también se pueden usar LED blancos, con el uso de los mismos lentes de color utilizados delante de los módulos de bombilla.

Figura 38: Ejemplo de módulo luminoso de un semáforo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

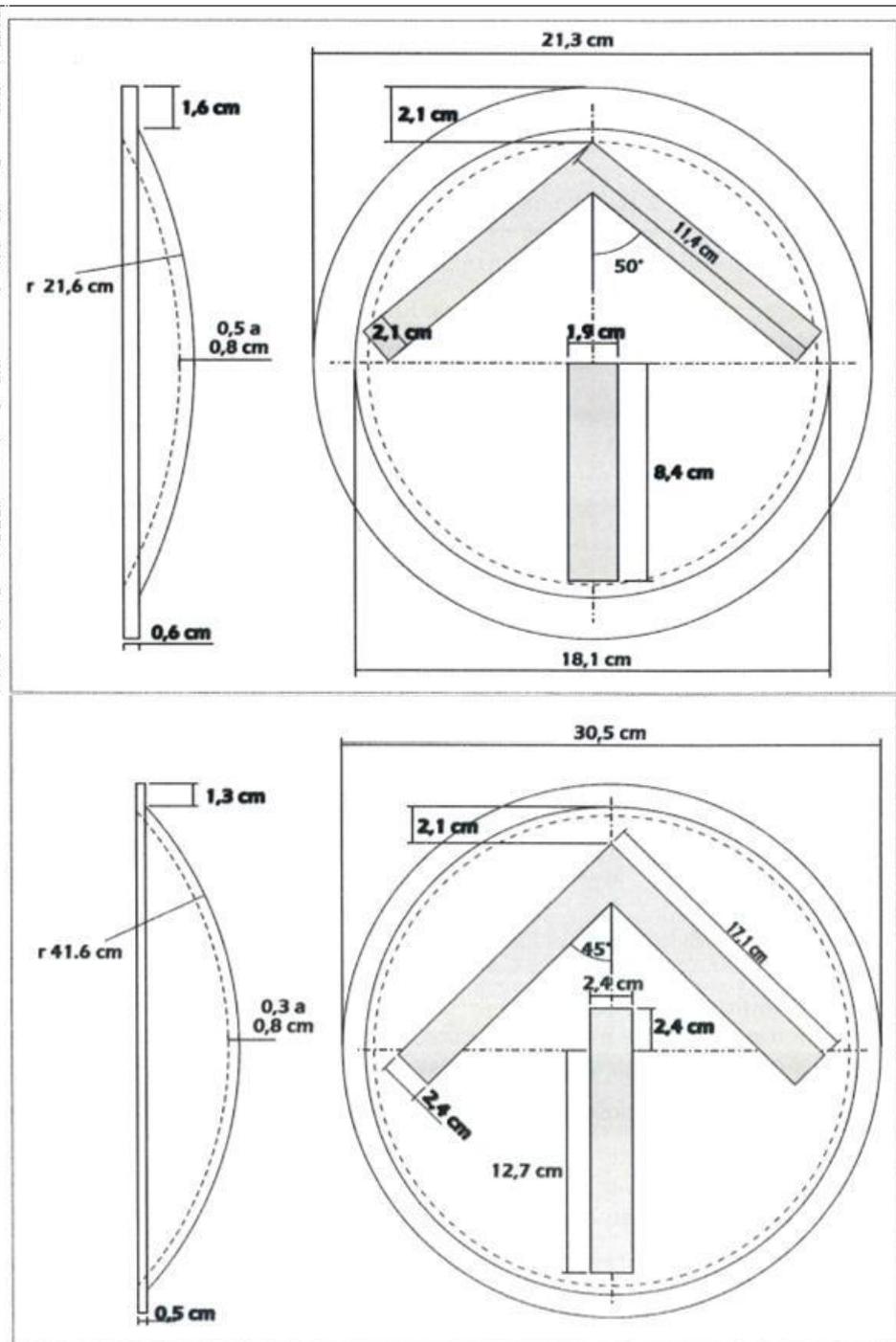
- Señal luminosa o lente. – Es el componente translúcido del módulo luminoso, que por refracción dirige la luz proveniente de la bombilla y de su reflector en la dirección deseada.

Todos los lentes o señales luminosas con LED de los semáforos para control vehicular, deben ser de forma circular.

El diámetro de los lentes es de 0.20 m. o 0.30 m., para instalaciones nuevas deben usarse lentes de 0.30 m para asegurar su mejor visibilidad.

Sus indicaciones deben distinguirse claramente desde una distancia mínima de 300 metros en condiciones atmosféricas normales; tratándose de flechas direccionales, estas deben distinguirse desde una distancia mínima de 60 metros.

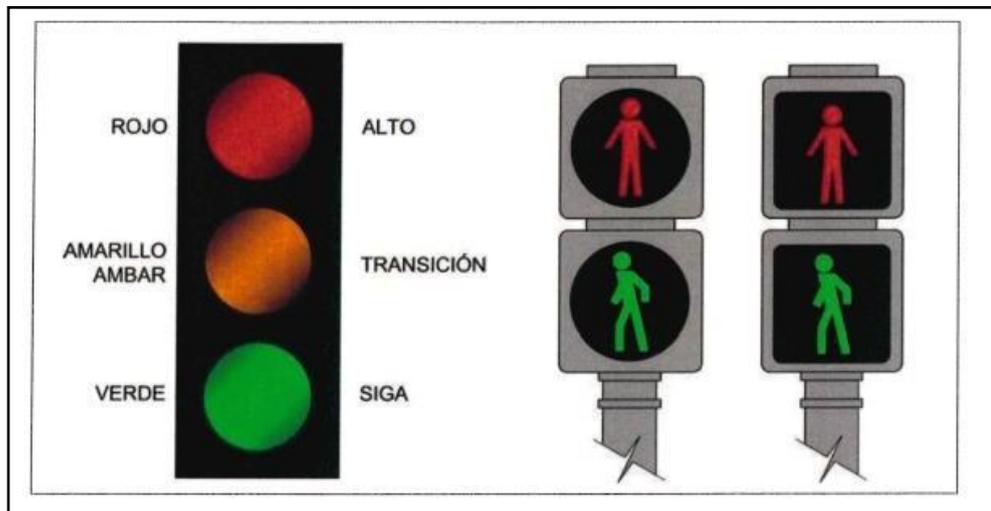
Figura 39: Ejemplo de lentes de 0.20 y 0.30 m.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Las inscripciones que pueden tener las señales luminosas son únicamente flechas y pictogramas del peatón o de una bicicleta. En ningún caso deben tener inscripciones de palabras o letreros.

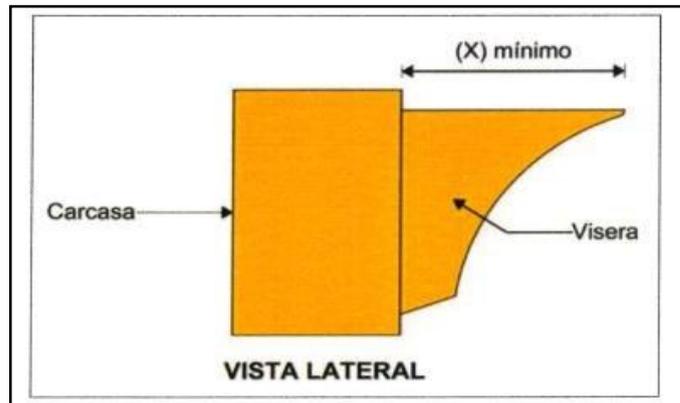
Figura 40: Ejemplo de la indicación de colores e inscripciones de flechas y pictogramas en señales luminosas o lentes



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

- **Visera.** – Es el componente que va encima o alrededor de cada uno de los módulos luminosos, y tiene por finalidad evitar que los rayos del sol inciden sobre estos y den la impresión de estar iluminados, y además evitar que la señal emitida sea vista desde lugares distintos a los que está enfocada.

Figura 41: Ejemplo de visera de semáforo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

- **Placa por contraste o pantalla antirreflejante.** – Es un componente opcional que tiene por finalidad incrementar la visibilidad de los módulos luminosos y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor. (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y Carreteras) Su color de fondo debe ser oscuro sin brillo y no retroreflectivo. El ancho de la placa de contraste debe ser como mínimo el doble del ancho de la cara y la dimensión de los sobrecanchos deben ser simétricos.

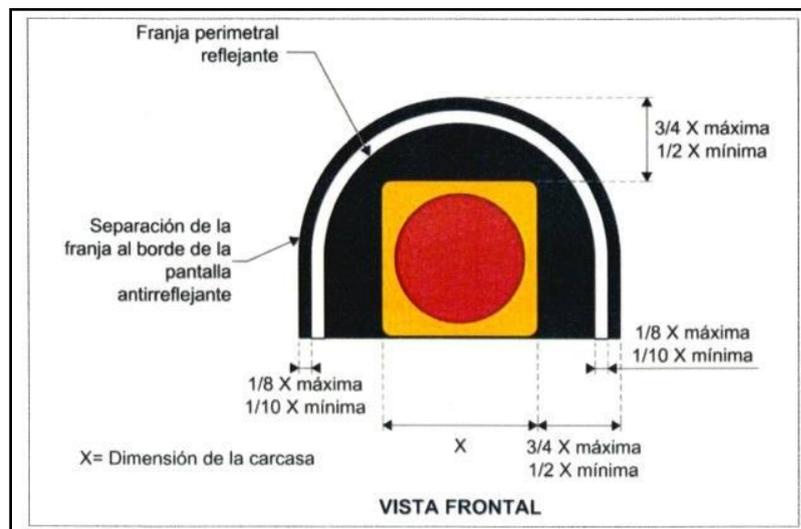
Las inscripciones que lleven los módulos luminosos deben ser únicamente flechas y pictogramas del peatón o de una bicicleta.

Figura 42: Ejemplo de placa de contraste



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 43: Ejemplo de vista frontal y dimensiones de placa de contraste



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

- Unidad de control. – Es un mecanismo electrónico, que tiene por finalidad controlar los cambios de emisión de señales luminosas, a

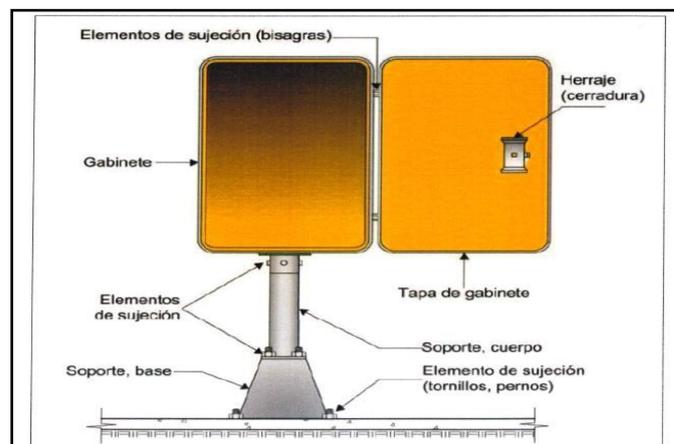
partir de una programación preestablecida, que se clasifica de la siguiente manera:

- a) **Tiempo fijo:** Controlador por el cual ninguna fase del ciclo es activa por el tránsito.
- b) **Semi-accionado:** Controlador por el cual algunas de las fases de la intersección se activan por el tránsito.
- c) **Totalmente accionado:** Controlador por el cual todas las fases de la intersección se activan por el tránsito.

Adicionalmente, puede realizarse las siguientes funciones:

- a) **Procesar la información generada por los detectores para ajustar los tiempos a las necesidades de la intersección.**
- b) **Recibir y enviar información a una base de control o control maestro con el fin de optimizar el control del tráfico y su operación.**
- c) **Conjugar la implementación de programas o planes indefinidos.**
- d) **Proveer los elementos que garantizan la seguridad de los usuarios evitando señalizaciones conflictivas y reportar a la base de control el tipo de falla que pueda presentar.**

Figura 44: Ejemplo de un tipo de unidad de control de semáforo



Estación central o control maestro. – Es el centro de maniobras que distribuye automáticamente las señales de control generadas sobre los circuitos de las unidades de control adyacentes o sucesivas interconectadas de un sistema coordinado de semáforos, y tiene por finalidad optimizar los movimientos del tránsito vehicular y contribuir a la solución de los problemas de congestionamiento.

En las grandes áreas urbanas es común que la distancia entre intersecciones sea corta, y cuando dichas intersecciones son controladas por semáforos, la influencia entre ellas es tan importante que la regulación del tránsito depende mucho más de la coordinación entre semáforos, que de las fases y tiempos de cada intersección en particular.

Los sistemas más utilizados en las Estaciones Centrales y Control Maestro son:

a. **Sistema coordinado simultáneo:** En el cual todos los semáforos al mismo tiempo muestran la misma indicación a lo largo de una vía. En todas las intersecciones los tiempos son esencialmente los mismos y las indicaciones cambian simultáneamente, de manera que todos los semáforos indican luz verde en la vía principal y luz roja en las vías secundarias, cambian alternadamente.

b. **Sistema coordinado alternado:** En el cual los semáforos adyacentes o grupos de semáforos adyacentes muestran indicaciones alternas a lo largo de una vía. Existe un sistema alterno simple y un sistema alterno doble y triple, en el primero el desfase es de medio ciclo, mientras que para el segundo el desfase es cero para los semáforos simultáneos, y medio ciclo para los demás.

c. Sistema coordinado progresivo: Puede ser limitado o flexible, en el primer caso se fija una duración común a los ciclos y a las indicaciones de la luz verde, que son independientes de acuerdo con las exigencias de cada intersección y de conformidad con un programa de tiempos para permitir la circulación continua o casi continua de grupos de vehículos. El segundo caso abarca todas las características del primero y algunas adicionales que dependen del tipo de Control Maestro y otros dispositivos.

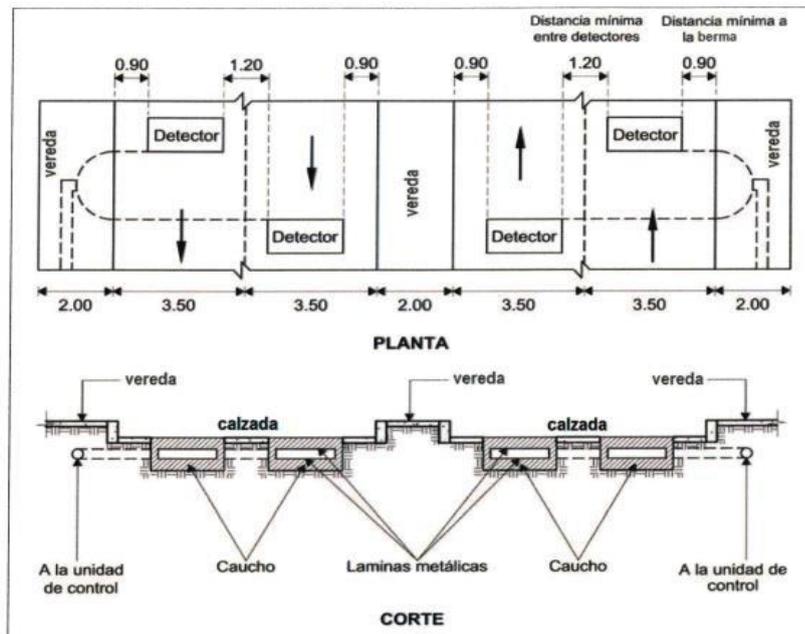
Detectores. – Son dispositivos capaces de registrar variables del tránsito tales como, volumen, velocidad, presencia de vehículos, sentido de circulación, tipo de tránsito, intervalos o brechas, y otros.

Los detectores pueden estar empotrados en el pavimento o en su base, ser fijados a la superficie de un pavimento, también pueden colocarse en la calzada o a un costado de la vía.

Los detectores normalmente forman parte integral de los semáforos accionados por el tránsito, que difieren de los no accionados en que estos últimos no necesitan unidades detectoras. También existen detectores que tienen una aplicación especial como los utilizados para peatones, vehículos de emergencia y ferrocarriles.

Los detectores de uso común para semáforos accionados por el tránsito son de presión, magnéticos y video-detección.

Figura 45: Ejemplo de ubicación transversal de detectores de presión



Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras

Los detectores magnéticos se instalan en la calzada y son accionados por la detección de un campo magnético causado por el paso de un vehículo y son de los tipos compensados y no compensados; ambos tipos funcionan aun con vehículos estacionados en la zona de influencia.

Los detectores de video-detección son accionados por cámaras de detección, y son los que en la actualidad destacan por su versatilidad y precisión, los cuales además de servir para el control automático del tránsito vehicular apoyan en aspectos de seguridad vial.

Requisitos Generales para la Instalación de Semáforos

Generalidades. – La implementación de semáforos debe realizarse previo un estudio de ingeniería vial, en el que se efectuará una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, a fin de determinar los estudios y condicionantes mínimas requeridas para justificar su instalación.

Alcances generales de los estudios requeridos. – la información básica requerida para determinar la necesidad de implementación semaforica es la siguiente:

- a) Volumen del tránsito que ingresa a una intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un periodo de horas consecutivas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.
- b) El volumen del tránsito para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso será clasificado por tipo de vehículos (camiones, buses, autos, motos y bicicletas) durante cada periodo de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda.
- c) Volumen peatonal en periodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones.
- d) Diagrama conteniendo estadísticas sobre accidentes, por lo menos de un año anterior, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana
- e) Plano conteniendo las características geométricas de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancias y visibilidad; así como de la superficie de rodadura, entradas, salidas, pasos ferroviarios, postes, hidrantes y otros. Así mismo, información sobre Dispositivos de Control del Tránsito tales como señalización vertical, demarcaciones en el pavimento,

iluminación, sentido de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.

- f) Información adicional referida entre otras a demoras de los vehículos para cada acceso, número y distribución de intervalos o espaciamientos entre grupos de vehículos en los accesos de la intersección en condiciones de seguridad.

Alcances generales de las condiciones de tránsito requeridas. – Teniendo como base los estudios antes indicados, se evaluará las siguientes condiciones del tránsito para verificar la necesidad de implementación semafórica:

Condición 1: Volumen vehicular para ocho horas.

Condición 2: Volumen vehicular para cuatro horas.

Condición 3: Volumen vehicular para horas punta.

Condición 4: Volumen peatonal.

Condición 5: Movimiento o circulación progresiva.

Condición 6: Accidentes frecuentes.

Condición 7: Red vial.

Condición 8: Intersecciones cercanas a pasos a nivel ferroviario.

Condición 9: Combinación de las condiciones anteriores.

Volumen vehicular para ocho horas. – Se obtiene desarrollando dos sub condiciones (A y B), la última se aplica cuando (A) no satisface.

El volumen mínimo vehicular (A), está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el volumen del tránsito de la intersección es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición de interrupción del tránsito continuo (B), está destinada a aplicarse en intersecciones donde el volumen de tránsito de una vía principal es tan denso, que el tránsito de la vía secundaria sufre retrasos excesivos para entrar o cruzar dicha vía principal.

El criterio de evaluación de esta condición es excluyente, es decir, si (A) o (B) analizados individualmente satisfacen, no es necesario analizar la otra sub condición, ni de la combinación de estas.

En la tabla 04, se cumple la sub condición (A) cuando en la vía principal y en el acceso de mayor fluido de la vía secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la columna del 100% para ambas vías.

Tabla 04: Cumplimiento de la sub condición (A) en función de flujo vehicular

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la Vía Principal (Total de ambas accesos)				Vehículos por hora en la Vía Secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)			
Vía Principal	Vía Secundaria	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
2 o más	1	600	480	420	336	150	120	105	84
2 o más	2 o más	600	480	420	336	200	160	140	112
1	2 o más	500	400	350	280	200	160	140	112

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

En la tabla 05, se cumple la sub condición (B) cuando en la vía principal y en el acceso de mayor volumen de la vía secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la columna del 100% para ambas vías.

Tabla 05 Cumplimiento de la sub condición (B) en función al flujo vehicular

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la Vía Principal (Total de ambas accesos)				Vehículos por hora en la Vía Secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)			
Vía Principal	Vía Secundaria	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
2 o más	1	900	720	630	504	75	60	53	42
2 o más	2 o más	900	720	630	504	100	80	70	56
1	2 o más	750	600	525	420	100	80	70	56

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

El criterio de evaluación del volumen de la vía principal y secundaria será para las mismas 8 horas. Para la vía secundaria no es necesario que el mayor volumen durante las indicadas 8 horas venga de la misma dirección.

Si el límite de velocidad o la velocidad del Percentil 85, exceden los 60 km/h o si la intersección se encuentra dentro de un centro poblado de menos de 10,000 habitantes, los volúmenes en la columna de 70% podrán ser utilizados en vez de 100% en ambas tablas.

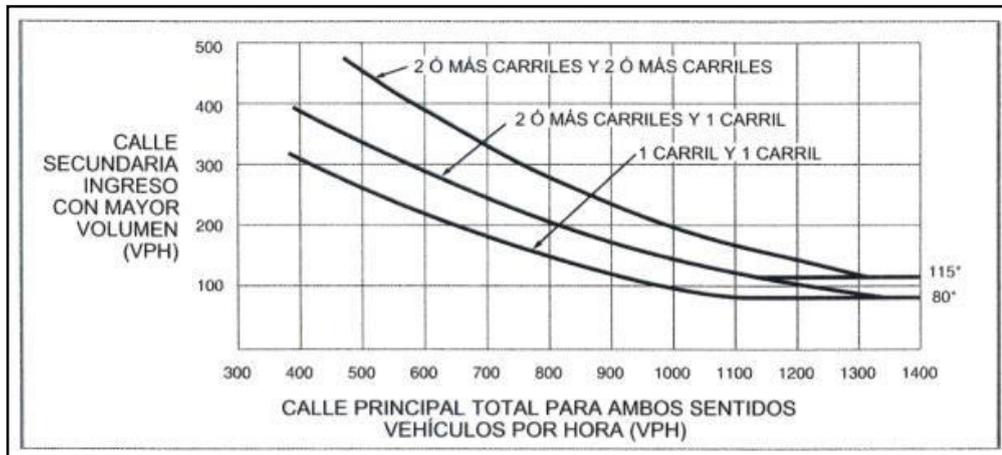
Cuando la combinación de (A) y (B) sea satisfactoria se considerará los volúmenes de la vía principal y la vía secundaria de la columna de 80% en ambas tablas.

Si el límite de velocidad de la vía principal supera los 60 km/h o si la intersección se encuentra dentro de un área urbana con una población menor de 10.000 habitantes, los volúmenes en las columnas del 56% podrán ser utilizados en vez de los de la columna del 80%.

6.6.1.2.2. Volumen vehicular para cuatro horas. – Esta condición está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el volumen de tránsito vehicular que se intercepta, para una de cuatro horas de un día normal, es el criterio principal para considerar la instalación de un semáforo.

De acuerdo a la Figura 46 se considerará la implementación de un semáforo en una intersección, si los puntos trazados que representan los vehículos por hora en la vía principal (total de ambos sentidos) y el mayor volumen de la vía secundaria 8 (un solo sentido) caen por encima de la curva. Para la configuración de carriles existentes, en la vía secundaria no se exigirá el volumen más alto para cada una de las 4 horas analizadas.

Figura 46: Configuración de curvas para carriles existentes (para 4 horas)



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

La Figura 47 que a continuación se indica, puede ser utilizada en lugar de la anterior Figura 46, cuando el límite de velocidad de la vía principal supera los 60 km/h, o si la intersección está dentro de un área urbana con una población menor a 10.000 habitantes.

Figura 47: Función de la velocidad de la vía principal y población en zona urbana.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

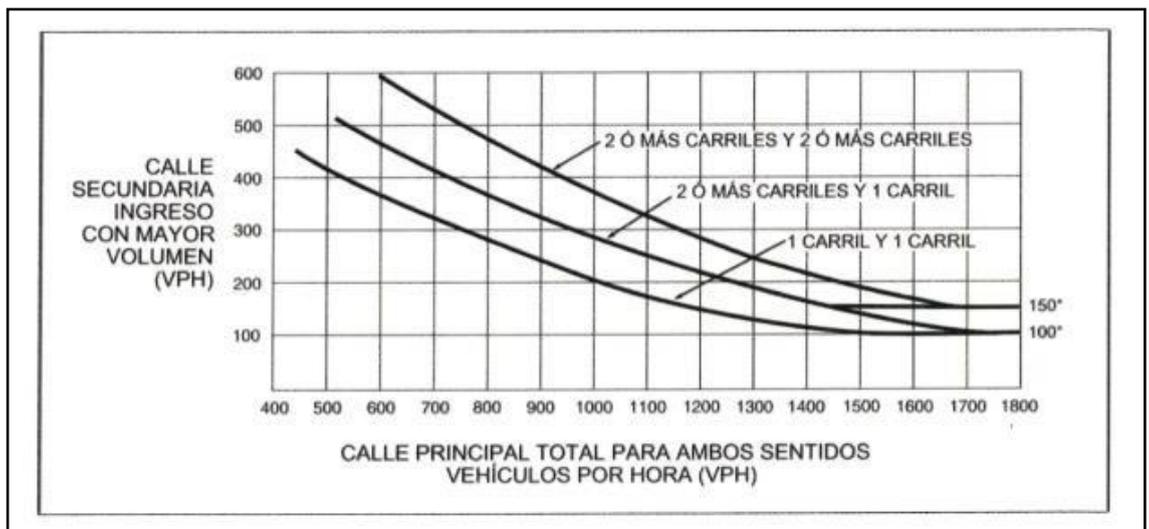
6.6.1.2.3. Volumen vehicular para horas punta. – Esta condición se aplica en las intersecciones donde el tránsito vehicular en una vía secundaria sufre demoras al entrar o cruzar una vía principal durante 1 hora punta de un día normal. La implementación semafórica tendrá en consideración el cumplimiento de los siguientes criterios.

a) Si para una misma hora (cualquiera de los cuatro periodos consecutivos de 15 minutos) de un día normal, se cumple lo siguiente:

- El total del de tiempo de demora de parada experimentado por el tránsito en un acceso de una vía secundaria (una sola dirección) controlada por una señal de PARE es igual o superior: 4 vehículos-hora para un ingreso de un solo carril o 5 vehículos-hora para un ingreso de dos carriles.
- El volumen del tránsito en la misma vía secundaria (una sola dirección) es igual o superior a 100 vehículos por hora para un carril de tránsito o de 150 vehículos por hora para dos carriles.

- El volumen total que ingresa durante la hora es igual o superior a 650 vehículos por hora para intersecciones con cuatro más accesos.
- b) Si se cumple que los puntos graficados en la Figura 48 que representan los vehículos por hora en una vía principal (total ambos accesos) y los vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de tránsito en una vía secundaria (un solo sentido), durante una hora (cualquiera de los cuatro periodos consecutivos en 15 minutos) de un día promedio, caen por encima de la curva aplicable, para cada combinación de carriles correspondientes.

Figura 48: Gráfica para combinación de carriles para hora punta.

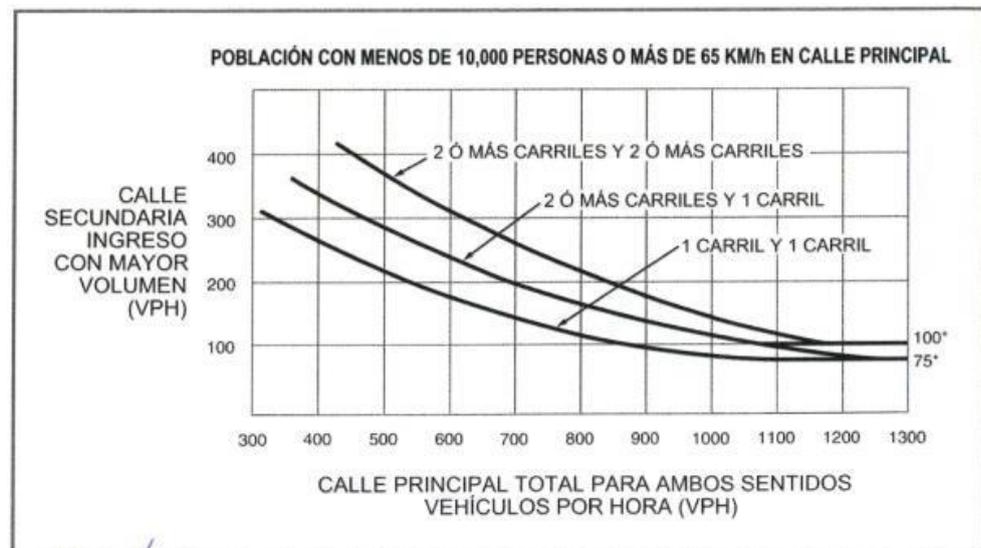


Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Se puede usar la Figura 49 en lugar de la anterior Figura 48, si el límite de velocidad de una vía principal supera los 60 km/h o si la

intersección se encuentra dentro de un área urbana con una población menor a 10.000 habitantes.

Figura 49: Se utiliza en función a la velocidad de la vía principal y población en zona urbana.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

6.6.1.2.4 Volumen peatonal. – Para esta condición de volumen se tendrá en consideración lo siguiente:

- Si en cualquiera de las ocho horas de un día representativo, a una intersección entran 600^o más vehículos – hora, o si entran 1,000 o más vehículos – hora a una intersección con una vía principal que tiene un separador central de 1.20 m. como mínimo.
- En las vías urbanas donde se produce permanente afluencia peatonal y que demanda que para cruzar una intersección los vehículos deben detenerse mediante un semáforo.

- c) En las vías principales donde los vehículos transitan a velocidades mayores a 50 km/h y no existen puentes peatonales.
- d) En vías principales contiguas o cercanas a centros escolares, donde se produzca afluencia de cruce de escolares y donde no existan puentes peatonales.

6.6.1.2.5 Movimiento o circulación progresiva. – Esta condición está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el movimiento progresivo del tránsito vehicular contempla lo siguiente:

- a) En vías con circulación en un solo sentido o en las que los semáforos adyacentes están a distancias que no permite conservar un tránsito fluido a determinadas velocidades, conformando un sistema coordinado y sincronizando
- b) En las vías de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no permitan conservar el tránsito fluido a determinadas velocidades, conformando un sistema coordinado y sincronizado de semáforos.

6.6.1.2.6 Accidentes frecuentes. – Esta condición está destinada a aplicarse, con la finalidad de que una instalación semafórica reduzca o minimice los accidentes de tránsito, en aquellas intersecciones donde se producen estos, debido a sus características geométricas particulares (intersecciones con ingresos múltiples) o por su ubicación.

Esta condición, para la implementación semafórica tomará en consideración los siguientes tipos de accidentes de tránsito que con frecuencia ocurre:

- a) Aquellos que impliquen sustancialmente conflictos o colisiones en ángulo recto, como los que ocurren entre vehículos en vías de que se interceptan.

- b) Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y cruces de peatones.**
- c) Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y vehículos que cruzan a la izquierda viniendo en direcciones opuestas.**
- d) Aquellos que impliquen conflictos relativos a excesos de velocidad, en casos donde la coordinación del semáforo restrinja la velocidad hasta un valor razonable.**

6.6.1.2.7 Red Vial. – Esta condición tiene por finalidad concretar y organizar mediante una implementación semafórica, el flujo vehicular en las intersecciones de un conjunto de vías que forman una red vial, para lo cual se tendrá en consideración los siguientes criterios:

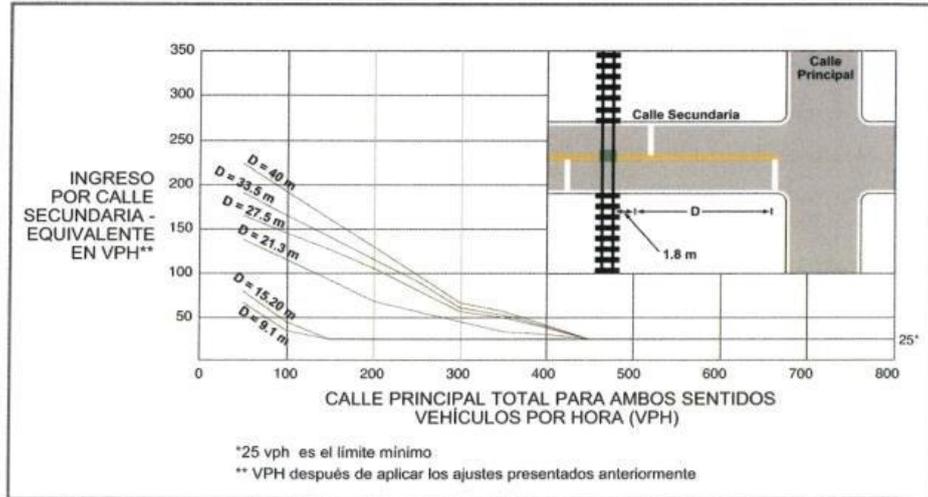
- a) Una intersección tiene una entrada cuyo volumen de tránsito es de por lo menos 1000 vehículos – hora, durante la hora punta de un día típico de semana.**
- b) Una intersección tiene un volumen de tránsito de por lo menos 1000 vehículos – hora para cada una de las 5 horas de un día de fin de semana.**

6.6.1.2.8 Intersección cerca de un paso a nivel ferroviario. – Esta condición tiene por finalidad justificar implementación semafórica donde existen intersecciones cercanas a pasos a nivel ferroviarios, y cuyo control para evitar accidentes no es suficiente mediante una señalización vertical y horizontal.

Para dicha implementación semafórica se tomará en consideración las siguientes condiciones:

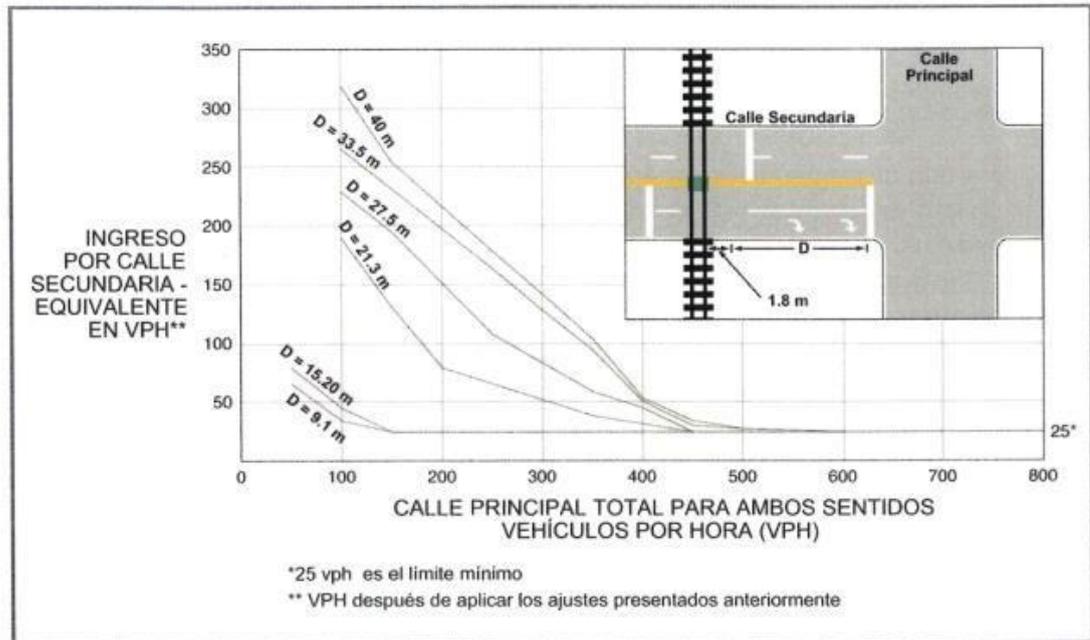
- a) Cuando hay un cruce ferroviario a nivel, está controlado por la señal vertical reglamentaria “PARE” y a una distancia de menos de 40 m.
- b) Cuando un tráfico ferroviario utiliza un cruce a nivel durante la hora punta con el mayor tránsito vehicular, es aplicable lo siguiente.
- En las Figuras 50 y 51, cuando el punto marcado en representación de los vehículos por hora en la vía principal (total de ambos sentidos) y los vehículos correspondientes por hora en la vía secundaria (una única dirección, acercándose a la intersección) cae encima de la curva aplicable para la combinación de carriles y “D” (distancia de almacenamiento).
 - Respecto al trazo del volumen de tránsito, la Figura 50 debe ser utilizada si solo existe un carril de ingreso a la intersección en el lugar del cruce ferroviario a nivel, y la Figura 51 si existe dos o más carriles de ingreso.
 - Después de determinar la longitud real de “D” debe utilizarse la curva para determinar la longitud más cercana a la distancia real “D”.
 - Si los tiempos de llegada del tráfico ferroviario se desconocen, se debe utilizar a hora punta con el mayor volumen de tránsito.

Figura 50: Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a pasa a nivel ferroviario



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 51: Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a pasa cercanos a nivel ferroviario



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Tipos de Semáforos

6.7.1 Clasificación. – La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control:

a) Semáforos para vehículos

- Semáforos para fijos o pre sincronizados
- Semáforos sincronizados por el tránsito
- Semáforos adaptados al tránsito

b) Semáforos para peatones

c) Semáforos especiales

- Semáforos de destellos o intermitente
- Semáforos para regular el uso de carriles

- **Semáforos para paso de vehículos de emergencia**
- **Semáforos para indicar a aproximación de trenes**
- **Semáforos para regular el uso de carriles de peaje**

Las entidades u órganos responsables del tránsito vehicular, deben efectuar los estudios de ingeniería vial correspondientes, para determinar el tipo de semaforización a implementarse en determinada vía, en función a su importancia y volumen del tránsito vehicular.

En lo que respecta a la operación de los semáforos en zonas urbanas, las indicadas entidades u órganos responsables, deben coordinar entre sí para que el funcionamiento de los semáforos sea sincronizado cualquiera sea la distancia a la que se encuentren uno del otro, a fin de contribuir al orden y el adecuado flujo vehicular, y evitar congestionamientos u otros problemas que se ocasionen como consecuencia de la desincronización o falta de coordinación en el funcionamiento de los semáforos.

6.7.1.1 Semáforos para vehículos. – Tiene por finalidad controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o pre-sincronizados; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular.

Las indicadas formas de operación se adoptan en función al volumen del tránsito vehicular y la importancia de las vías materia de control mediante este sistema.

6.7.1.1.1. Semáforos fijos o presincronizados. – Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidas no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración de ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados.

6.7.1.1.2. Semáforos sincronizados por el tránsito. – Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro.

6.7.1.1.3. Semáforos adaptados al tránsito. – Denominados también semáforos inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, aun a estación central o control maestro.

6.7.1.2. Semáforos para peatones. – Tienen por finalidad controlar los pasos peatonales, de tal forma que el peatón tenga tiempo suficiente para pasar una vía a través de un cruce peatonal.

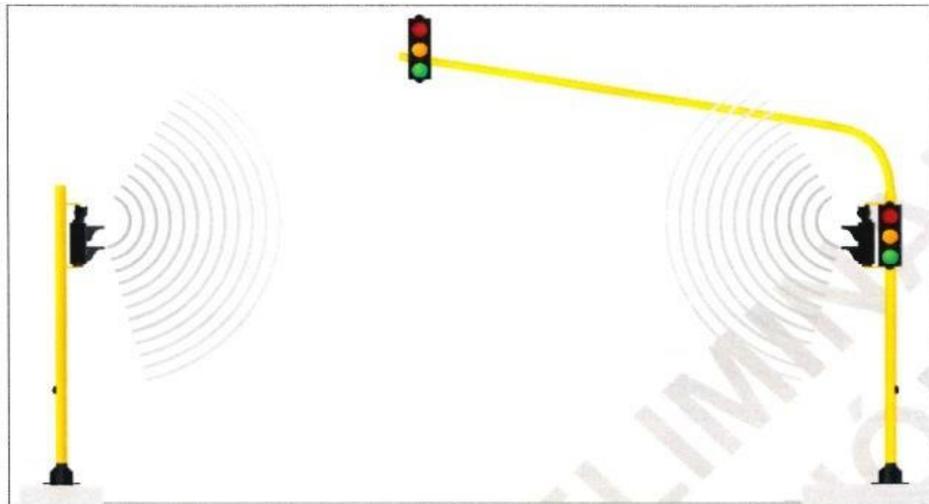
Con tal finalidad los lugares donde se instalen semáforos peatonales, deben complementarse con la respectiva demarcación en el pavimento.

Los semáforos para paso peatonales incluyen los correspondientes a los usuarios con movilidad reducida, cuyo caso debe complementarse con las respectivas rampas de acceso.

La implementación de semáforos con dispositivos sonoros, facilita el uso de la infraestructura existente a personas con limitación visual.

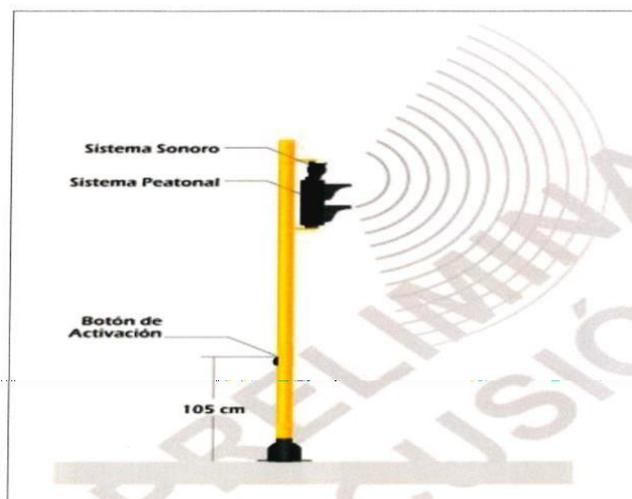
Los dispositivos sonoros contemplan el uso de formas de comunicación no visual, tales como ondas sonoras, superficiales para el reconocimiento al tacto, o dispositivos vibrantes.

Figura 52: se muestra un ejemplo de localización de las ondas sonoras en un semáforo peatonal.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 53: Ejemplo de un semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

6.7.1.3 Semáforos especiales. – Su instalación tiene por finalidad normar y controlar las siguientes situaciones singulares o especiales.

6.7.1.3.1 Semáforos de destellos o intermitentes. – Son aquellos que tienen una o más lentes de color amarillo o rojo que se iluminan intermitentemente, y tienen por finalidad advertir sobre situaciones especiales, tales como la presencia del peligro, regular velocidades, controlar intersecciones o dar indicación de “PARE”.

Para la utilización de los indicados semáforos, se tendrá en consideración entre otros lo siguiente:

- a) Para indicar obstrucciones que existan en la superficie de rodamiento o inmediatamente adyacente a ella
- b) Como complemento anticipado junto con señales preventivas.
- c) Para advertir el cruce de peatones a mitad de cuadra.
- d) En intersecciones donde se requiere cruzar con precaución.

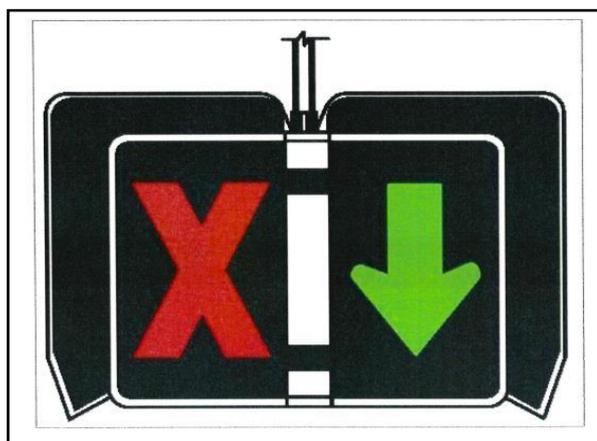
- e) Como complemento a las señales reglamentaria de “PARE” (luz roja intermitente) o “CEDA PASO” (luz amarilla intermitente)

6.7.1.3.2 Semáforos para regular el uso de carriles. – Son aquellos que tienen por finalidad regular el uso de carriles de vía, cuando debido a las variaciones del flujo del tránsito de doble circulación, se pueden utilizar ciertos carriles para el movimiento en un sentido durante unas horas y para el sentido opuesto durante otras horas.

Estos dispositivos se distinguen por tener semáforos sobre cada uno de los carriles y por su forma y símbolo diferente (flecha apuntando hacia abajo y un aspa en forma de equis “X”) y generalmente se usan señales complementarias para explicar su finalidad y funcionamiento.

El sentido de circulación de vehículos de un carril, solo deberá invertirse o hacerse reversible después de que un estudio de ingeniería vial, demuestre la necesidad de dicho tipo de circulación y que puede funcionar en forma eficaz y segura.

Figura 54 se muestra un ejemplo de semáforos para regular el uso de carriles.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

6.7.1.3.3 Semáforos para paso de vehículos de emergencia. – Son aquellos que disponen de dispositivos que se adaptan específicamente con la finalidad de indicar la prioridad de paso de vehículos de emergencia.

Las dimensiones de las lentes para este tipo de semáforos deben ser de 30 cm. de diámetro para la indicación en rojo y de 20 cm. de diámetro para las indicaciones en amarillo y verde.

Cuando se instalen semáforos para entrada y salida de vehículos de emergencia en un lugar que no sea una intersección, será necesario ubicar por lo menos una cara hacia el movimiento vehicular de cada sentido de circulación. En tanto no se produzca movimiento de vehículos de emergencia, el semáforo debe indicar luz verde para los demás vehículos.

Cuando ocurra algún movimiento de un vehículo de emergencia, deberá aparecer en el semáforo la indicación de luz roja para el tránsito que circula en la vía, esta indicación será precedida por la luz amarilla.

6.7.1.3.4 Semáforos para indicar la aproximación de trenes. – Los semáforos que indican la proximidad de trenes en circulación, forman parte de los

dispositivos de control del tránsito del Sistema de Control de Barreras Automáticas Provistas de Semáforización y Sensores, que comprende el presente manual.

Los semáforos de aproximación de trenes en los cruces ferroviarios funcionan con luces intermitentes y oscilantes.

En el primer caso, la señal se emite a través de dos rojas intermitentes colocadas horizontalmente que encienden y apagan en forma alternada a intervalos predeterminados; mientras que, en el segundo caso, la señal se emite mediante un disco oscilante colocado horizontalmente con una luz roja dentro de del disco.

Las lentes serán de forma circular con un diámetro de 30 cm. deberán estar provistos de una pantalla de color negro con un diámetro de 50 cm. colocada en la parte posterior de la lente para proporcionar mayor visibilidad a la indicación además llevarán una visera en la parte superior.

6.7.1.3.5 Semáforos para regular el uso de carriles de peaje. – Son semáforos que regulan el uso de carriles que acceden a las casetas de cobro de peajes o carriles exclusivos por pagos electrónicos.

La luz o flecha verde indica que el carril de la vía está disponible, y la luz o equis (X) roja indica la indisponibilidad del indicado carril.

6.8 Principales características y configuración de los indicadores de los semáforos

6.8.1 Forma y color de los indicadores del semáforo. – Los indicadores de los semáforos son circulares o en flecha, además se usan contadores en semáforos fijos. En semáforos para peatones o semáforos especiales puede haber excepciones.

Las luces que emiten los indicadores de los semáforos son los siguientes:

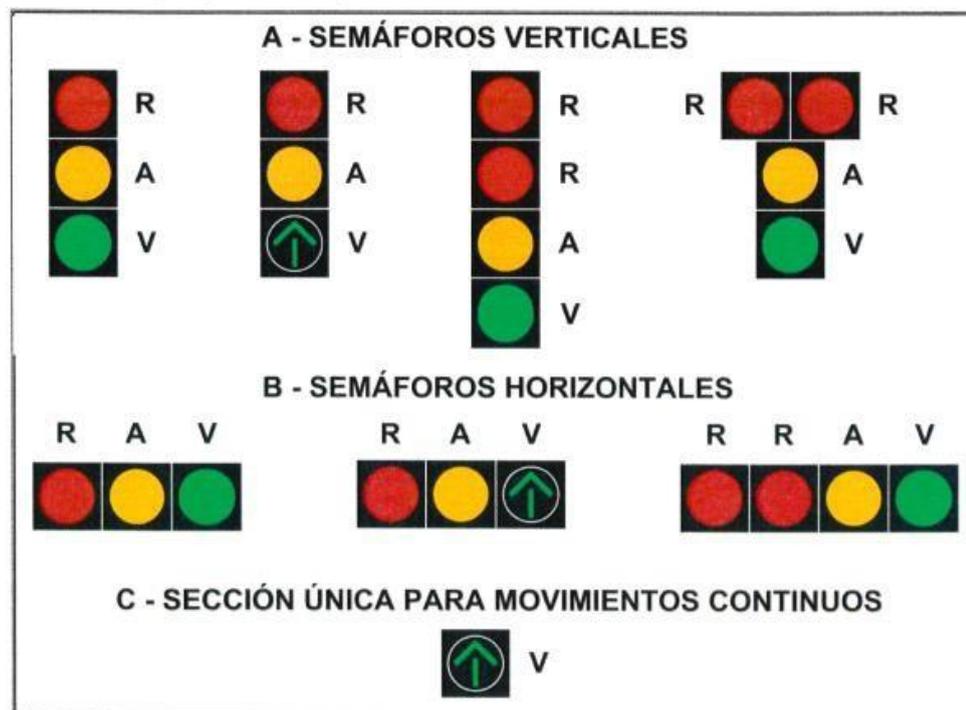
- a) Luz circular verde fijo: Vehículos que reciben una luz circular verde fijo pueden continuar de frente, girar a la derecha o girar a la izquierda, excepto cuando cualquiera de estos movimientos esté restringido.**
- b) Luz flecha verde fija: Vehículos que reciben una FLECHA VERDE pueden continuar con precaución únicamente en la dirección de la flecha y desde el carril que esta flecha controla.**
- c) Luz circular amarilla fija: Los vehículos que reciben una luz circular amarilla fija deben parar.**
- d) a) Luz flecha amarilla fija: Vehículos que reciben una flecha amarilla fija deben parar.**
- e) b) Luz circular roja fija: Vehículos que reciben una flecha roja fija están prohibidos de pasar.**
- f) c) Luz flecha roja fija: Vehículos que reciben una flecha roja fija están prohibidos de pasar.**
- g) d) Luz circular roja o flecha roja intermitente: Vehículos que reciben una luz circular roja o flecha roja intermitente, deben parar por completo y luego continuar de frente, girar a la derecha o a la izquierda con precaución, para evitar colisiones con otro vehículo que puede aproximarse en la intersección.**

6.83 Posición de los indicadores dentro del semáforo. – La posición de los indicadores en los semáforos debe ser estándar, en tal sentido las caras de un semáforo estarán dispuestas en línea recta vertical u horizontal.

En la cara de los semáforos, la luz roja va en la posición superior, la luz amarilla o ámbar en la posición central y la luz verde en la posición

inferior cuando el semáforo esté en posición vertical, y cuando está en posición horizontal, la luz roja va colocado al lado izquierdo seguido de la luz amarilla o ámbar y del color verde.

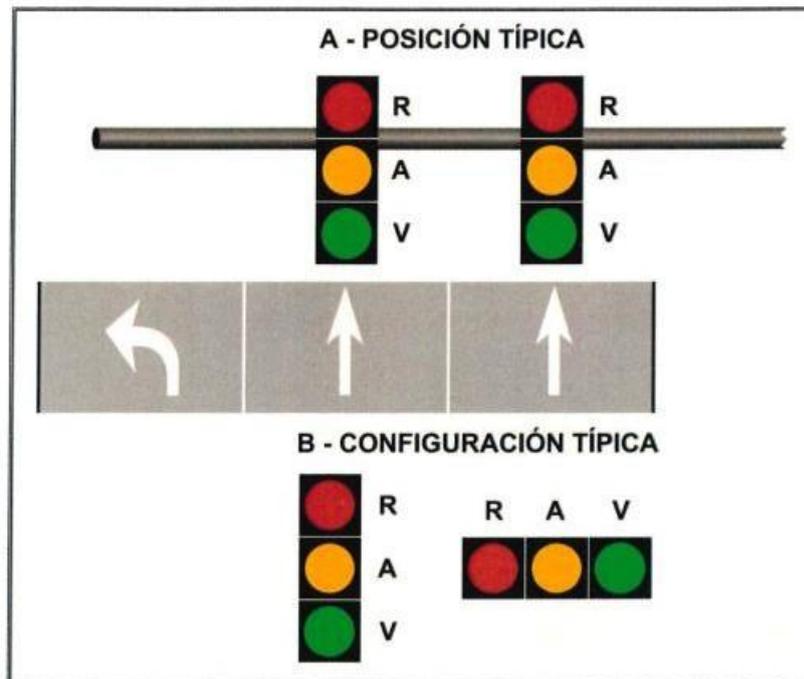
Figura 55: se muestra un ejemplo de disposición estándar de los indicadores de semáforos.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

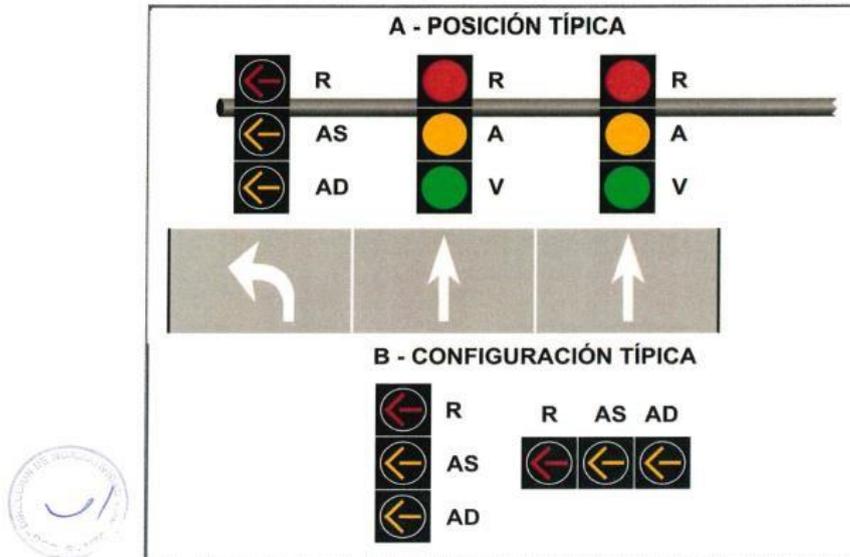
6.8.2 Configuración de los indicadores de los semáforos. – A continuación, se muestran disposiciones típicas para semáforos con diferentes tipos de giros permitidos.

Figura 56 se muestra un ejemplo de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (no protegidos).



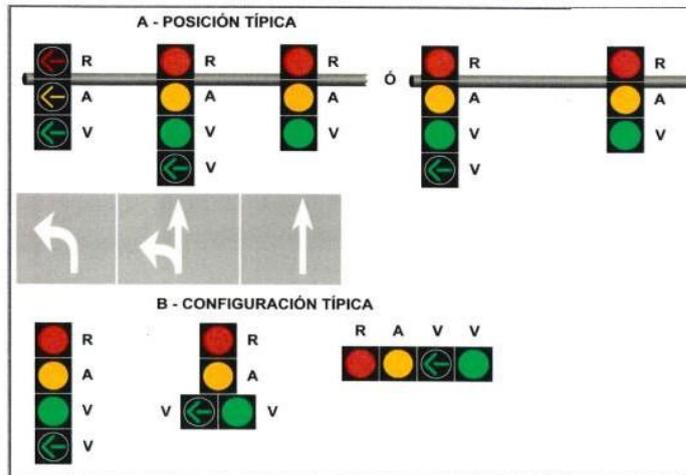
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 57 se muestra un ejemplo de disposición especial de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (protegidos) con ámbar destellante



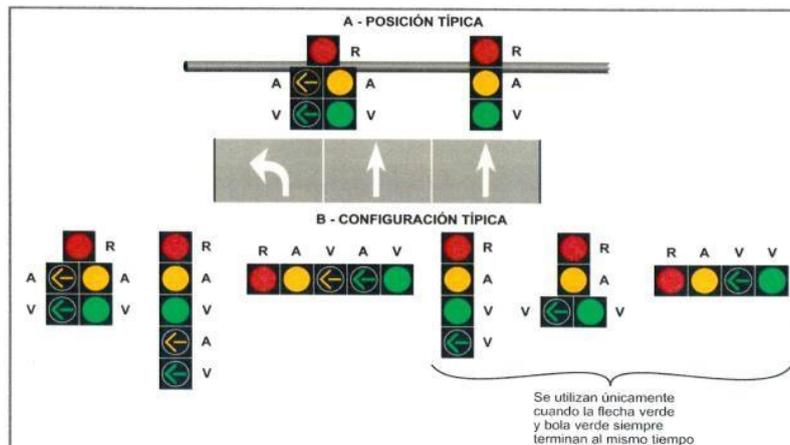
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 58 se muestran dos ejemplos de disposición de indicadores de semáforos con giros a la izquierda protegidos con carril exclusivo de giro izquierda



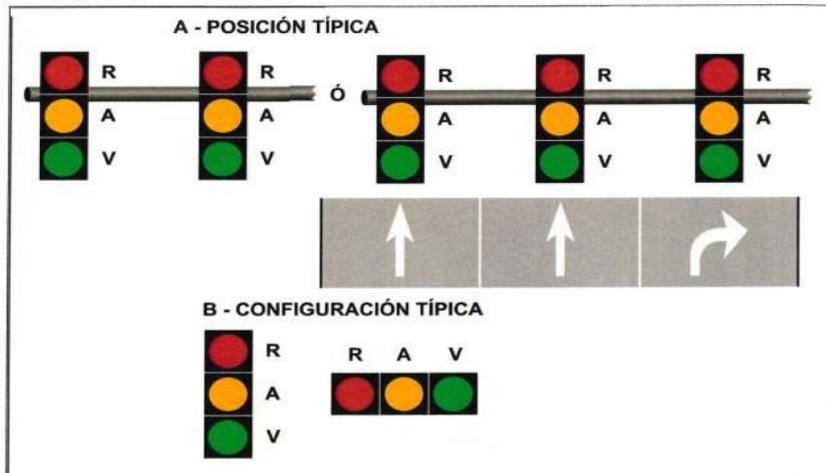
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 59 se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la izquierda protegidos y permitidos.



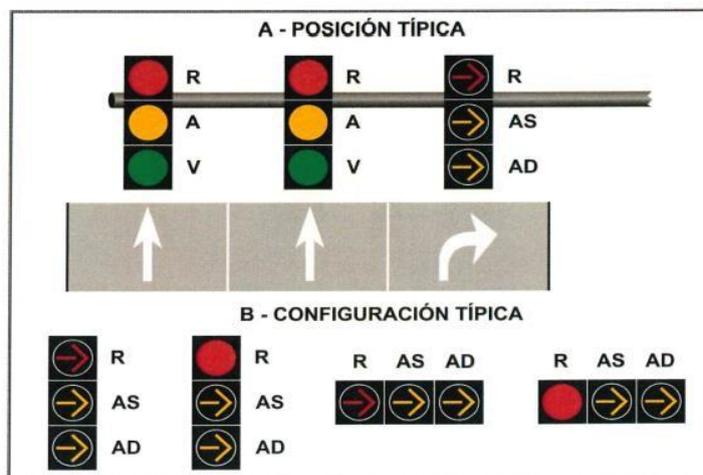
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 60: se muestra un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitidos (no protegidos).



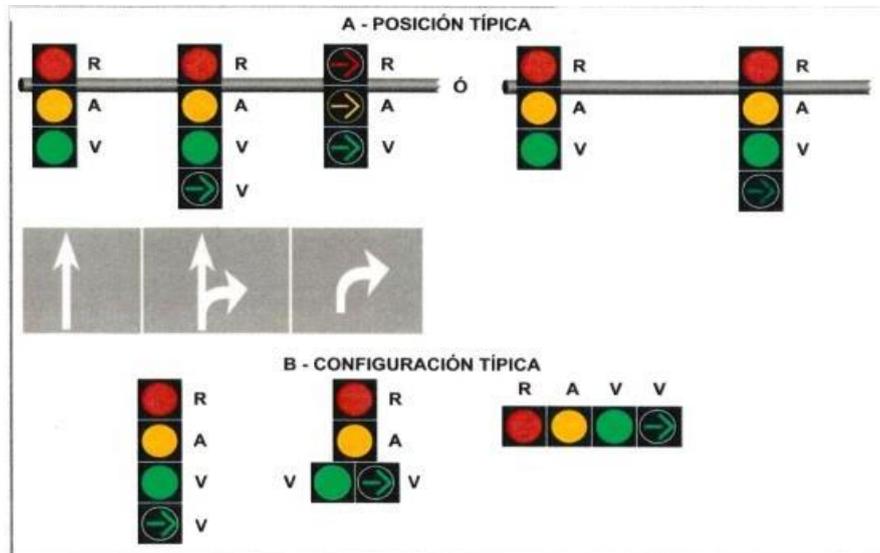
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 61: se muestra un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitido (protegidos) con ámbar destellante.



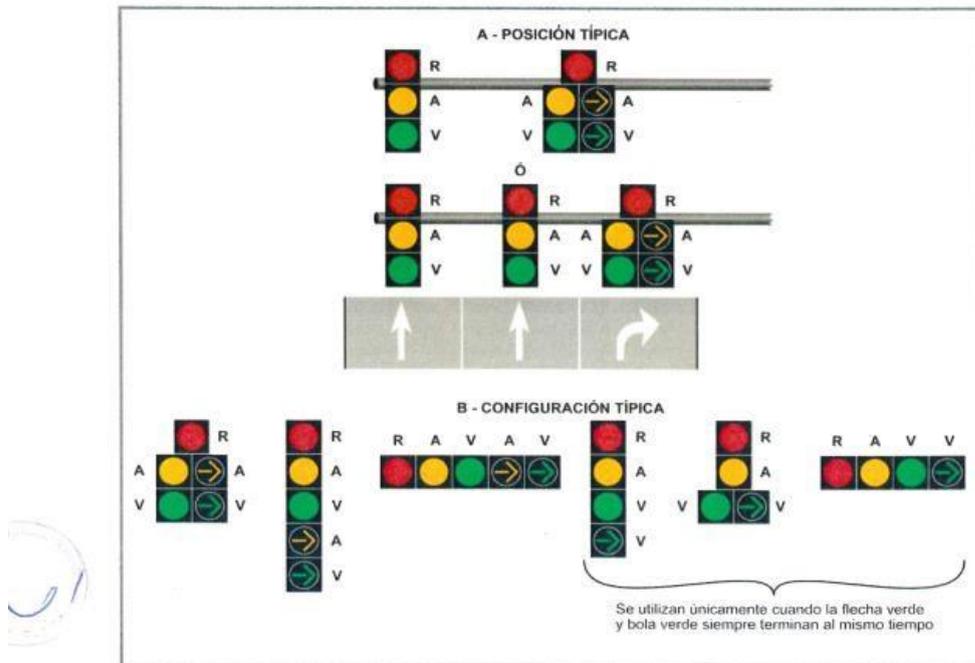
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 62. se muestra un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha protegidos sin carril de giro exclusivo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Figura 63: se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la derecha protegidos y permitidos



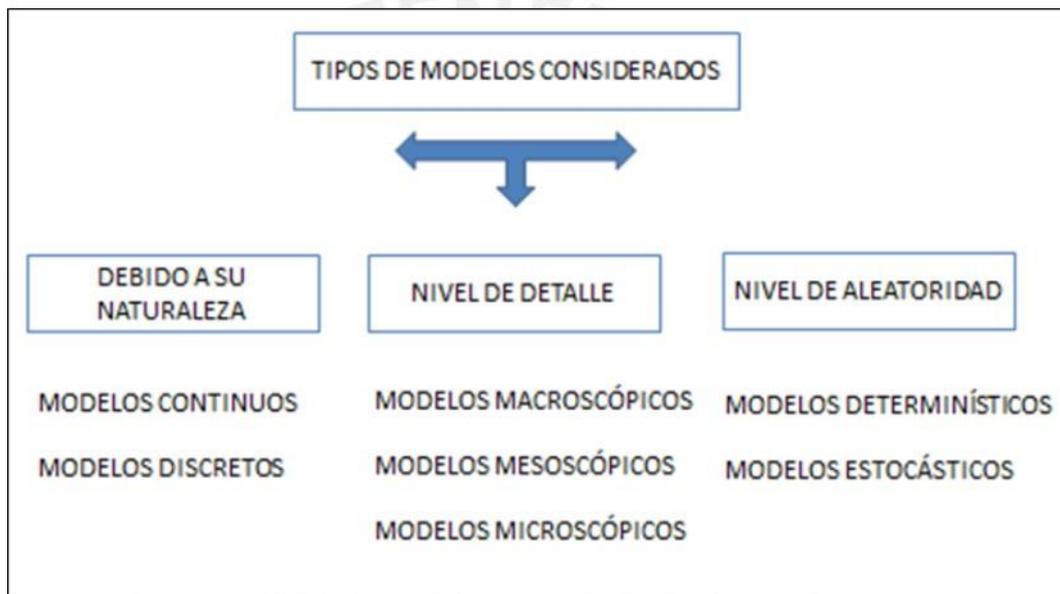
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras

Modelos matemáticos

Es el concepto mediante el cual un sistema de transporte (cruces de autopistas, avenidas, rotondas, etc.) es llevado de la realidad a una representación virtual para el análisis de su comportamiento, usando un modelo estocástico y la ayuda de un software de computadora (Citando a Pursula, 1999) (Álvarez Vargas, 2017).

Son aproximaciones matemáticas que intentan modelar el flujo de tránsito (Alcalá y Álvarez, 2016).

Figura 64: Tipos de modelos



Fuente: Alcalá Ramos en "Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdoba y calle Andalucía empleando el software Vissim 6"

A. Tipos

a. Modelos Continuos

Son sistemas por medio de una representación en la cual las variables de estado cambian de forma continuamente en el tiempo (Gallardo Julio, 2011). Por ejemplo, el comportamiento del tráfico en una intersección, la velocidad de los vehículos, las longitudes de cola, etc. (Aguirre,2015).

b. Modelos Discretos

Modelos en los que las variables de estado cambian instantáneamente en instantes separados de tiempo (Aguirre, 2015). Por ejemplo, en un modelo de flujo de tráfico en una autopista las características y el movimiento individual de los

vehículos varían constantemente en instantes distintos (Alvarez Jordy, 2017).

c. Modelos Determinísticos

Están basados en un estudio analítico, el cual se rige bajo ecuaciones matemáticas que no varían en relación al tiempo; es decir, no dependen de la incertidumbre. Por ello, se obtienen los mismos resultados para los mismos datos de entrada dentro del análisis del proyecto. (Starfield Tony, 2005).

d. Modelos Estocásticos

Presenta variabilidad en las respuestas obtenidas de acuerdo a los datos de entrada y al tiempo de análisis del proyecto. Estos permiten obtener resultados más cercanos a la realidad con un cierto nivel de aleatoriedad según los datos de ingreso, mientras que los modelos determinísticos brindan resultados en base a ecuaciones matemáticas que a veces no se asemejan a la realidad pues desarrollan una única respuesta (Alcalá Moisés, 2016).

e. Modelos Microscópicos

Son aquellos que se centran en el comportamiento individual de cada vehículo para obtener el comportamiento global del tráfico en una vía.

Tienen en cuenta, por tanto, los parámetros interrelacionados que determinan la dinámica de los vehículos. Así, por ejemplo, conociendo la aceleración de cada vehículo en cada instante, se puede saber, dada su posición y velocidad, cuál será su situación tras un intervalo de tiempo (Vico F, 2014).

f. Modelos Mesoscópicos

Este modelo abarca algunas características de los modelos macroscópicos y microscópicos. Sigue el patrón de considerar pelotones de vehículos como una unidad, mientras que los movimientos de giro, tiempo de entrada y salida son determinados de manera singular según el mecanismo simulado (Arrieta, 2013). Los vehículos y comportamiento del conductor están basados en distribuciones probabilísticas que dependen de varias variables (aceleración, interacción entre vehículos, cambios de carril, etc.) (Holgado, 2012).

g. Modelos Macroscópicos

Estos modelos representan el flujo vehicular en forma genérica, y estudian la relación entre flujo, velocidad y densidad (Arrieta, 2013).

Resultados beneficiosos en eficiencia debido a su menor tiempo de análisis (Alcála, 2016).

Software Synchro 8 Traffic

a. Descripción

Es un software de análisis y optimización macroscópica, donde se crean modelos de tránsito con la entrada de datos, que se asocia con el software Simtraffic donde se realiza una microsimulación y animación de tráfico vehicular, la animación se muestra mientras se realiza la simulación (Trafficware, 2017).

b. Aplicaciones

- **Intersecciones semaforizadas (controladores de tiempo fijo, actuados y semiactuados).**
- **Intersecciones no semaforizadas.**

c. Funciones de Synchro y Simtraffic

- **Análisis de capacidad en intersecciones sin semáforo siguiendo metodología HCM2010.**
- **Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas.**
- **Optimización de longitudes de ciclo y tiempo de fases.**
- **Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando fases.**
- **Modelado y simulación macroscópica del tráfico en una intersección o de la red crea una animación del mismo.**
- **Trabaja con los diferentes tipos de controladores: de tiempo fijo y actuado.**

Volúmenes de Tránsito Medios Diarios

Es el número de vehículos o personas que pasan por un punto durante un tiempo específico menor a una hora (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007)

- **El Índice Medio Diario (IMD) es el número total de vehículos que pasan durante un día.**
- **El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de una semana, dividido entre 7 días.**
- **El Índice Medio Diario Mensual (IMDM) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de un mes, dividido entre 30 días.**

- **“El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011, sección índice medio diario anual, 1). Este valor es la suma de los volúmenes diarios del año, ya sea previsible o existente, en una sección de vía y dividido entre 365 días. Este indicador proporciona información cuantitativa de la importancia de la vía y se utiliza para estudios de factibilidad económica, así como para el diseño estructural de los pavimentos.**

Uso del método manual de aforo

Este sub acápite muestra los modelos de formatos posibles a usar en un conteo vehicular haciendo uso del método manual de aforo.

Para este tipo de estudios, si bien la información deseada puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos, se prefiere usar el conteo manual a través del uso de personal de campo (aforadores de tráfico) dado que proporciona información como el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. La desventaja que presenta este método de conteo, es el uso de los aforadores de tráfico por tiempo prolongado ya que puede llegar a ser muy costoso. Sin embargo, este método es muy usado, por toda la información recopilada que su uso implica. (Gómez, 2004).

El personal de campo registra los datos del conteo en formularios diseñados específicamente para cada caso particular, sin dejar de considerar datos importantes, tales como la ubicación, día, hora y fecha del conteo, nombre de aforador, características técnicas del vehículo, tipo de giro, entre otros.

Los diversos formatos que pueden tomarse como alternativa son los que a continuación se muestran:

Figura 65: Formato general de hoja de conteo vehicular en intersecciones.

		DATOS DEL CONSULTOR		
		NOMBRE DEL PROYECTO O ESTUDIO		
FECHA:		HORA INICIO:	HORA FIN:	
NOMBRE ENCUESTADOR:		DNI:		
UBICACIÓN	Intersección 01 Gullman - Grau (GRIFO)		ACCESOS:	
		AV. GRAU	AV. GULLMAN	
ACCESOS:		4.2	1.3	1.1+1.2
T.VEHICULO	SENTIDO:			 + 
	MOTO LINEAL			
	MOTO TAXI			
	AUTO			
	PICK-UP			
	COMBIS			
	MICRO			
	BUS			
	CAMION DE UNA CARRETA			
	CAMION DE DOS CARRETAS			
TOTALES:				

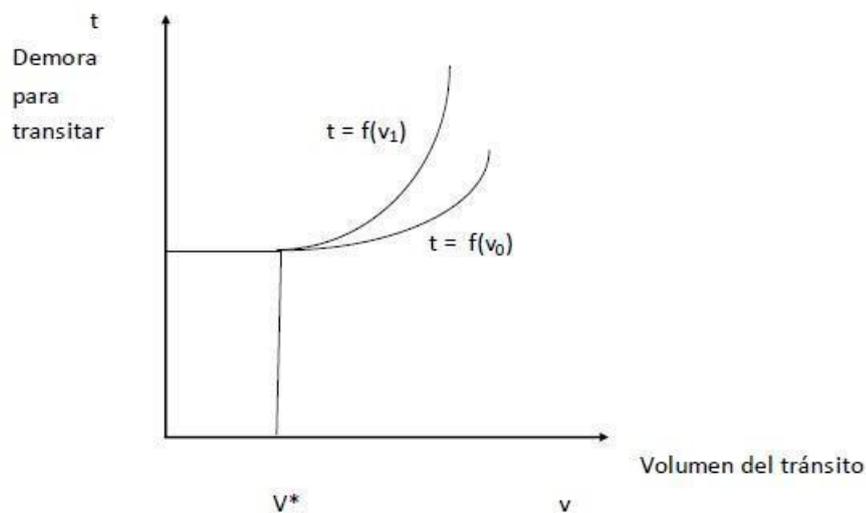
Fuente: Timaná (2016)

Con este formato, además se pueden obtener horas pico y la clasificación vehicular en dicho punto de conteo; es por esto que el diseño del formato contempla sumas parciales por horas y por tipo de vehículos.

- **Congestionamiento**

Se entiende como congestionamiento a un fenómeno que ocurre en periodos de máxima demanda cuando la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás. A medida que el tránsito aumenta, la velocidad de los vehículos se reduce. (Bull. A, 2003)

Thomson y Bull lo ilustran mediante el gráfico siguiente:



Donde:

$t = f(v_0)$ Tiempo de demora con congestión para el vehículo que se incorpora

$t = f(v_1)$ Tiempo de demora con congestión para los demás cuando se incorpora un vehículo

V^* = Volumen de vehículos límite sin congestión

Fuente: Thomson y Bull, 2003

Niveles de Servicio

Es la calidad de servicio ofrecido por una carretera de dos carriles a sus usuarios, reflejado en el nivel de satisfacción o de continuidad

experimentado por los usuarios de la vía. Es también aquella medida cualitativa que describe las condiciones en que opera un flujo vehicular y la manera en que se percibe por motoristas y pasajeros. Se describe en factores de tiempo de viaje y velocidad. Factores internos que afectan el nivel de servicio son velocidad, volumen, composición tráfico, % de movimiento de entrecruzamientos, etc. Y los externos son geometría de la vía, anchos de carriles, pendientes, etc. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005)

Tiempo de retraso

Es el tiempo que los conductores se demoran en su recorrido por una vía, debido a la imposibilidad de adelantar a otros vehículos con menor velocidad que van delante de ellos. Este concepto es muy importante para determinar el Nivel de Servicio, según el HCM (Highway Capacity Manual) o Manual de Capacidad de Carretera.

Se definen los siguientes Niveles de Servicio:

Nivel de Servicio A: Representa un flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas, este nivel muestra operaciones con una demora no mayor a 10 segundos por vehículo. Tiene una circulación libre, usualmente la relación de volumen a la capacidad es baja y la duración del ciclo es corta.

Nivel de Servicio B: Hay algunas restricciones para el flujo libre, las operaciones en este nivel tienen una demora entre 20 y 30 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no mayor de 1.0, más vehículos detenidos que el nivel de servicio A.

Nivel de Servicio C: Representa condiciones medias. La conducción con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular es afectada por interferencias tolerables de otros vehículos. La operación vehicular tiene una demora entre 20 y 35 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0, duración del ciclo es moderado. Los vehículos en cola no son capaces de salir y otros pasan a través de la intersección sin parar.

Nivel de Servicio D: No existe libertad para conducir con velocidad deseada, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos. Su operación demora entre 35 y 55 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad no superior a 1.0, la duración del ciclo es largo y se evidencia muchos vehículos que se detienen.

Nivel de Servicio E: La velocidad es baja pero el tránsito fluye sin interferencias y la operación es con una demora entre 55 y 80 segundos por vehículos y una relación de volumen a la capacidad no mayor a 1.0, es desfavorable y la duración del ciclo es largo.

Nivel de Servicio F: Representa la circulación congestionada y su operación es con una demora mayor de 80 segundos por vehículo y una relación de volumen a la capacidad mayor a 1.0 es muy alto, pero siempre hay presencia de cola.

Tabla N° 06: Niveles de servicios en intersecciones de acuerdo a demora

Nivel de Servicio	Demora por control (s/vh)
A	≤ 10

B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 80
F	> 80

Fuente: Highway Capacity Manual 2010

Causas de la congestión

Entre las principales causas que ocasionan la congestión tenemos: las características del transporte urbano, la gran cantidad de vehículos, las condiciones de la infraestructura vial, y problemas en la gestión pública del transporte. (Ministerio de Transporte y Carreteras, B. 2006).

Así mismo, lo que más impacta el congestionamiento vial es en los costos que origina según afirma Polése y Barragán que son en parte privatizados (internalizados), es decir, asumidos por las empresas y los individuos. La parte privatizada de los costos de la congestión corresponde sobre todo al costo de oportunidad del tiempo perdido: entregas demoradas, filas de espera, embotellamientos, etc. Sin embargo, el costo asumido por el individuo es en general muy inferior al costo social, por lo que podemos hablar de un fallo del mercado en forma de costos (no contabilizados) transferidos a otros:

- Primero, es el tiempo perdido por otros; cuando la circulación es densa, la llegada de un automóvil adicional aminora el flujo de vehículos en el conjunto de la vía. Cuando un conductor decide tomar una vía urbana, efectúa su elección en función de las

ganancias o pérdidas (privadas) que calcule, y no en función del impacto (social) para el conjunto de los usuarios. El añadir un auto más aumenta el nivel global de congestión, pero el conductor no asume más que una fracción del costo. Los costos sociales son superiores a los costos privados;

- El costo social incluye también la contaminación adicional (emisión de gas carbónico) ocasionada por el congestionamiento, cuyos efectos son transferidos al conjunto de la población. Aquí también, los particulares que provocan los daños no asumen plenamente el costo; los costos sociales son superiores a los costos privados.

En casi todas las ciudades del mundo, el nivel de congestión vial es superior al que implicaría un mercado eficaz, donde costos sociales y costos privados son iguales. Se trata de una externalidad negativa cuyos impactos afectan igualmente a personas y empresas que no son responsables de ellos. Para todos, ello se traduce en bienes y servicios más caros, y un aire de menor calidad. Así, en principio, el congestionamiento tendrá como efecto frenar la urbanización.

Sin embargo, podemos observar que las ciudades de los PED continúan creciendo, aun cuando sus niveles de congestión sean a menudo mucho más elevados que en los países industrializados. El concepto de costo de oportunidad aporta parte de la explicación. Si los habitantes de los PED suelen aceptar, para ir a su trabajo, tiempos de viaje que resultan inaceptables en los países más ricos, es que estiman, implícitamente, que el costo de oportunidad de su tiempo es más bajo. No se trata de decir que esta situación es deseable según criterios morales o sociales, sino que la

población elige en función de sus posibilidades reales (o que perciben como tales). Un inconveniente tan evidente *a priori* como el congestionamiento urbano, no tiene el mismo impacto de una sociedad u otra, lo que significa que los costos se calcularán también de manera distinta. (Polése, 1998)

1. Marco Conceptual

- **Congestionamiento:** Es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.

- **Infraestructura:** Estructura que se emplea para sustentar otra, actuando como su base. Conjunto de los servicios y las obras que se necesitan para que algo funcione de manera correcta. (RAE, 2019)
- **Infraestructura Vial:** Constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2006, pág. 3)
- **Tránsito Terrestre:** Conjunto de desplazamientos de personas y vehículos en las vías terrestres. (Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, 2015)
- **Pavimento:** Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2006, pág. 3)
- **Vías Terrestres:** Infraestructura terrestre que sirve de transporte de vehículos, ferrocarriles y personas. (Ley General del Transporte y Tránsito Terrestre, 2015)
- **Señalización Vial:** Conjunto de elementos ubicados a lo largo de las carreteras con el fin de brindar información gráfica para la orientación y seguridad a los usuarios. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2006, pág. 4)
- **Semaforización:** Es una actividad fundamental para que el tráfico urbano funcione con las menores demoras posibles.
- **Tránsito:** Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales para las vías terrestres de uso público. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2006, pág. 4)

2. Hipótesis

La modificación geométrica, optimización de tiempos semafóricos y el mejoramiento de la señalización vertical y horizontal minimizará el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.

3. Variables

7.1. Variable Dependiente

Congestionamiento Vehicular

7.2. Variable Independiente

Elementos de la infraestructura vial

Operacionalización de las variables

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida
Congestionamiento Vehicular	Fenómeno que ocurre mediante la obstrucción de una vía en consecuencia	Volumen Vehicular	Conteo Vehicular	
		Tiempos Semafóricos	Ciclos Semafóricos	S

	a la saturación y al volumen vehicular	Dimensiones de intersecciones	Codificación de movimientos	
			Longitudes de cola	M
		Capacidad	Análisis de Flujo Vehicular	V
		Nivel de Servicio	Cálculo de velocidad	m/s
Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida
Elementos de la Infraestructura Vial	Conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro.	Calzada	Número de bermas	
			Número de carriles	
			Dimensión de la calzada	M
			Cálculo de velocidad	m/s
		Rampas Peatonales		
		Señalización		
		Dispositivos electrónicos		

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación:

Por las características del objeto de estudio el tipo y nivel de investigación es explicativo, ya que las variables fueron analizadas a profundidad para identificar las condiciones y característica que presenta la infraestructura vial de las avenidas determinadas para el estudio, los cuales se convierten en el objeto de estudio, permitiendo así precisar cómo y de qué manera se puede contribuir para mejorar el tránsito en esta intersección, aportando con una propuesta para mejorar el descongestionamiento vehicular en el distrito de Trujillo, La Libertad.

3.2 Población y muestra de estudio:

3.2.1. Población

Todas las características de infraestructura vial con la que cuentan las intersecciones (avenidas) con similitudes en condiciones iguales en la ciudad de Trujillo.

3.2.2. Muestra

Las características de infraestructura vial que presenta la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en la ciudad de Trujillo durante 7 días durante las 24 horas respecto al congestionamiento vehicular.

3.3 Diseño de investigación

Para el logro de los resultados de este estudio se empleó varios métodos, técnicas e instrumentos de investigación como:

El método descriptivo que permitió visitar el lugar para que a través de la técnica de observación se registre en detalle cada componente de la infraestructura vial que cuenta la intersección, ya sea la geometría, la señalización y semaforización, empleando diferentes técnicas e instrumentos.

El método deductivo e inductivo permitió delimitar con eficacia el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis a partir de hacer un análisis de otros estudios (antecedentes), para posteriormente hacer una revisión del marco teórico, y una previa visita a la zona de estudio, de esa manera se pudo formular objetivamente el planteamiento y elaboración del informe de la investigación.

Los métodos analítico y sintético con el cual se logró particularizar primero cada componente que posee la infraestructura vial de esta intersección, es decir explicar las condiciones y características de la geometría, señalización y semaforización, para posteriormente integrar e interrelacionar de acuerdo a las necesidades que se requiere de estos 3 componentes para una eficaz gestión (transitabilidad) vehicular. Así mismo se revisó y utilizó documentos marcos y técnicos, bibliografía, fuentes secundarias como otras investigaciones ya sean directas o indirectas a este estudio, pero todos referidos a la infraestructura vial y de transitabilidad, siendo básicamente los diferentes manuales y

reglamentos elaborados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), como:

- **Diseño Geométrico (DG-2018) con RD N° 03-2018-MTC/14 (30.01.2018), Anexo N° 01.** Este manual nos ayudó con la recopilación de técnicas de diseño vial, en función a determinados parámetros, considerando aspectos de conservación ambiental y seguridad vial.
- **Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras con RD N°16-2016-MTC/14 (31.05.2016), Anexo N° 02.** Con la utilización del manual se logró uniformizar los dispositivos de control del tránsito (señales verticales y horizontales o marcas en pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares, entre otros aspectos) y contribuyó en la mejora de la seguridad en las vías urbanas y carreteras del país.
- **Manual de Seguridad Vial con RD N° 09-2014-MTC/14 (03.04.2014), Anexo N° 03.** Tiene por finalidad identificar las consideraciones que deben cumplirse en las diferentes etapas de la gestión vial, de esa forma facilitó la orientación de la investigación.
- **Entre otros.**

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 La primera etapa de este estudio estuvo orientado a usar la técnica de revisión de archivos: esto implica revisar fuentes

secundarias como libros, investigaciones, documentos normativos y técnicos, internet, entre otros, permitiendo identificar los antecedentes, teorías, categorías, conceptos y otros, a su vez elaborar el marco teórico de las variables de estudio, delimitar el problema, hipótesis y objetivos, y para ello se utilizó la técnica de fichaje y registro fotográfico.

3.4.2 La segunda etapa se orientó al trabajo en campo para recoger con detalle todos los componentes de la infraestructura vial que presenta esta intersección, utilizando las siguientes técnicas e instrumentos:

- a. La técnica de observación y el registro fotográfico permitió reconocer el ámbito de estudio de la intersección, precisando cada condición y característica con la que cuenta la infraestructura vial de esta intersección, así también se pudo apreciar primero en el aspecto de la geometría las dimensiones de toda la intersección, ya sea de cada carril o calzadas de los cuatro (04) lados, el estado en el que se encuentran las pistas; segundo en la semaforización la cantidad y características de semáforos, además de la estación central, y por último la señalización se reconoció cada una de éstas (señales horizontales, verticales y otras) se verificó el estado de cada una de ellas y la forma como están ubicadas y ordenadas, entre otros aspectos; los instrumentos que se utilizaron fueron la wincha, un celular con medida AR, el jalón, cámara prima y la estación total. Anexo N° 04 para realizar las mediciones ya sea de ancho de calzada, separadores, central, aceras, sardineles, bermas, veredas, entre otros, registrándose toda esta información en un

plano topográficos (descripción geométrica) Anexo N° 05. Del mismo modo se hizo el registro de semáforos y el formato de la longitud de cola Anexo N°.06-a y 6-b (descripción de los semáforos), y un registro de señalización Anexo N° 07(descripción de toda la señalización).

- b. La técnica del conteo manual, esta técnica fue apoyada por un equipo fotográfico para registrar la cantidad del aforo vehicular, los cuales fueron colocados estratégicamente para hacer un conteo eficiente del total de vehículos, registrándose posteriormente en una ficha de conteo vehicular para elaborar el cuadro de conteo vehicular ver Anexo N° 08-a y 08-b que permitió precisar la categoría y los tipos de vehículos.
- c. Para el conteo de los tiempos que marcan los semáforos se hizo necesario utilizar un cronómetro y así determinar los tiempos en cuanto a las fases que tienen los semáforos.
- d. Para analizar las condiciones y características de la infraestructura vial se hizo necesario también hacer el estudio de velocidad según ficha de estudio de velocidad Anexo N° 09, y para esto se procedió a utilizar la técnica de vehículo en movimiento o flotante con el que se realiza de la siguiente manera: se marca un punto de inicio y fin de un tramo, considerando puntos de control considerando para ello los tiempos de demora y precisando porque son estas demoras, además se hace un ensayo utilizando un vehículo particular para hacer la circulación normal del tramo, de esta forma midiendo el tiempo total del recorrido y los tiempos de detención, y luego de acuerdo a las longitudes se toman puntos de referencias de las vías.
- e. La herramienta que se utilizó para hacer el registro y análisis de la información recogida fue el programa Excel con el cual se

tabuló y evaluó a partir de este se elaboraron los cuadros de registros y análisis.

- f. Otra herramienta utilizada fue el Software Synchro 8, Anexo N° 10, este medio se utilizó con la finalidad de plantear la propuesta del modelamiento y la simulación en cuanto al diseño de la mejora planteada respecto a la infraestructura vial de esta intersección.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Elección de ámbito de investigación

El procedimiento que se realizó fue identificar las avenidas que se encuentran en intersecciones que presentan problemas agudos de congestionamiento donde se analizaron las condiciones y características que tiene la infraestructura vial, determinándose que en la intersección de las Av. América Sur y Santa Cruz es una de las que se encuentran en condiciones de geometría, señalización y semaforización complicadas debido a la infraestructura vial que presenta.

El estudio de campo permitió identificar la realidad en la que se encuentra la infraestructura vial y el congestionamiento vehicular de esta intersección, según como se puede apreciar en la figura N° 66 presentándose de la siguiente manera:

Figura N° 66: Plano de ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Proceso de recolección de datos

Esta etapa es la parte más importante que tiene una investigación ya que permite recoger toda la información para contrastar las variables de la hipótesis, corroborando y confrontando con cada data lo que se ha previsto en el supuesto para este estudio, teniendo por lo tanto los siguientes aspectos abordados:

a. Para el conteo vehicular – Registro del tráfico

a.1 Se identificó los puntos de observación para colocar las cámaras, así como un monitor con conexión de cable utp cat – 5 derivados a las cámaras conectadas vía cables vulcanizados de 1x2 de 12 mm²., según como se aprecia en las fotos N° 01, 02 y 03.

Foto 01: Videocámaras Surveillance



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Foto 02: Tomacorriente



Fuente: Elaboración propia.

Foto 03: Cable UTP cat-5



Fuente: Elaboración propia.

a.2 Posteriormente se hizo la instalación de las cámaras dando una visión estratégica para el recojo de la data como se comprueba en las fotos N° 04, 05 y 06.

Fotos 04 y 05: Ubicación de la cámara próxima al complejo Chan Chan, dando visión de proximidad al cruce de la avenida Santa Cruz y América Sur

Foto 04



Fuente: Elaboración propia.

Foto 05



Fuente: Elaboración propia.

Foto 06: Monitor de PC conectado a un DVR para controlar el flujo vehicular, para su póstumo IMDS



Fuente: Elaboración propia

a.3 Cada cámara realizó una grabación continua de 24 horas diarias por una semana para el conteo de los 7 días en horas punta del 28 de enero de 2021, según como se puede apreciar en el radio de visibilidad de cada cámara. Fotos N° 07, 08 y 09.

Foto 07: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 1



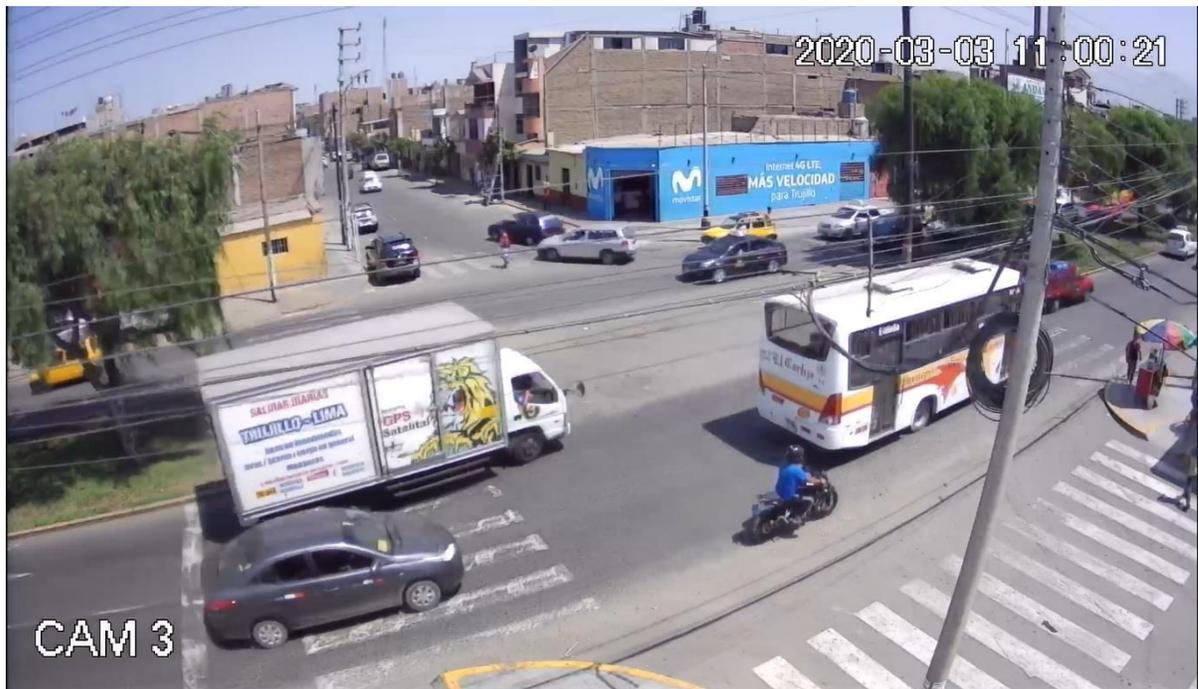
Fuente: Elaboración propia

Foto 08: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 2



Fuente: Elaboración propia

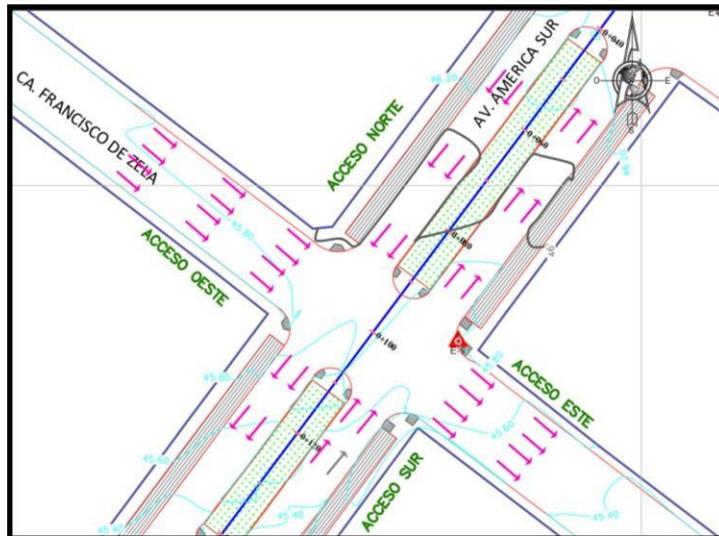
Foto 09: Vista de la intersección de las Av. América y Av. Santa Cruz 3



Fuente: Elaboración propia

- a.4 Al finalizar la semana de grabación se procedió a hacer la desinstalación y luego desde el disco duro del drive, el cual funcionó como un pequeño CPU para el control de las cámaras, se procedió a extraer las grabaciones de está.
- a.5 Para el conteo vehicular al tener la información se hizo el conteo vehicular registrándose en la ficha del conteo vehicular. Ver anexo N° 08.
- a.6 se realizaron conteos direccionales en la intersección identificando movimientos y cruces vehiculares en cada acceso ya sea de N-S, E-O, S-N y O-E; al mismo tiempo se tuvo en cuenta la identificación de los tipos de vehículos de acuerdo a su categoría, utilizando para ello un formato adaptado de la DG-2018. Ver Figura N° 67.

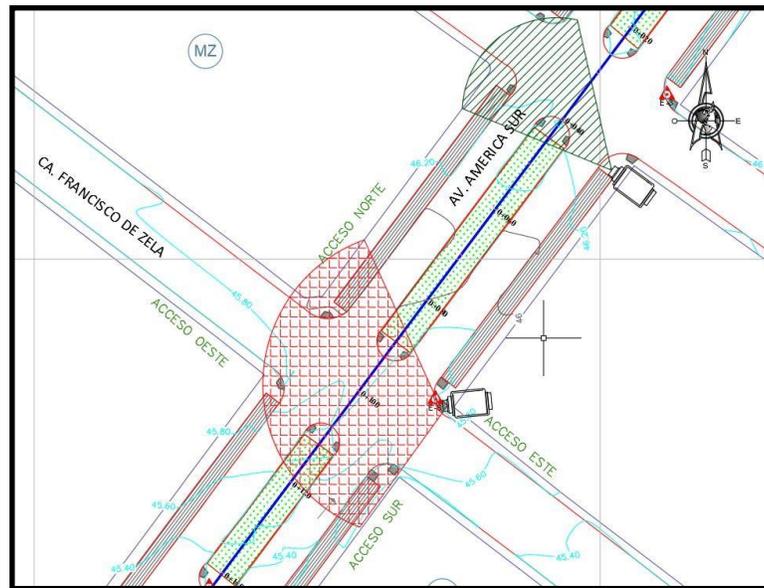
Figura 67: Gráfico del desplazamiento vehicular de la intersección.



Fuente: Elaboración propia

- a.7 Una vez obtenido el conteo vehicular se procedió a obtener el IMDS (índice medio diario semanal).
- a.8 Las condiciones de tráfico se pudo hacer mediante la técnica de la observación, permitiendo así precisar que de acuerdo a lo que se puede apreciar a través de la cámara como la mayoría de los autos son livianos, existe por parte de los usuarios peatones y conductores mucho desconocimiento del manejo de la semaforización, y por lo tanto originan congestionamiento debido a su comportamiento que no respetan el semáforo, y se detienen en cualquier punto de la vía. Ver figura N° 68.

Figura 68: Visualización para registro de autos, usuarios y conductores



Fuente: Elaboración Propia

b. Para el recojo de la geometría

Se procedió a hacer un levantamiento topográfico que duró dos días, procediendo a visitar la zona a la 6:00am para obtener las dimensiones, condiciones y características del espacio y el área física de estudio tales como todo lo relacionado a los cuatro (04) accesos: ancho de carriles, calzadas, aceras, bermas, separadores centrales, y todo lo demás relacionados con la geometría, el cual en base a una estación total y jalones se pudo obtener un perfil longitudinal y transversal de las avenidas Santa Cruz y América Sur, tanto como identificar la posición de los buzones de desagüe y postes de luz. Ver anexo N° 05.

Las dimensiones que se obtuvieron fueron como se explica de la siguiente manera:

- 1. Para describir el cruce de esta intersección se procedió a hacer las mediciones de cada uno de los cuatro accesos, utilizando una wincha, celular con medición AR, estación total y jalón, así como una cámara. Ver anexo N° 04.**
- 2. En cuanto a las aceras, bermas, separadores centrales, sardineles y las cebras de paso, se hicieron del mismo modo las mediciones.**
- 3. El estado de la carpeta asfáltica está deteriorado, es por ello que los vehículos no pueden transitar de manera libre por evadir los forados existentes y pasan a una velocidad baja, originando los retrasos y demoras en el pase de los vehículos.**

c. Para el recojo de la semaforización

El procedimiento que se empleó para obtener la información de la semaforización ha sido visitar la intersección en horas de mayor movimiento vehicular para determinar las condiciones del tráfico y congestión vial, se procedió a hacer las fotos de cada uno de los cuatro (04) semáforos, y una (01) estación central y/o control maestro, así mismo se hizo las mediciones de cada uno de ellos con una wincha, y un (01) celular que tiene medición AR, del mismo modo se registró las características de los semáforos. respecto a los tiempos semafóricos se midieron a partir de un cronómetro para luego ser analizados y de esta manera se hizo un diagrama de fases.

d. Para el recojo de la señalización

El recojo de toda la señalización que presenta la infraestructura de esta intersección requirió también hacer la visita al área de estudio a una hora propicia para recoger la información, permitiendo registrar la información mediante el registro fotográfico por cada uno de las señales:

Señales verticales:

Para el recojo de las señales verticales se hizo necesario utilizar un registro de señalización, en el cual se determinó todas las señaléticas verticales, pudiéndose observar que se encuentran en mal estado de conservación y no son las suficientes para que se cumpla con la transitabilidad adecuada, además no se visualizan las señales de giro, líneas de pare, las líneas de pares peatonales, separadores de carriles, entre otros, todas se encuentran borrosas, falta pintado de dispositivos de control de los cruces peatonales dentro de los separadores angostos, entre otros.

Señales Horizontales:

Las señales con las que cuenta esta intersección no son las suficientes, solo se tienen algunas y estas no representan todas las advertencias, informaciones y reglas dentro de la intersección, estas fueron registradas utilizando un registro de señalización vial para describir las características que presentan cada una de ellas.

Para el proceso de Modelamiento con Synchro si realizó de la siguiente forma:

Modelamiento macroscópico

Este proceso se llevó a cabo a partir de la obtención de la data que se recogió en el campo relacionado con las condiciones de los siguientes datos:

- a. Aforo de vehículos**
- b. Ciclos semafóricos**
- c. Las señales verticales y horizontales**
- d. Las condiciones de la geometría**

Cada uno de estos datos fueron utilizados para ejecutar la macro simulación a través del software Synchro 8, los cuales serán presentados en los resultados de este documento donde se tiene las precisiones de todo el modelamiento que tiene como propuesta este estudio.

Los pasos que se siguió fueron los siguientes:

- 1. Imagen de la Intersección.- para iniciar este paso se hizo necesario delimitar el área de intervención en la que se encuentra la intersección procediéndose a descargar vía Google Earth la imagen precisando para ello las distancias de los carriles a intervenir y darle el valor de la escala y coordenadas que se ha previsto, teniendo medidas reales sacadas del plano topográfico, ello obligó a considerar el background y configurar la escala, seleccionando también el ancho de la imagen medidas en metros en Google Earth, luego hacer el click y seleccionar el punto de inicio y final del tramo a intervenir para la simulación.**
- 2. Ingresamos al menú de Lane Settings**

- a. Colocamos los sentidos y cantidad de carriles en cada pista que conecta con la intersección.
- b. Colocar el volumen de tráfico (vehículos por hora). Dependiendo la dirección o el sentido en el que van los vehículos, se coloca la cantidad en cada carril correspondiente.
- c. Colocar los nombres de las calles del área de trabajo a proponer.
- d. Insertamos la distancia de cada carril a partir del punto de intersección (m). La imagen satelital insertada esta escalada, por lo tanto, las medidas y/o distancias pueden ser verificadas con el plano topográfico adjuntado en el documento.
- e. Colocamos la velocidad en km/h con los que los vehículos entran a la intersección.
- f. En esta parte el programa nos muestra el tiempo de viaje, en segundos, lo que demora en llegar los vehículos a la intersección con la distancia y velocidad insertada anteriormente.
- g. El flujo de saturación que nos muestra el programa es de 1900, valor que sale por defecto como recomendación por el HCM 2000 (Highway Capacity Manual), el cual es el máximo volumen de transito que puede pasar y salir en una intersección semaforizada.
- h. Se hace las modificaciones el ancho de carril correspondiente según el plano topográfico.
- i. Colocamos la pendiente que existe en la intersección en porcentajes. Si el sentido de aproximación a la intersección es negativo, los vehículos van cuesta abajo; de lo contrario subirán
- j. Se tendrá propiedades si es que hubiera giros exclusivos a la derecha o izquierda, caso que no es para el presente proyecto, posteriormente se tiene los resultados que nos arroja el programa correspondiente a los datos ingresados anteriormente.
- k. Posteriormente se procede a explicar el timing settings.

- l. Se hace el control de un semáforo para un movimiento a la derecha o a la izquierda de los automóviles en una intersección entre avenidas o calles.**
- m. Para ejecutar eso, nos vamos a los timing settings, donde en una tabla las dos primeras filas son los movimientos de volumen y la 4 y 5 fila son las fases permitidas y no permitidas; y se hace el control para cada una de ellas.**
- n. Esta tabla tiene dos plantillas: Este – Oeste principal y Norte – Sur principal. Esta plantilla tiene las siguientes características: Los números pares representan los movimientos rectos y los impares los giros o movimientos curvos en intersecciones y en el cuadro principal el movimiento Norte – Sur es la que aparece primero.**
- o. En la tabla que aparece en el programa aparecen cuatro accesos y cuatro fases, en orden: del 1 al 4 los accesos y del 5 al 8 las fases. Y se puede crear fases y accesos de acuerdo al requerimiento.**
- p. Se define movimiento principal aquel que va de sur a norte y viceversa a la derecha y como movimiento secundario el que va a la izquierda en la misma orientación.**
- q. A través de las fases se puede asignar los tiempos en los diferentes movimientos tanto en tramos rectos como en intersecciones.**
- r. Se procede a la simulación, los puntos verdes son para dar acceso a cruces rectos y giros a los vehículos y el punto rojo para denegarlo; y se hace los cambios que necesitemos en la tabla de control, fases y accesos o conocido como timing settings.**
- s. La fila 3 es para el acceso de los giros a la izquierda. Para los giros no se aplica semaforización y el tipo de control de actúa es se da el paso.**
- t. Se procede al control de los semáforos y de los demás accesos con el cuadro de cambios.**

- u. Los giros están protegidos por un semáforo y se rige en la fase de acceso.
- v. Se ve ahora los tipos de protección, esto se ve en las páginas 127 y 128 del manual; también existen los giros protegidos hacia la derecha y asimismo se pueden hacer los cambios que se requieran con los controles que conocemos.
- w. Nos vamos Lane Settings para efectuar nuestra simulación, hacemos un giro exclusivo a la derecha para que puedan pasar los vehículos con los controles, corremos nuestra simulación y revisamos nuestro manual.

Habiéndose aplicado este software en el proceso de la macrosimulación se llega a la conclusión que de acuerdo a como se encuentra la transitabilidad en esta intersección se requiere de 3 mejoras que realizar para minimizar el congestionamiento en este, siendo las siguientes:

1. Reducción de separador central y ancho de carril (siendo una carretera de primera clase con un flujo de 2000-4000 veh/día genera un embotellamiento (tabla 304-01, anchos mínimos de calzada en tangente), para la creación de un carril más.
2. Modificación de tiempos semafóricos. Semáforo con proximidad al complejo Chan Chan (Verde: 16.95 seg, Ambar: 1 seg, Rojo: 50 seg.); semáforo separador central próximo al complejo Chan Chan (Verde: 43 seg, Ambar: 2 seg, Rojo: 21 seg); semáforo con proximidad a la Av. Santa Cruz (Verde: 45.19 seg, Ambar: 2.54 seg, Rojo: 22 seg.).
3. Instalar señalización vertical (Prohibición de vuelta en “U”).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

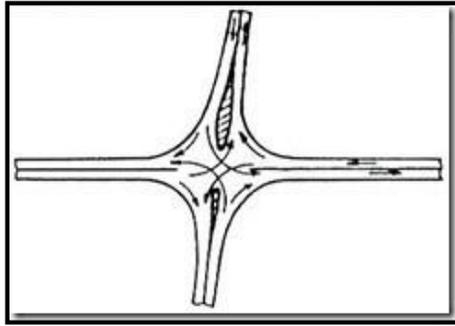
Infraestructura vial y el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad

Existen diferentes elementos en la infraestructura vial, siendo 3 los que vienen siendo estudiados para esta investigación, la geometría, semaforización y la señalización.

La Geometría de la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad

La geometría que presenta la intersección de estudio tiene un diseño de 4 ramales simple Figura N° 69, según como se puede apreciar en las fotos N° 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Figura 69: Geometría de la intersección de estudio - Diseño de 4 ramales simple



D.G: 2018

4



Foto 10:
Geometría de
Intersección -
ramales
simple

Fuente:Elaboración propia.

Foto 11: Geometría de intersección con limitante longitudinal y sin limitante longitudinal en ambas avenidas.



Fuente: Elaboración propia.

Foto 12: Geometría de intersección con las canalizaciones y los puntos de giros y visibilidad.

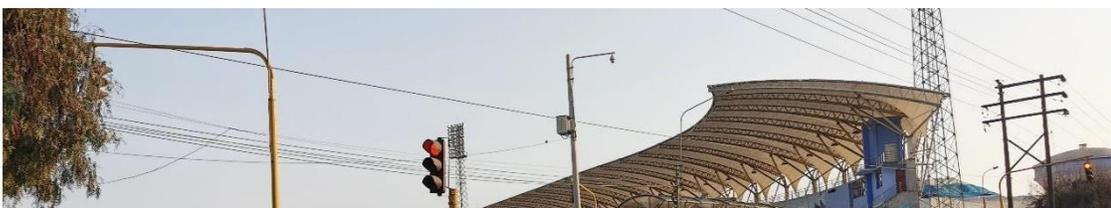
Fuente: Elaboración Propia.

Foto 13: Diseño geométrico – movimiento de actores de tránsito y separación de movimientos.



Fuente: Elaboración propia.

Foto 14: Diseño geométrico – composición de los flujos por tipo de vehículos.



Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración propia.

Foto 15: Diseño geométrico – composición de los flujos por tipo de vehículos.



Fuente: Elaboración propia.

Las características de la geometría de esta intersección tiene una calzada que presenta un diámetro de 83 metros, es de rodadura y está construido de asfalto, cuenta con 2 pares de carriles en la Av. América con las medidas siguientes de 6.70mts., 6.90mts., 7.80mts., y 6.80mts., de 1 carril de la Av. Santa Cruz de 12.03mts., no tiene isla solo cuenta con un separador central, tiene bermas en cada extremo del separador central, así como en los extremos de las calzadas, la canalización es en la Av. América de S-N y N-S y en la Av. Santa Cruz de O-E. cuenta con pendientes que tienen en la Av. América -1.55 de %m y en la Av. Santa Cruz 0.1%m. Anexo 11-a y 11-b.

La Av. América es de doble sentido con su respectiva limitante longitudinal, mientras que la Av. Santa Cruz es de una vía sin limitante longitudinal, los criterios técnicos como los movimientos que deben realizar los actores del tránsito, el manejo de las áreas de conflictos, la perpendicularidad, la separación de los movimientos, la canalización y los puntos de giros y la visibilidad; así como también los aspectos de tránsito para evitar el sobredimensionamiento que pueda perjudicar el nivel de servicio en términos de volúmenes de tránsito, la composición de los flujos por tipo de vehículo, las velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo presentan aspectos que limitan una eficaz transitabilidad, además la geometría de esta intersección cuenta con la operación de semáforos y señalización.

Así mismo se logró obtener el índice medio diario semanal de acuerdo a la tabla N° 07 y 08, como también se pudo obtener el volumen de tráfico promedio diario según vehículo, día, total diario, índice medio diario (IMD) y porcentaje, ver tabla N° 09, y por último en la tabla N° 10 se logró precisar el tráfico vehicular según índice medio diario sin corrección (IMDS), índice medio diario con factor de

corrección (IMD) y porcentaje de distribución respectivo.

Tabla 07: Índice Medio Diario Semanal (IMDS) en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz. Calle Santa Cruz.

Tramos Homogéneos			
Tramo	Ruta	Progresiva Inicial	Progresiva Final
1	Calle Sta Cruz	0.00	20.00
2	Calle Sta Cruz	0.00	40.00
3	Calle Sta Cruz	0.00	60.00
4	Calle Sta Cruz	0.00	80.00
5	Calle Sta Cruz	0.00	100.00
6	Calle Sta Cruz	0.00	120.00
7	Calle Sta Cruz	0.00	140.00
8	Calle Sta Cruz	0.00	160.00

9	Calle Sta Cruz	0.00	180.00
10	Calle Sta Cruz	0.00	200.00
11	Calle Sta Cruz	0.00	220.00
12	Calle Sta Cruz	0.00	240.00
13	Calle Sta Cruz	0.00	260.00
14	Calle Sta Cruz	0.00	280.00
15	Calle Sta Cruz	0.00	300.00
16	Calle Sta Cruz	0.00	320.00
17	Calle Sta Cruz	0.00	340.00
18	Calle Sta Cruz	0.00	400.00
19	Calle Sta Cruz	0.00	417.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 08: Índice Medio Diario Semanal (IMDS) en la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz. Avenida América Sur.

Tramos Homogéneos			
Tramo	Ruta	Progresiva Inicial	Progresiva Final
1	Av. America Sur	0.00	20.00
2	Av. America Sur	0.00	40.00
3	Av. America Sur	0.00	60.00

4	Av. America Sur	0.00	80.00
5	Av. America Sur	0.00	100.00
6	Av. America Sur	0.00	120.00
7	Av. America Sur	0.00	140.00
8	Av. America Sur	0.00	160.00
9	Av. America Sur	0.00	180.00
10	Av. America Sur	0.00	200.00
11	Av. America Sur	0.00	220.00
12	Av. America Sur	0.00	240.00
13	Av. America Sur	0.00	260.00
14	Av. America Sur	0.00	280.00
15	Av. America Sur	0.00	300.00
16	Av. America Sur	0.00	320.00
17	Av. America Sur	0.00	340.00
18	Av. America Sur	0.00	400.00
19	Av. America Sur	0.00	412.14

Fuente: Elaboración propia.

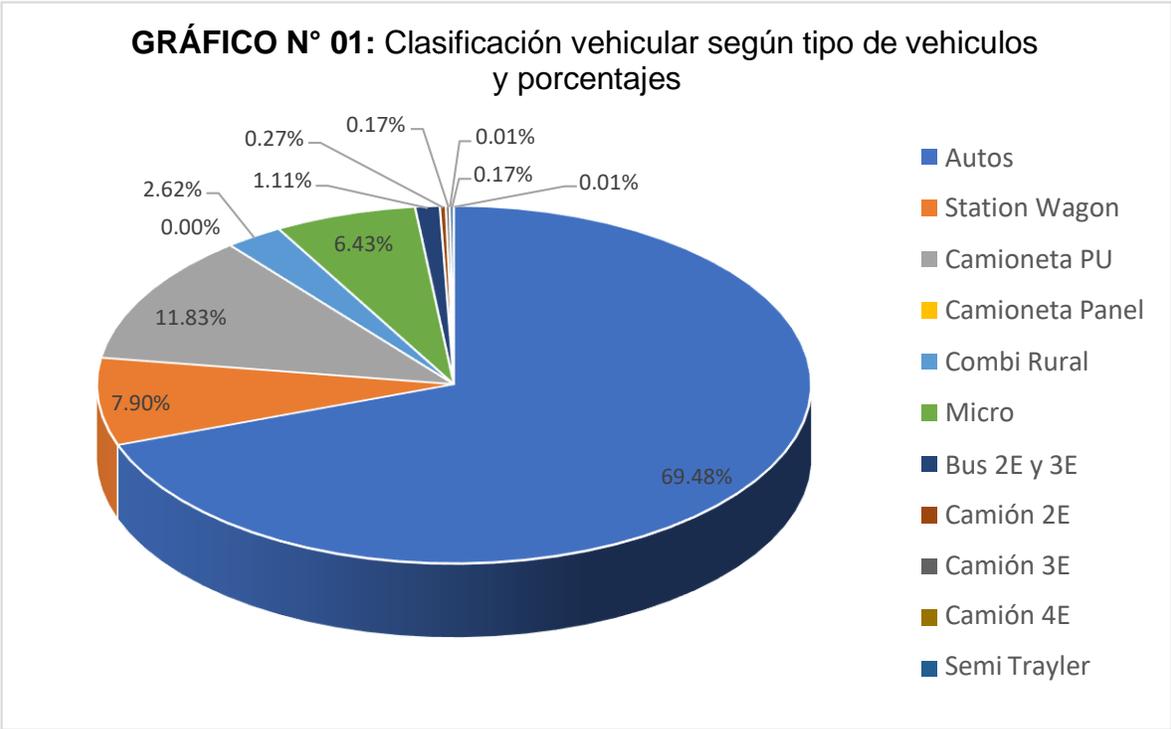
Tabla 09: Volumen de tráfico promedio diario según vehículo, día, total diario, índice medio diario (IMD) y porcentaje.

	Tipo de Transporte	Modelo	DOM	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SAB	TOTAL	IMD	%	
VEHÍCULOS LIGEROS	AUTO		9000	9069	9196	8847	9000	8658	8548	62318	8903	69.39	
	STATION WAGON		996	981	1023	988	1005	1054	1035	7082	1012	7.89	
	CAMIONETAS	PICK UP		1575	1528	1612	1490	1457	1492	1456	10610	1516	11.82
		PANEL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
		RURAL COMBI		321	340	339	335	328	350	342	2355	336	2.62
VEHÍCULOS PESADOS	MICRO		841	851	836	824	842	835	827	5856	837	6.52	
	BUS	2E	93	105	97	91	101	93	98	678	97	0.76	
		3E	48	50	45	48	49	44	53	337	48	0.37	
	CAMIÓN	2E	35	40	34	36	39	32	32	248	35	0.27	
		3E	21	23	22	21	22	21	21	151	22	0.17	
		4E	0	1	0	0	0	0	3	2	6	1	0.01
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	10	9	13	10	10	12	10	74	11	0.09	
		2S3	0	1	0	0	1	0	2	4	1	0.01	
		3S1/3S2	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0.00
		>=3S3	10	11	11	10	10	10	10	72	10	0.08	
	TRAYLER	2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
		2T3	0	0	0	1	1	1	1	4	1	0.01	
		3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
		3T3	0	0	0	1	1	1	1	4	1	0.01	
	TOTAL		12950	13009	13228	12702	12866	12608	12439	89802	12831	100.00	

FUENTE: Elaboración propia utilizando SYNCHRO

En la tabla N° 09 se muestra el volumen de tráfico diario, en el cual observamos que el día con más alta transitabilidad de vehículos son los días miércoles con

un total de 13228 unidades, a la semana transitan unas 89802 unidades lo que hace un promedio de 12831 vehículos al día, de los cuales el 69.39% son automóviles con un IMD de 8903, le siguen en importancia numérica las camionetas pick up con el 11.82% de vehículos haciendo un IMD de 1516 unidades. Continuando en orden de importancia tenemos los station wagon (7.89%), siendo estas tres primeras que más transitan del orden de vehículos ligeros. Entre las unidades de vehículos pesados que más resalta tenemos a los micros con una participación del 6.52%, las demás unidades de vehículos pesados su participación porcentual está por debajo del 1%.



FUENTE: Elaboración propia utilizando SYNCHRO

En el gráfico N° 01 muestra los tipos de vehículos según porcentaje, siendo los vehículos ligeros los que hacen mayor uso de las vías estudiadas.

Tabla 10: Tráfico vehicular según índice medio diario sin corrección (IMDS), índice medio diario con factor de corrección (IMD) y porcentaje de distribución respectivo.

TIPO DE VEHÍCULO	IMDS	Distrib.	Cálculo del IMD	IMD	Distrib.
		%	Resumen de metodología		%
Autos	8903	69.39%	IMD=VS/7 VS=Volumen promedio semanal Fc Veh. Ligeros=1.0517 Fc=Veh. Pesados=1.0354 IMD=13476 Vehículos por día 36.92 Vehículo por año	9363	69.48%
Station Wagon	1012	7.89%		1064	7.90%
Camioneta PU	1516	11.82%		1594	11.83%
Camioneta Panel	0	0.00%		0	0.00%
Combi Rural	336	2.62%		353	2.62%
Micro	837	6.52%		867	6.43%
Bus 2E y 3E	145	1.13%		150	1.11%
Camión 2E	35	0.27%		36	0.27%
Camión 3E	22	0.17%		23	0.17%
Camión 4E	1	0.01%		1	0.01%
Semi Trayler	22	0.17%		23	0.17%
Trayler	2	0.02%		2	0.01%
TOTAL	12831	100.00%		13476	100.00%

FUENTE: Elaboración propia utilizando SYNCHRO

Según se observa en la tabla N° 10, se aplica el factor de corrección (Fc) según la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aplicando el Factor de Corrección para Vehículos Ligeros (1.0517) y el Factor de Corrección para Vehículos Pesados (1.0354), con lo cual varía el total de vehículos de 12831 a 13476 diarios, donde los automóviles amplían su participación de 69.39% a

69.48%, en tanto que la participación de buses pasa de 6.52% a 6.43%.

Tabla 11: Resumen de flujo vehicular cada 15 minutos dentro de la intersección.

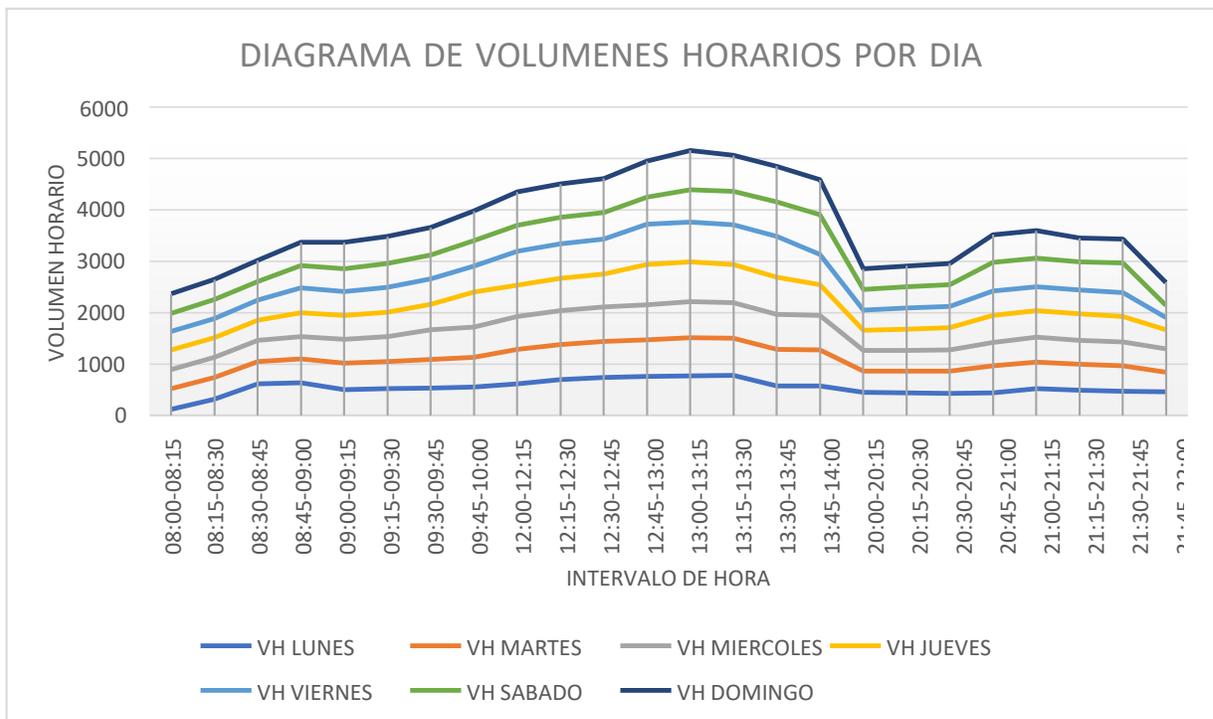
Resumen volumen horario total (todos los accesos) por día									
Conteo vehicular manual									
"Análisis del congestionamiento vial y formulación de propuestas de mejora en la intersección semaforizada de las Av. América Sur y Av. Santacruz en Trujillo, La Libertad"									
Días									
TIEMPO		L	Ma	Mi	J	V	S	D	
Hora	INTERVALO		TOTAL						
	(min)		V.H.M. (Veh/h)						
	00:15:00		Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
08:00	08:00	08:15	115	404	378	378	361	351	381
	08:15	08:30	320	415	394	382	375	367	394
	08:30	08:45	620	430	408	399	384	371	405
	08:45	09:00	632	464	442	458	483	435	455
09:00	09:00	09:15	502	517	467	460	469	441	514
	09:15	09:30	521	532	478	480	487	457	528
	09:30	09:45	535	550	581	499	491	467	534
	09:45	10:00	554	577	588	683	500	496	578
12:00	12:00	12:15	617	667	637	610	667	505	647
	12:15	12:30	698	680	663	625	672	517	651
	12:30	12:45	735	702	678	633	681	519	664
	12:45	13:00	758	718	682	777	782	528	704
13:00	13:00	13:15	774	738	707	765	778	631	765
	13:15	13:30	781	720	694	744	770	648	705
	13:30	13:45	572	711	687	721	791	670	697
	13:45	14:00	569	703	678	595	592	766	681
20:00	20:00	20:15	451	414	397	398	394	401	397
	20:15	20:30	437	426	404	415	406	415	407

	20:30	20:45	425	435	416	428	418	428	411
	20:45	21:00	444	526	455	518	479	558	540
21:00	21:00	21:15	521	519	481	520	464	561	527
	21:15	21:30	490	504	472	511	462	549	462
	21:30	21:45	473	497	461	498	459	582	459
	21:45	22:00	465	379	454	369	243	236	444

Fuente: Elaboración propia

Siendo el día que tiene una mayor cantidad de vehículos el día viernes en el turno tarde con 782 veh/h. Es por ello que este día servirá como representativo para todos los análisis a partir de este punto.

GRÁFICO 02: Selección de día con mayor congestionamiento durante la semana



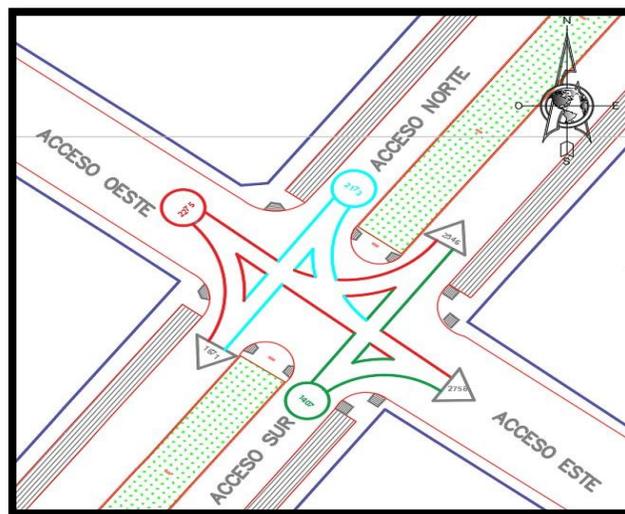
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Volúmenes de entrada y salida en día crítico

INTERVALO		ACCESO NORTE		ACCESO SUR		ACCESO OESTE	ACCESO ESTE	TOTAL, EN INTERSECCION
HORA		ENTRAN	SALEN	ENTRAN	SALEN	ENTRAN	SALEN	
00:00	01:00	48	54	4	14	23	34	102
01:00	02:00	10	14	11	18	7	17	49
02:00	03:00	21	25	7	14	10	9	48
03:00	04:00	11	14	2	7	23	25	46
04:00	05:00	3	8	1	6	12	16	30
05:00	06:00	13	14	3	5	8	8	27
06:00	07:00	61	71	17	23	60	78	172
07:00	08:00	66	87	54	67	47	72	226
08:00	09:00	91	117	101	138	179	228	483
09:00	10:00	89	112	98	116	249	272	500
10:00	11:00	87	114	71	87	92	112	313
11:00	12:00	122	147	41	57	78	106	310
12:00	13:00	301	326	121	123	256	321	770
13:00	14:00	199	203	101	114	259	275	592
14:00	15:00	131	147	121	124	179	213	484
15:00	16:00	124	132	81	94	135	163	389
16:00	17:00	114	124	74	87	124	139	350
17:00	18:00	87	117	61	77	82	108	302
18:00	19:00	154	187	84	98	81	109	394
19:00	20:00	166	194	95	105	117	143	442
20:00	21:00	142	161	147	157	114	146	464
21:00	22:00	65	84	61	69	75	90	243
22:00	23:00	61	79	37	51	48	51	181
23:00	00:00	7	15	14	20	17	23	58
24 horas		2173	2546	1407	1671	2275	2758	6975

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 70: Disposición de volumen vehicular por movimiento

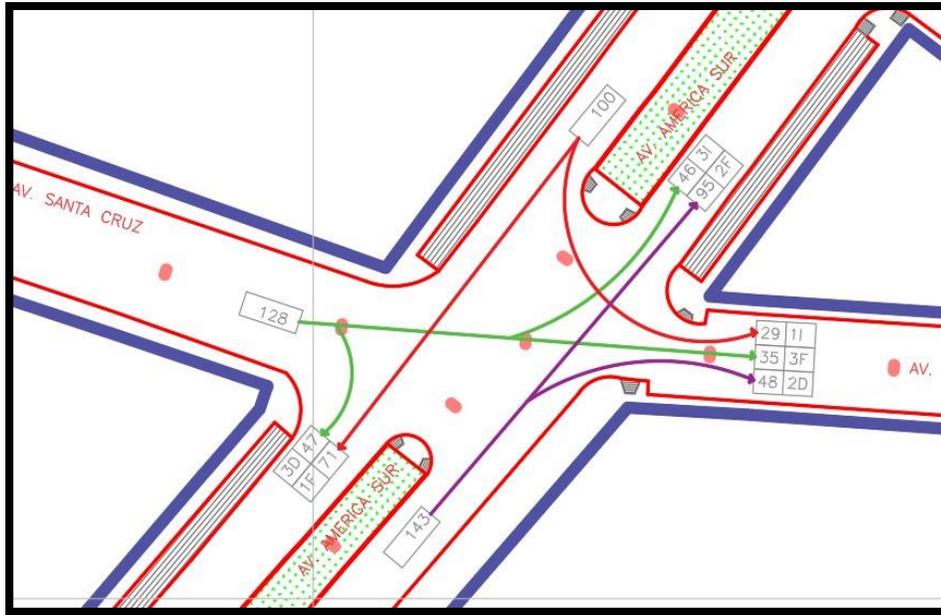


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 70 se observa que ingresaron un total de 6975 Veh/día; mostrándose así la disposición de volumen vehicular por movimiento.

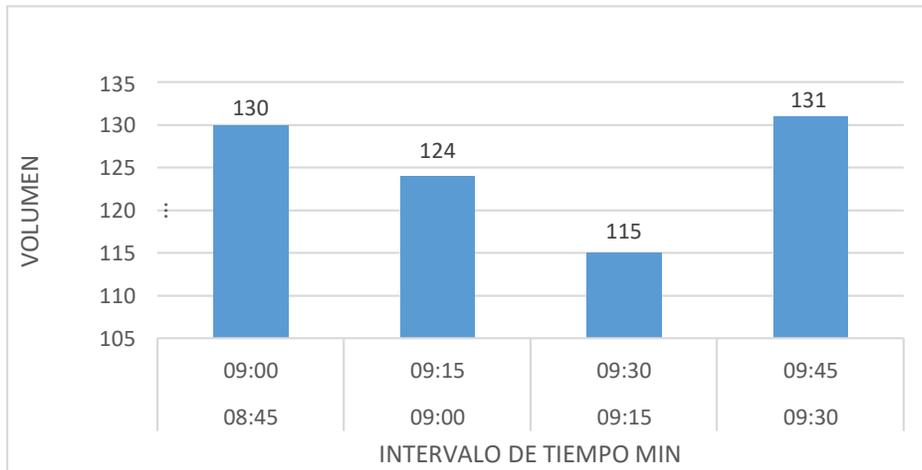
Volumen horario de máxima demanda

Figura N° 71: Volumen horario de máxima demanda turno mañana



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 03: Volumen horario de máxima demanda turno mañana

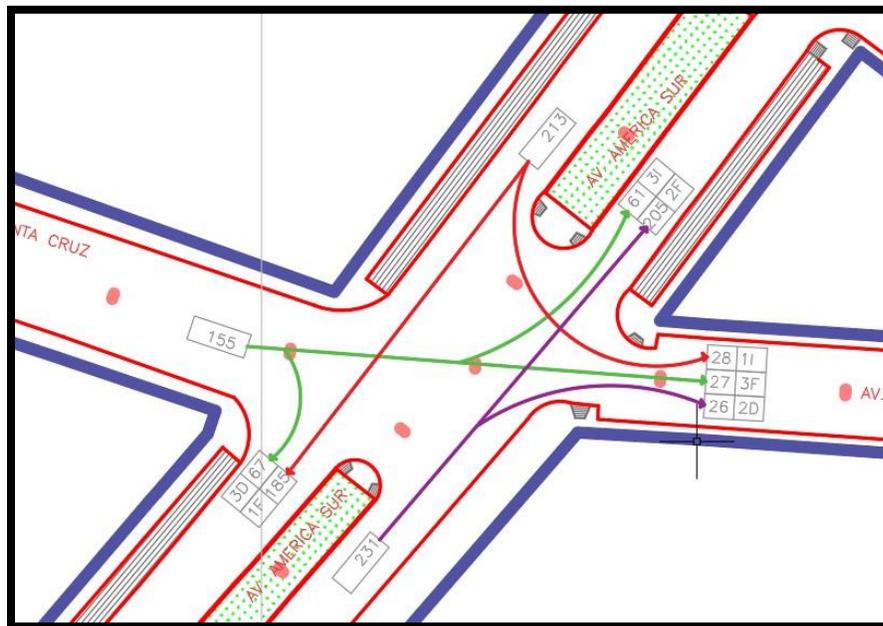


Fuente: Elaboración propia.

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
8:45-9:45	08:45	09:00	29	43	37	21	130
	09:00	09:15	26	31	42	25	124
	09:15	09:30	18	24	27	46	115
	09:30	09:45	27	45	23	36	131

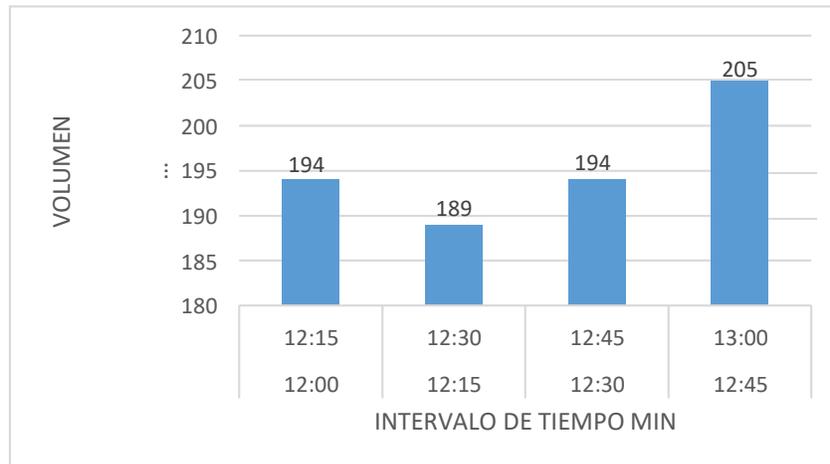
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 72: Horario de máxima demanda turno-tarde



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 04: Horarios de máxima demanda turno-tarde

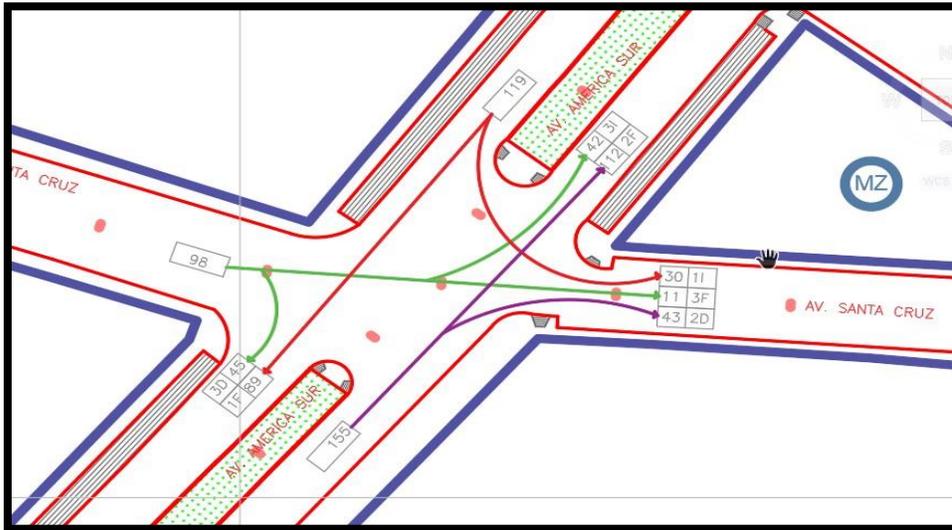


Fuente: Elaboración propia.

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
12:00-13:00	12:00	12:15	59	53	48	34	194
	12:15	12:30	42	57	47	43	189
	12:30	12:45	61	56	42	35	194
	12:45	13:00	51	65	46	43	205

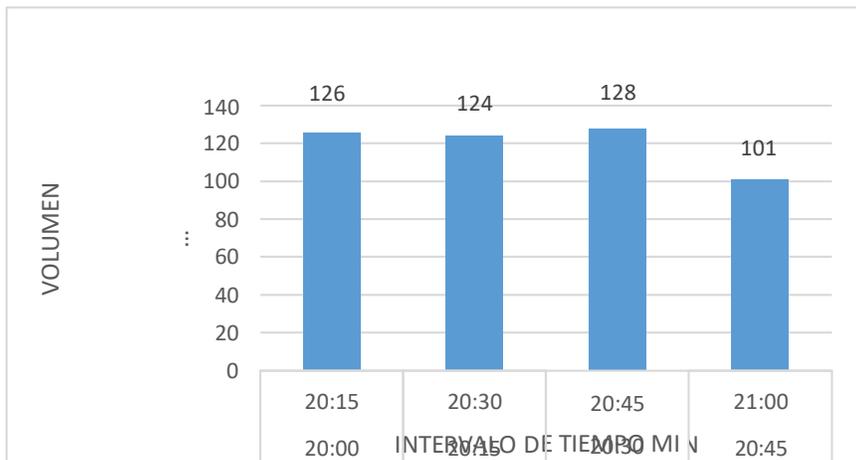
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 73: Horario de máxima demanda turno-noche



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 05: Horario de máxima demanda turno-noche



Fuente: Elaboración propia

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
20:00- 21:00	20:00	20:15	32	36	28	30	126
	20:15	20:30	34	42	27	21	124
	20:30	20:45	32	41	31	24	128
	20:45	21:00	21	36	21	23	101

Fuente: Elaboración propia

e. Cálculo de factores horarios de máxima demanda para día crítico

En las siguientes tablas se muestran el resumen de factores de horario pico para los diferentes turnos en todos los accesos de la intersección en el día crítico viernes.

Tabla N° 13: Factores de hora pico por movimiento y acceso turno-mañana

ACCESOS	ACCESO NORTE		ACCESO SUR		ACCESO OESTE					
MAÑANA										
CODIGO	1I	1F	FHP X ACCESO	2F	2D	FHP X ACCESO	4I	4F	4D	FHP X ACCESO
VOLUMEN HORARIO MIXTO	29	71	100	95	48	143	46	35	47	128
INTENSIDAD (maxq 15*4)	32	77	109	103	52	155	50	38	51	139
F.H.P.	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 14: Factores de hora pico por movimiento y acceso turno-tarde

ACCESOS	ACCESO NORTE		ACCESO SUR		ACCESO OESTE					
TARDE										

CODIGO	1I	1F	FHP X ACCESO	2F	2D	FHP X ACCESO	4I	4F	4D	FHP X ACCESO
VOLUMEN HORARIO MIXTO	28	185	213	205	26	231	61	27	67	155
INTENSIDAD (maxq 15*4)	30	201	231	222	28	250	66	29	73	168
F.H.P.	0.93	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.92	0.93	0.92	0.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Factores de hora pico por movimiento y acceso turno-noche

ACCESOS	ACCESO NORTE			ACCESO SUR			ACCESO OESTE			
NOCHE										
CODIGO	1I	1F	FHP X ACCESO	2F	2D	FHP X ACCESO	4I	4F	4D	FHP X ACCESO
VOLUMEN HORARIO MIXTO	30	89	119	112	43	155	42	11	45	98
INTENSIDAD (maxq 15*4)	32	97	129	122	46	168	45	12	49	106
F.H.P.	0.94	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92

Fuente: Elaboración propia

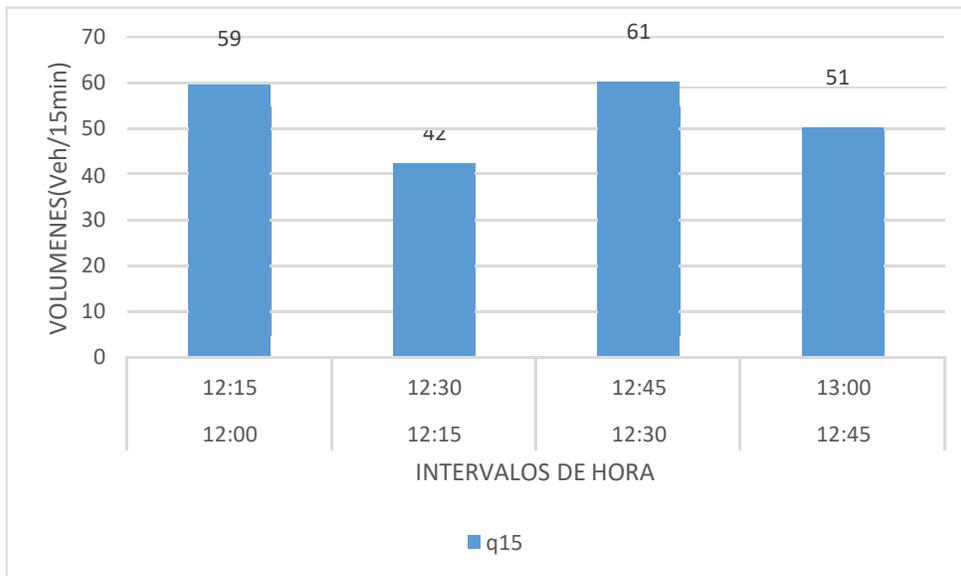
F. Estudio de Flujos

Análisis de flujos acceso norte

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
12:00- 13:00	12:00	12:15	59	53	48	34	194
	12:15	12:30	42	57	47	43	189
	12:30	12:45	61	56	42	35	194
	12:45	13:00	51	65	46	43	205
PROM			53.25				

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 06: Análisis de flujos acceso norte



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 16: Análisis de flujos acceso norte.

DIA	TURNO	HORA	q15	q15max	Q: VHMD COMO Q15 (veh/15min)	Q≤q15
VIERNES	TARDE	12:00-12:15	59	61	53	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
		12:15-12:30	42			FLUJO NORMAL
		12:30-12:45	61			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
		12:45-13:00	51			FLUJO NORMAL

NOTA:	Q>q15	FLUJO NORMAL
	Q≤q15	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN

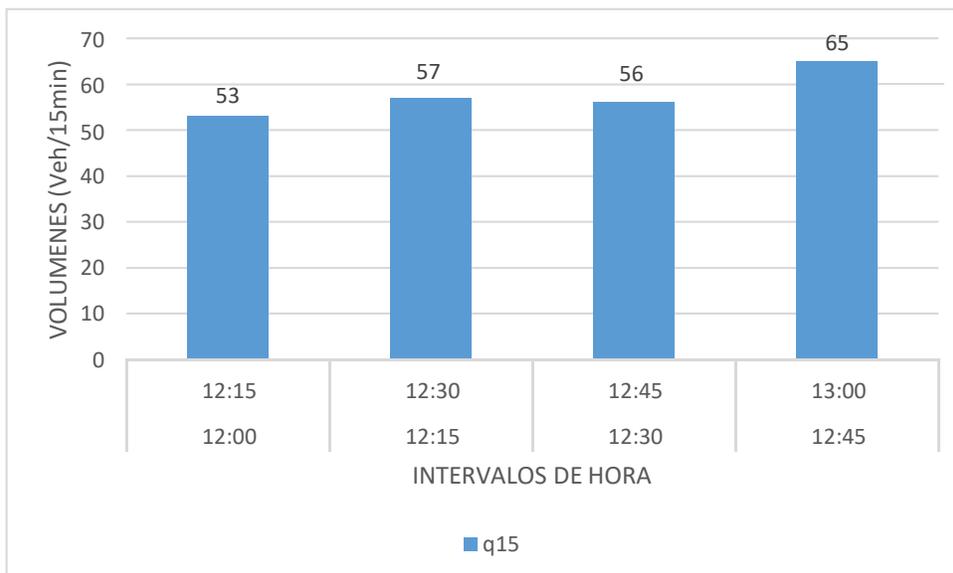
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de flujos acceso sur

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
12:00- 13:00	12:00	12:15	59	53	48	34	194
	12:15	12:30	42	57	47	43	189
	12:30	12:45	61	56	42	35	194
	12:45	13:00	51	65	46	43	205
PROM			53.25	57.75	45.75	38.75	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 07: Análisis de flujos acceso sur



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 17: Análisis de flujos acceso sur

DIA	TURNO	HORA	q15	q15max	Q: VHMD COMO Q15 (veh/15min)	Q≤q15
VIERNES	TARDE	12:00- 12:15	53	65	58	FLUJO NORMAL
		12:15- 12:30	57			FLUJO NORMAL
		12:30- 12:45	56			FLUJO NORMAL
		12:45- 13:00	65			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
NOTA:	Q>q15	FLUJO NORMAL				
	Q≤q15	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN				

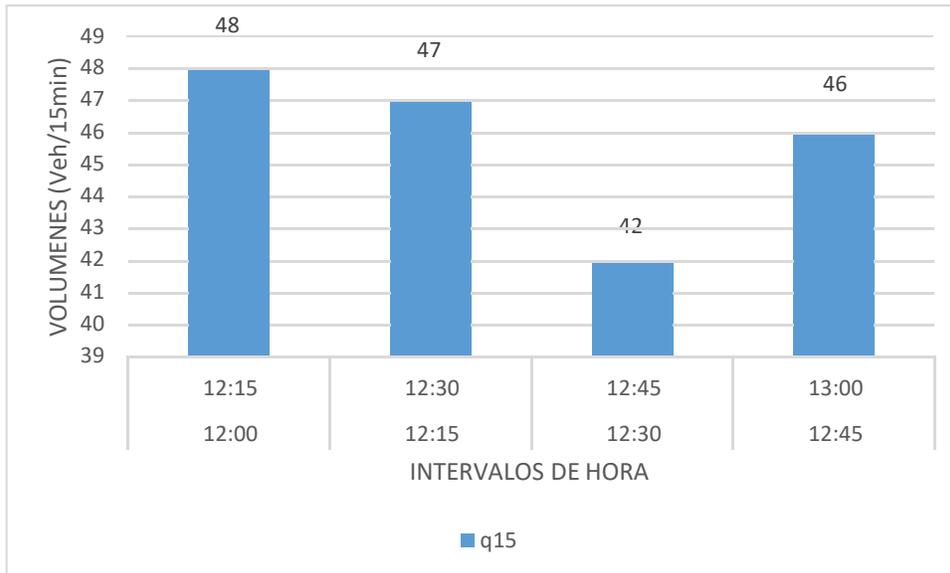
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de flujos acceso este

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
12:00- 13:00	12:00	12:15	59	53	48	34	194
	12:15	12:30	42	57	47	43	189
	12:30	12:45	61	56	42	35	194
	12:45	13:00	51	65	46	43	205
PROM			53.25	57.75	45.75	38.75	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 08: Análisis de flujos de acceso este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 18: Análisis de flujos acceso este

DIA	TURNO	HORA	q15	q15max	Q: VHMD COMO Q15 (veh/15min)	Q≤q15
VIERNES	TARDE	12:00- 12:15	48	48	46	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
		12:15- 12:30	47			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
		12:30- 12:45	42			FLUJO NORMAL
		12:45- 13:00	46			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN

NOTA:	Q>q15	FLUJO NORMAL
	Q≤q15	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN

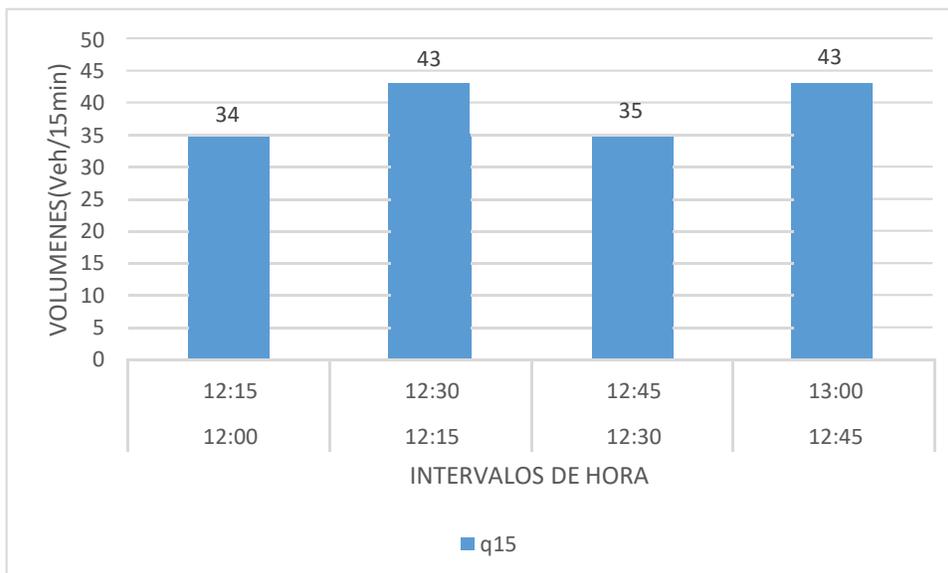
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de flujos acceso oeste

HORA	INTERVALO		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TOTAL
12:00- 13:00	12:00	12:15	59	53	48	34	194
	12:15	12:30	42	57	47	43	189
	12:30	12:45	61	56	42	35	194
	12:45	13:00	51	65	46	43	205
PROM			53.25	57.75	45.75	38.75	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 09: Análisis de flujos acceso oeste



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 19: Análisis de flujos acceso oeste

DIA	TURNO	HORA	q15	q15max	Q: VHMD COMO Q15 (veh/15min)	Q≤q15
VIERNES	TARDE	12:00- 12:15	34	43	39	FLUJO NORMAL
		12:15- 12:30	43			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
		12:30- 12:45	35			FLUJO NORMAL
		12:45- 13:00	43			POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN
NOTA:	Q>q15	FLUJO NORMAL				
	Q≤q15	POSIBLES PROBLEMAS DE CONGESTIÓN				

Fuente: Elaboración propia.

Composición Vehicular por día

RESUMEN DE PORCENTAJES EN INTERSECCIÓN POR DÍA							
CATEGORIA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
(L)	77%	77%	77%	78%	77%	77%	77%
(M1)	14%	15%	14%	14%	15%	14%	15%
(M2)	7%	6%	6%	7%	7%	7%	6%
(M3)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
(N)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
(O)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

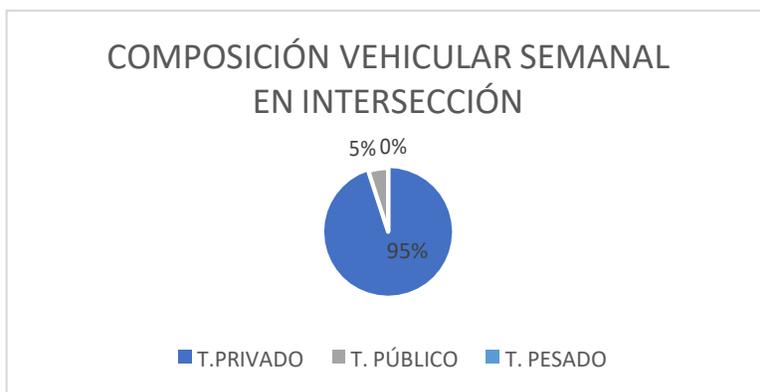
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20: Composición vehicular por categoría y tipo de transporte

RESULTADOS				
PORCENTAJES DIARIOS FLUCTÚAN			PORCENTAJES SEMANALES	
(L)	77%	78%	T. PRIVADO	
(M1)	14%	15%		
(M2)	6%	7%	T. PÚBLICO	
(M3)	1%	1%		
(N)	0%	0%	T. PESADO	
(O)	0%	0%		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 10: Composición vehicular semanal en intersección



Fuente: Elaboración propia.

Carriles y grupos de carriles

Para tener esta información se procedió a agrupar los carriles con la finalidad de distribuir los volúmenes de movimientos vehiculares en cada carril existente.

CARRILES Y GRUPO DE CARRILES										
Código	Acceso	Movimientos	Volumen horario mixto	Volumen horario mixto por acceso	# Carriles por acceso	Comparación de volúmenes		Comparte o no comparte	Agrupación	
1	NORTE	I	28	213	2	28	<	185	COMPARTE	IF
		F	185			185	<	28		
2	SUR	F	205	231	2	205	<	26	COMPARTE	DF
		D	26			26	<	205		
3	OESTE	I	61	155	1	61	<	94	COMPARTE	IF
		F	27			27	<	128	NO COMPARTE	F
		D	67			67	<	88	COMPARTE	FD

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de velocidades en intersección

Tabla N° 21: Resumen en velocidad en turno mañana

HORA PUNTA MAÑANA					
RUTA	Tiempo de recorrido (min.s)	Velocidad de recorrido (km/h)	Tiempo parado (min.s)	Tiempo de Marcha (min.s)	Velocidad de Marcha (km/h)
12	1.22	12	0.96	0.26	28.06
13	0.35	28.63	0.13	0.22	24.33
14	1.14	9.51	0.78	0.36	29.84
21	0.84	17.02	0.98	0.84	26.45
23	0.84	13.50	0.84	0.79	29.84
24	1.64	20.36	0.27	0.63	25.61

31	1.78	14.36	0.18	1.07	19.06
32	0.82	8.66	0.84	1.08	15.06
34	1.87	15.74	0.51	0.46	27.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 22: Resumen en velocidad en turno tarde

HORA PUNTA TARDE					
RUTA	Tiempo de recorrido (min.s)	Velocidad de recorrido (km/h)	Tiempo parado (min.s)	Tiempo de Marcha (min.s)	Velocidad de Marcha (km/h)
12	1.21	11.00	0.89	0.25	28.50
13	0.29	23.58	0.17	0.21	31.26
14	1.12	8.98	0.82	0.36	29.56
21	0.88	15.03	0.11	0.69	35.60
23	0.91	11.65	0.77	0.85	38.33
24	1.21	19.84	0.84	0.57	37.51
31	1.65	20.60	0.03	0.69	33.44
32	1.01	11.36	0.25	1.10	38.96
34	1.28	13.74	0.09	0.76	38.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 23: Resumen en velocidad en turno noche

HORA PUNTA NOCHE					
RUTA	Tiempo de recorrido (min.s)	Velocidad de recorrido (km/h)	Tiempo parado (min.s)	Tiempo de Marcha (min.s)	Velocidad de Marcha (km/h)
12	0.28	48.13	0.20	0.34	20.36
13	1.18	8.59	0.94	0.27	34.11
14	0.31	39.86	0.15	0.22	16.84

21	1.39	9.56	0.84	0.48	46.10
23	2.01	6.12	1.94	0.51	15.11
24	1.84	10.99	0.38	1.36	23.00
31	0.84	9.12	0.32	0.76	35.44
32	2.50	6.81	1.84	0.94	13.24
34	1.36	15.78	0.79	0.86	36.88

Fuente: Elaboración propia.

La Semaforización de la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad.

Este elemento de la infraestructura vial de esta intersección tiene ambos tipos de semáforos de tipo poste y ménsula, además de 1 mixta (de poste con ménsula) que se encuentran dentro de la vía, según como se aprecia en las foto N° 16, hay 2 semáforos de tipo poste con una altura máxima de 6.29m y mínimo de 3.71, 2 de tipo ménsula de altura máxima de 6.29 y mínima de 3.71m, del semáforo mixto, su altura máxima es de 6.28m y mínimo de 4.41, además como se pudo observar cuenta con una (01) unidad de control de semáforos ver foto N° 17 para tener un sistema controlado de éstos.

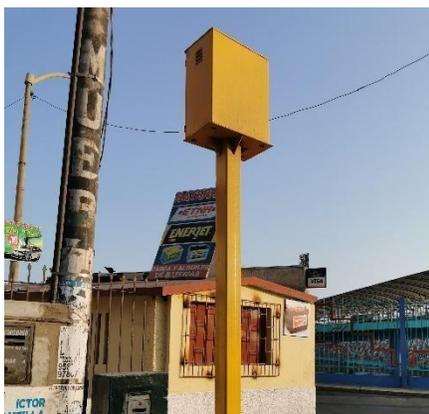
Las cabezas de los semáforos postes tienen la orientación hacia el norte y al sur con una altura máxima de las caras de 2.70mt ver foto N° 18, al igual que de las ménsulas y la mixta, cada una de ellas tienen una cara, la ubicación longitudinal que presentan los semáforos poste norte es 38.39 y el poste sur es 36.98, el semáforo de ménsula norte es 39.34 y la del sur es 38.25, y el semáforo mixto tiene una ubicación longitudinal de 34.60; en cuanto al ángulo de colocación los semáforos postes son de 90° y los de ménsula presentan su colocación de 5°, ver foto N° 18, el tipo de módulo luminoso o carcasa es módulo luminoso con bombilla incandescente; poseen lentes como señal luminosa; todas las caras de cada semáforo poseen viseras y por último no presentan placa por contraste.

Fotos 16: Ubicación de semáforos tipos: poste, ménsula y mixta



Fuente: Elaboración propia.

Fotos 17: Unidad de control de semáforos





Fuente: Elaboración propia.

Fotos 18: Orientación y colocación de las cabezas de los semáforos





Fuente: Elaboración propia.

La Señalización de la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad

Señales Verticales

Las señales verticales que presenta esta infraestructura vial de esta intersección están orientada básicamente a las señales reguladoras (reglamentarias) como las señales de obligación, de prohibición de maniobras y giros R-6, ver foto N° 19, R-56 ver foto N° 20 y, así como las de otras prohibiciones R-27, foto N° 21 y foto N° 22 R-53 y también se tiene las señales preventivas por características de la superficie de rodadura P – 33B ver foto N° 23.

Fotos 19: Señalética prohibición de maniobras y giros R-6



Fuente:

Elaboración propia.

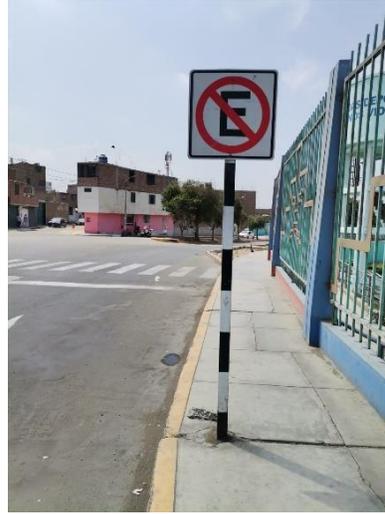
Fotos 20: Señalética de obligación. R-56



Fuente: Elaboración propia.

Fotos 21: Otras señales de prohibición. R - 27





Fuente: Elaboración propia.

Fotos 22: Otras señales de prohibición. R – 53



Fuente: Elaboración propia.

Fotos 23: Señales Preventivas por características de la superficie de rodadura.

P-33B

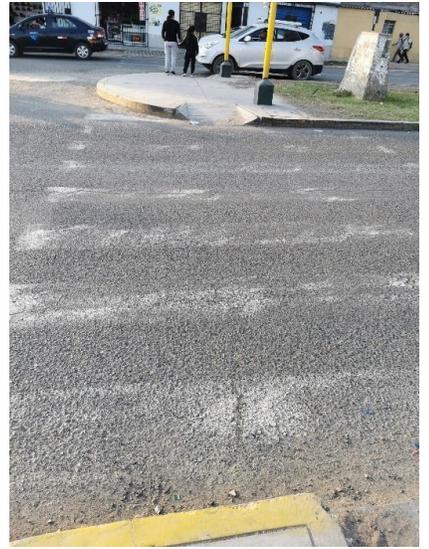


Fuente: Elaboración propia.

Señales Horizontales

Las señales horizontales que presenta esta intersección son las líneas de paso peatonal que se encuentran en todos los carriles, siendo las líneas de cebras y las flechas pintadas en la calzada, del mismo se tiene los resaltos de sección circular y virtual, todas en deterioro evidente. ver fotos N° 24 y 25.

Fotos 24: Líneas de paso peatonal



Fuente: Elaboración propia.

Fotos 25 Resalto de sección circular y virtual



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las condiciones que presenta esta intersección para tener una transitabilidad idónea se necesita mejorar la geométrica, optimizar los tiempos semafóricos y la señalización vertical y horizontal permitiendo minimizar el congestionamiento vehicular en la intersección de estas avenidas de estudio.

La geometría que presenta esta intersección es pequeña o reducida, originando o deduciendo que al haberse construido se habría determinado en base a su composición, topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto, determinándose estos en base a su forma, desarrollo o grado de canalización, ya que éste debe contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad posibles, pero es indispensable manifestar que en el tiempo de inicio de uso de esta intersección había menor cantidad de carros y era pertinente las características que presentaba, pero actualmente el parque automotor se incremento sustancialmente generando la congestión que se puede apreciar.

Es en estos aspectos que la modificación geométrica, optimización de tiempos semafóricos y el mejoramiento de la señalización vertical y horizontal se hace necesario haberla estudiado para minimizar este congestionamiento vehicular en la intersección.

Como se sabe el IMDS es 20, y el volumen de tráfico promedio diario según vehículo, día, total diario hace un IMD y porcentaje de 12831. Del mismo modo el tráfico vehicular según índice medio diario sin corrección (IMDS) es 12831 y al

hacer la conversión al índice medio diario con factor de corrección (IMD) se tiene 13476 diarios, donde los automóviles amplían su participación de 69.39% a 69.48%. precisándose el tráfico vehicular según índice medio diario sin corrección (IMDS), índice medio diario con factor de corrección (IMD) y porcentaje de distribución respectivo.

De acuerdo al resumen de flujo vehicular cada 15 minutos dentro de la intersección se pudo determinar el día que se tiene mayor cantidad de vehículos, siendo el día viernes en el turno de la tarde con 782 veh/h. convirtiéndose por lo tanto en el día crítico.

La disposición de volumen vehicular por movimiento es de 6975 según la figura N° 70, siendo de acuerdo al volumen vehicular según horario de máxima demanda por la mañana que se tomo en el horario de 8:40am a 09:45am se tiene 130, 124, 115 y 131, en la tarde el horario que se tiene es de 12:00m a 13:00 que es de 194, 189, 194 y 205 y por la noche se tomo el horario de 20:00 a 21:00 que es de 126, 124, 128 y 101 vehículos.

El cálculo de factores horarios de máxima demanda para día el día critico tanto para la mañana, tarde y por la noche es de 0.92, y respecto al estudio de flujos se tiene que para el norte es de 53.52, el sur de 57.75, al este es de 45.75 y al oeste de 38.75; mientras que la composición vehicular por día, por categoría y tipo de transporte se tiene que más es privado donde es el 95% y 5% público.

Al conocer con cuántos carriles cuenta una intersección se puede precisar la distribuir de los volúmenes de movimientos vehiculares que presenta cada una de estas, y según lo que se encontró para esta intersección es al norte hay 2

movimientos que un total de 213 vehículos distribuidos en 2 carriles, al sur se tiene 2 movimientos con 231 vehículos en 2 carriles y al oeste se tiene 3 movimientos con 155 vehículos en un solo carril; y el cálculo de la velocidad es....

Con toda la semaforización que se ha podido constatar al visitar la zona de estudios se pudo comprobar que se hace necesario mejorar las condiciones de semáforos, ya que sólo se tiene 3 semáforos 1 mixta (de poste con ménsula) y 2 semáforos de tipo poste, a su vez se tiene 1 unidad de control de semáforos, al hacer el análisis de éstas se prevee que se requiere mejorar las fases tanto en los sentidos norte en cuanto al verde de 51 a 55.5, el amarillo de 2 a 2.5 y el rojo de 3.3 a 16, y en cuanto al sentido sur en cuanto al color verde se tiene 54.5 y se requiere de 51.5, el amarillo de 3.5 debe ser 2.5 y por último el rojo de 35 a 15.

Mientras que en la señalización se requiere de

Señales Verticales

Las señales verticales que presenta esta infraestructura vial de esta intersección están orientada básicamente a las señales reguladoras (reglamentarias) como las señales de obligación R-6, ver foto N° 19, R-56 ver foto N° 20 y, así como las de otras prohibiciones R-27, foto N° 21 y foto N° 22 R-53 y también se tiene las señales preventivas por características de la superficie de rodadura P – 33B ver foto N° 23.

Señales Horizontales

Las señales horizontales que presenta esta intersección son las líneas de paso peatonal que se encuentran en todos los carriles, siendo las líneas de cebras y las flechas pintadas en la calzada, del mismo se tiene los resaltos de sección circular y virtual, todas en deterioro evidente. ver fotos N° 23 y 24.

Propuesta de infraestructura vial y la mejora en el congestionamiento vehicular en las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad

Modelamiento de propuesta de la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad usando el software Synchro Traffic 8.

Ámbito de intervención se realizó en la intersección según indica la figura N° 74

Figura 74: Geometría de la intersección de estudio - Diseño de 4 ramales simple



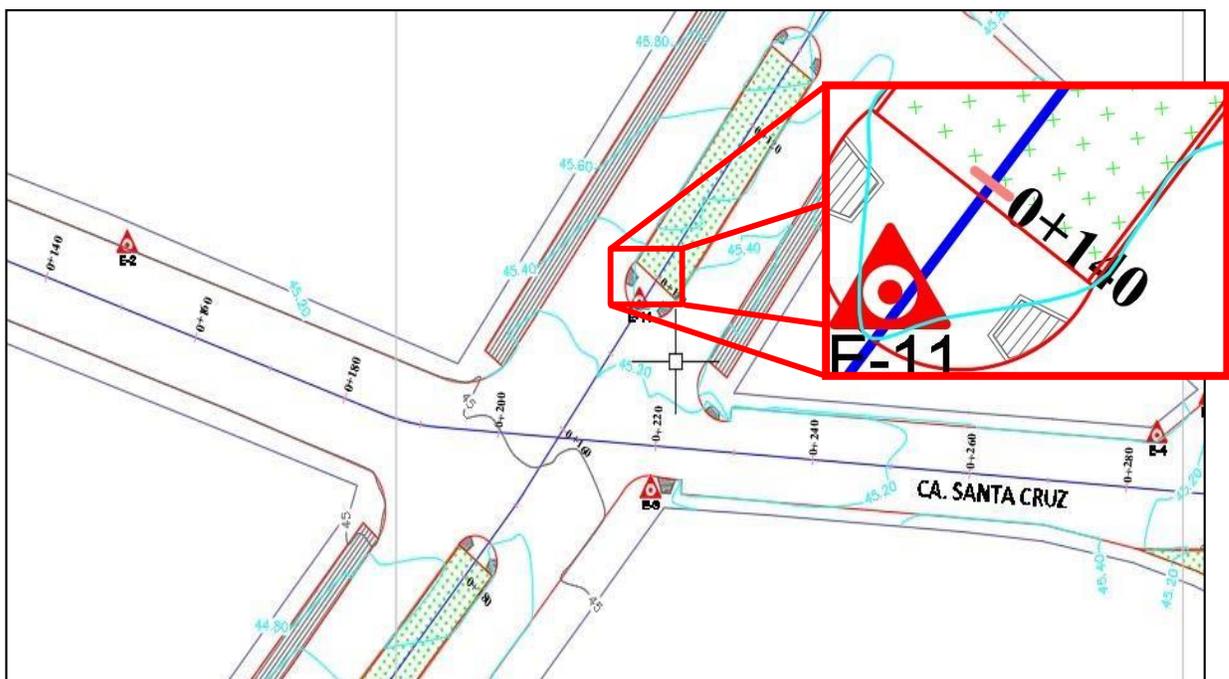
Fuente: Elaboración propia.

Habiéndose obtenido los datos de campo los cuales fueron necesarios para ser utilizados para la macro simulación de acuerdo al ámbito de intervención, Figura N° 75, usando el software Synchro Traffic 8, se procede a presentarlo de la siguiente manera:

Propuesta de mejora

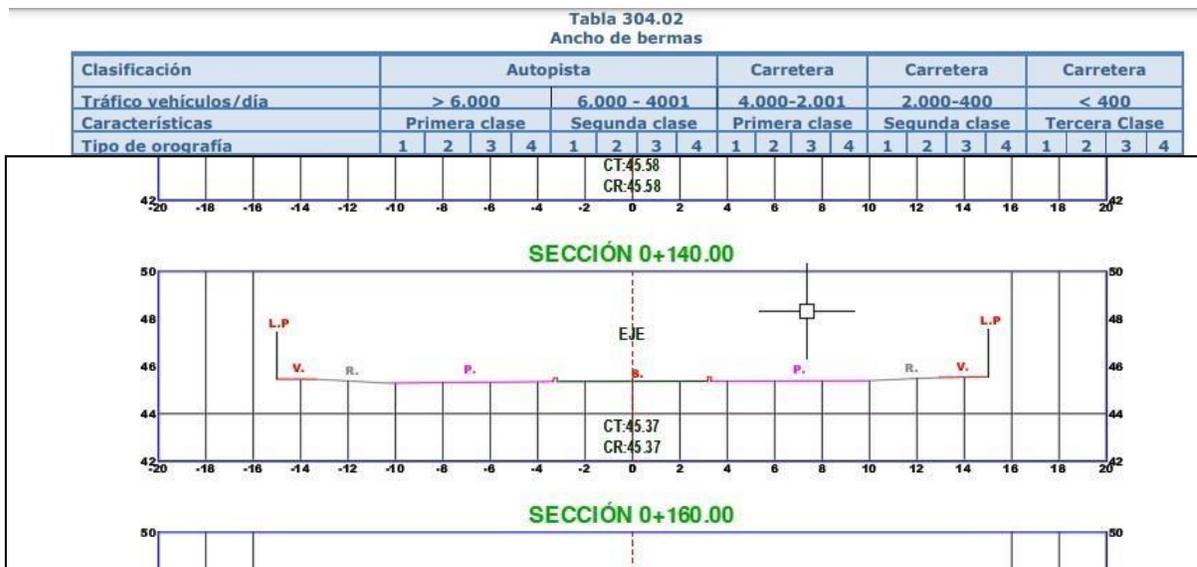
1. Reducción del Separador Central e incremento del ancho de carril.

De acuerdo al análisis realizado en la zona de estudio (Av. América Sur y Av. Santa Cruz), vimos que en la Av. América Sur en la progresiva 0 + 140 presenta un IMDA de 3968 veh/día con dos carriles de 3,50m cada uno.



Fuente: Elaboración propia.

Como lo señala el Manual de Carreteras DG 2018, nos encontramos con una clasificación de Carretera de Primera Clase, con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día. Este tipo de carreteras debe contar con 2 carriles de 3.60m de ancho como mínimo. Basándonos en este manual, una de nuestras propuestas para la mejora respecto a minimizar el congestionamiento vehicular es reducir el separador central, con la finalidad de crear un carril más de 3.6m de ancho. Al igual que los carriles, también debemos hacer hincapié en la distancia mínima de la berma central. En nuestra zona de estudio, tenemos una berma central de 6.5m de ancho, la cual podemos reducir al mínimo, como lo indica la siguiente tabla.



La simulación en el Software Synchro 8.0 con los cambios dados por nuestra propuesta, presentan resultados favorables. En conclusión, la reducción de la berma central para la creación de un nuevo carril de 3.6m de ancho, mejorará notoriamente flujo vehicular.

2. Modificación de los tiempos semafóricos

De acuerdo al análisis realizado en el área de estudio, es decir en la intersección de la Av. América y Av. Santa Cruz, obtuvimos datos de los tiempos semafóricos, los cuales fueron ingresados al Software Synchro 8.0 para su posterior simulación.

Figura N° 75: Datos reales insertados en el programa Synchro 8.0, de los tiempos semafóricos de los diferentes dispositivos en el área de estudio.

Synchro 8 - C:\Users\HIPERMERCADOS TOTTUS\Downloads\MODELO 01.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 0 min 0 sec / 0 hr 0 min 0 sec

HCM 2010

4 Av Santa Cruz & Av América Sur

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS														
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR	PED	HOLD	
Node #	4														
Zone:															
X East (m):	314.0														
Y North (m):	122.0														
Z Elevation (m):	0.0														
Description:															
Control Type:	Pretimed														
Cycle Length (s):	103.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Splits:	Optimize														
Actuated Cycle (s):	103.0														
Natural Cycle (s):	145.0														
Max v/c Ratio:	2.28														
Intersection Delay (s):	400.4														
Intersection LOS:	F														
IDJ:	1.28														
IDJ LOS:	H														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2+6 - NET SW/TL														
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>														
Yield Point:	Single														
	Lanes and Shading (BRL)	↑↑↑						↑↑			↑↑				
	Traffic Volume (vph)	285	369	206	0	0	0	0	72	29	28	378	0		
	Turn Type	Perm												Perm	
	Protected Phases	4						2			6				
	Permitted Phases	4									6				
	Detector Phases	4						2			6			6	
	Switch Phase	C			0						0			0	
	Leading Detector (m)	10.0						10.0			10.0				
	Trailing Detector (m)	0.0						0.0			0.0				
	Minimum Initial (s)	4.0	4.0					4.0		4.0	4.0				
	Minimum Split (s)	48.5	48.5					54.5		51.0	51.0				
	Total Split (s)	48.5	48.5					54.5		51.0	51.0				
	Yellow Time (s)	2.5	2.5					3.5		2.0	2.0				
	All-Red Time (s)	30.0	30.0					35.0		33.0	33.0				
	Lost Time Adjust (s)	0.0						0.0			0.0				
	Lagging Phase?														
	Allow Lead/Lag Optimize?														
	Recall Mode	Max	Max					Max		Max	Max				
	Actuated Effect Green (s)	16.0						16.0			19.5				
	Actuated g/C Ratio	0.16						0.6			0.19				
	Volume to Capacity Ratio	1.33						2.27			2.28				
	Control Delay (s)	194.4						599.1			606.2				
	Queue Delay (s)	0.0						0.0			0.0				

Sum of Startup Lost time less Extension into Yellow time (s). [-5 to +3 s]

v/c > 1 Mins ok

Según la figura N° 75 muestra los datos reales insertados en el programa Synchro 8.0, como son las fases y los tiempos semafóricos de los diferentes dispositivos en el área de estudio. Los cuales generan el congestionamiento vehicular y por lo tanto las longitudes de cola.

LONGITUD DE COLA			
SENTIDO	LONG. ACTUAL (m)	LONG. MEJORADA (m)	PORCENTAJE DE DIFERENCIA (%)
NORTE	82	22	73.17
SUR	78	17	78.21





Cuadro de resultados de optimización de tiempos semafóricos:

SENTIDO	ACTUAL			MEJORA		
	FASES			FASES		
	VERDE	AMBAR	ROJO	VERDE	AMBAR	ROJO
NORTE	51	2	33	55.5	2.5	16
SUR	54.5	3.5	35	51.5	2.5	15

Fuente: Elaboración propia

3. Instalar señalización vertical (Prohibición de vuelta en “U”)

De acuerdo al análisis realizado en la zona de estudio (Av. América Sur y Av. Santa Cruz), vimos que en la Av. América Sur en la progresiva 0 + 140 presenta un IMDA de 3968 veh/día con dos carriles de 3,50m cada uno.

Según el reglamento de tránsito la velocidad de diseño máxima en ciudades es de 40 Km/h.

Primero se determinó la ubicación longitudinal y luego se procederá a determinar una señal reguladora o de reglamentación, siendo:

SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR EN “U” (R-10)	
	Esta señal prohíbe el giro en “U”.



Se procederá a colocar la señalización de prohibido voltear en “u” (R-10) ya que la ausencia de esta señal provoca la aglomeración lateral en el cruce de la avenida América Norte y la avenida Santa Cruz, provocando un congestionamiento mayor aun con la amplitud del carril. Caso contrario al instalar esta señal tendría una circulación fluida de solo un giro único e ir de frente

Fuente: “Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Perú

CONCLUSIONES

- 1. Las condiciones que presentan los elementos de la infraestructura vial de la intersección de las avenidas América Sur y Santa Cruz en el distrito de Trujillo, La Libertad son deficientes, están desatendidas y falta reestructurar a nivel de geometría, tiempos semafóricos y señalización tanto vertical como horizontal, originando el congestionamiento que presenta.**
- 2. Las condiciones geométricas que presenta esta intersección por su estructura implementada ocasionan mayor congestión debido a la cantidad de vehículos que actualmente circulan por esta intersección, generando mayor longitud de cola existente de norte a sur y viceversa en horas picos.**
- 3. El día de mayor congestionamiento es los viernes en el turno de la tarde con 782 veh/h.**
- 4. La mayor cantidad de vehículos que circulan son privados con un 95%.**
- 5. Las condiciones de la señalización vertical necesitan restaurarse, hacer un repintado de cada una de ellas ya que se encuentran deterioradas totalmente,**

y en cuanto a las señales horizontales, además de las que ya se encuentran instaladas se sugiere colocar la señalización de prohibido voltear en “u” (R-10)

6. Los semáforos con la que cuenta esta intersección tienen un sistema antiguo y que requiere por lo tanto mejorarse en los tiempos para las tres fases, originándose por ello las colas y por ende las demoras excesivas.
7. Se ensayo la propuesta aplicando el modelamiento de la intersección considerando los parámetros que se obtuvo al recoger la información de campo para medir con el software Synchro 8 el nivel de servicio, demostrándose así que el programa tiene un alto índice de confiabilidad al haberse realizado la simulación.
8. Con la modificación de la geometría, el mejoramiento de la señalización tanto vertical como horizontal y la optimización de la semaforización que están en base a la propuesta para esta intersección se podrá reducir el congestionamiento que actualmente presenta.

RECOMENDACIONES

1. Persuadir al gobierno local mayor atención a las necesidades que cuenta esta intersección para ser atendidas, respecto a la señalización, semaforización y la geometría que presenta.
2. Se debe realizar un seguimiento y monitoreo permanentemente a toda la infraestructura vial que tiene la ciudad de Trujillo, y muy en especial esta intersección ya que es una vía muy importante.
3. Se debe realizar estudios de tráfico constantemente ya

que el parque automotor está incrementándose en la ciudad de Trujillo para tomar las medidas pertinentes y así evitar el deterioro que sufren esta infraestructura vial.

- 4. Se planteó una propuesta en este estudio el cual debe ser considerado para mejorar las condiciones de la infraestructura vial de esta intersección.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá Ramos, M. A. (2016) Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software Vissim 6. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6685>
- Álvarez Vargas, J. W. (2017) Micro-simulación intermodal en la ciudad del Cusco empleando los softwares Vissim 8 y Viswalk 8. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8642/ALVAREZ_JORDY_MICRO-SIMULACION_CUSCO_SOFTWARE.pdf
- Alonzo Lauro y Rodríguez Gabriel. Carreteras, ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida – México.
- Banco Interamericano de Desarrollo BID (2000), Un Nuevo Impulso a la Integración de la Infraestructura Regional en América del Sur, Washington D.C., Estados Unidos
- Bayona Ruiz, B. y Márquez Tacure, T. (2015). *La Congestión Vehicular en la ciudad de Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura. Recuperado de <http://www.unp.edu.pe/libros/librolacongestionvehicular.pdf>
- Bull, A. (2003) *Congestión de Tránsito: El problema y cómo enfrentarlo*. Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas. Recuperado de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049_es.pdf

- **Bustos, Marcelo et al, (2000). *Ecuaciones Incrementales de IRI para Pavimentos de Hormigón Simple con Juntas*. Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N° 2. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/218/29>**
- **Chavarría, Hugo et al. (2002) Competitividad: Cadenas Agroalimentarias y Territoriales Rurales, Elementos conceptuales. IICA; n° 1. Costa Rica.**
- **Clemens Sanetra, R. M. (2009) *Enfrentando el Desafío Global de la Calidad: UNA INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE CALIDAD*, República Dominicana, Santo Domingo. Instituto Tecnológico de Santo Domingo.**
- **De Solminihac, H., Echaveguren, T., y Chamorro, A. (2018), *Gestión de Infraestructura Vial*, 3er Ed. Santiago-Chile, Ediciones Universidad Católica de Chile.**
- **Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia (2012) Guia para el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos exteriores de piedra natural *Soluciones con Piedra*, Ideas Propias Editorial S.L., Madrid, España**
- **García Márquez, F. (2005), *El Topógrafo Descalzo Manual de Topografía Aplicada*, Editorial Pax México, México**
- **León Almenara, J. P. (25 de noviembre de 2019). Paro de colectivos y por qué Lima es la tercera ciudad del mundo con más tráfico vehicular. El**

comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/transporte/lima-tercera-ciudad-mundo-congestion-vehicular-400-noticia-ecpm-642900-noticia/>

- López Álvarez, José Luís. (2006) *Auxiliar de Carreteras de la Comunidad Autónoma de Castilla y León*, Editorial MAD, España.
- López Esquivel, D. E. (2014). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <https://docplayer.es/22975189-Universidad-nacional-de-trujillo-facultad-de-ciencias-fisicas-y-matematicas-escuela-academico-profesional-de-informatica.html>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, B. (2006) *Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, B. (2018) *Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima: Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Perú

- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Perú**
- **MTC (2011) Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC). Directiva 01-2011 MTC/14. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/Directiva%20Reductores%20de%20Velocidad%20para%20publicaci%C3%B3n%20PDF%2012.10.2011.pdf**
- **Morillo, Mario (1996), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A, Programa de Recursos para el Desarrollo, Torrealba, Costa Rica, Inventario de Recursos del Área Nicoya – Puerto Jesús Guanacaste, Costa Rica. Biblioteca Conmemorativa Orton**
- **Osores Torres, Victor Oscar. 2016. Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada Mariscal Castilla – Julio Sumar El Tambo, 2015. Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1182>**
- **Pablo-Romero Gil-Delgado, M. P. (2002) *La Exposición Universal de Sevilla 1992: Efectos Sobre el Crecimiento Económico Andaluz*, España. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.**
- **Pérez Vargas, Gerson. (2005) *La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia*. Cartagena, Colombia: Centro de Estudios Económicos Regionales.**
- **Polèse. M. (1998) *Economía urbana y regional: introducción a la relación entre territorio y desarrollo*. (Adaptación para países de habla hispana**

Carmen Barragán y Salvador Pérez Mendoza). Edit Libro Universitario Regional. Costa Rica.

- Quesada Castro, R, (2010) Elementos del Turismo Teoría, Clasificación y Actividad, España, Editorial Universidad Estatal a Distancia EUNED.
- Romana, M., Núñez M. Núñez, M., Martínez J. M., & Díaz de Anzaleta, R. (2017) *Manual de Capacidad de Carreteras*. FC Editorial. España.
- Reyes Lizcano, Fredy; Rondón Quintana, Hugo; (2015), (2015), Pavimentos: Materiales, construcción y diseño, Ecóe Ediciones, Colombia.
- Silva Cornejo, W. M. y Villanueva Calderón, L. E. (2019) *Análisis del congestionamiento vial y formulación de propuestas de mejora en la intersección semaforizada de las avenidas América Oeste, Av. Pablo Casals y Av. Mansiche en Trujillo, La Libertad*. Trujillo, La Libertad: Universidad Privado Antenor Orrego. Recuperado de <http://repositorio6.upao.edu.pe:8080/handle/upaorep/4625>
- Soto Sanca, D. E. (2017). *Análisis y planificación vial del tránsito vehicular en el mercado de la ciudad de Juliaca*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5238>
- Trujillo Cebrián, Juan José (2013), *UF1057: Ejecución de pavimentos de hormigón impreso*, IC editorial, 1era. Edición. Málaga, España.
- Universidad Nacional de Colombia, seccional Manizales (2017), Revista de Vías y Transportes, Editorial Universidad Nacional de Colombia, seccional

Manizales, 2001 Volumen 28, tema 94. Universidad Nacional de California-Berkeley.

- **Vera Pochlin, E. F., y Zapata Núñez, J. P., (2017). *Propuesta para la solución de la congestión vehicular en la avenida Javier Prado Este (Entre la avenida La Molina y la calle Los Tiamos)*. Lima: Universidad de San Martín de Porres. Lima. Recuperado de <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3024>**

Internet

Revista ARQHYS, 2017, 11 Tipos de Infraestructura Equipo de Colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. obtenido 04 de abril de 2020, en https://www.arqhys.com/tipos_de_infraestructura.htm

Briones, J. 2016 *Blog Español CE1: Las Vías de Comunicación*, España. Recuperado de <http://www.lfelsalvador.org/blogs/espanolce1/2016/03/01/las-vias-de-comunicacion/>

Tesis

Cerón López, M. U. (2018) *La infraestructura y su relación con el desarrollo económico de un país: Caso América y el Caribe*, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/238938>

Eduardo Castelán Sayago (2018) Manual de Carreteras.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), International Recovery Platform (IRP), Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (ISDR). (2006). *Infraestructura: Documento de apoyo*. Recuperado de <https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/Publicacionesrelevantes/Recuperacion/6-Infraestructura.pdf>

Carrasco Avendaño, J. & Wazhima Clavijo, G. (2012) Diseño de la red semafórica de la calle Mariscal La Mar desde la calle Manuel Vega hasta la calle Tarqui. Universidad de Cuenca. Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/778/1/ti904.pdf>

Cal y Mayor Reyes Espíndola, R. & Cárdenas Grisales, J (2007) Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. 8va Ed. Edit Alfaomega. México. Recuperado de <https://www.udocz.com/read/9245/ingenier-a-de-tr-nsito-fundamentos-y-aplicaciones-rafael-cal-y-mayor>

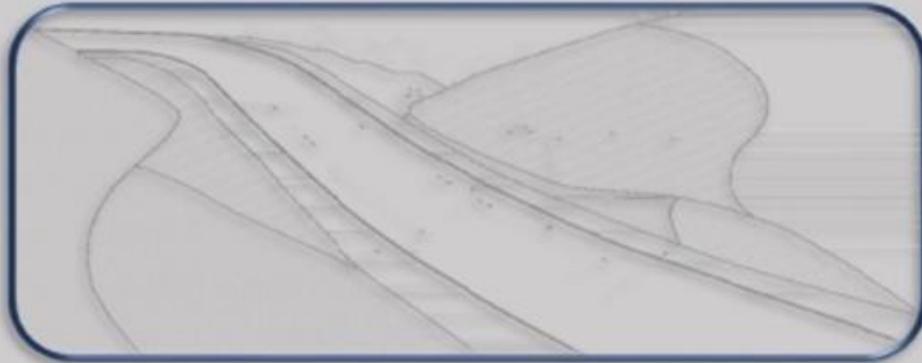
ANEXOS

ANEXO N° 01



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

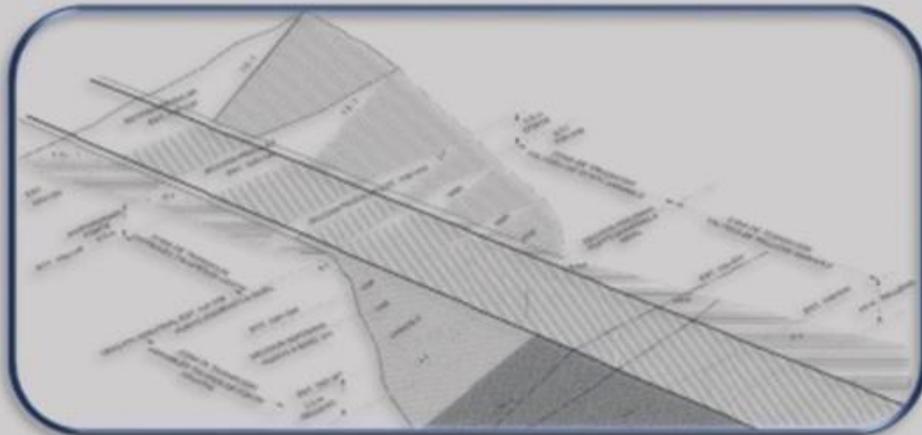


DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES

**MANUAL DE CARRETERAS:
DISEÑO GEOMÉTRICO**

DG – 2018

RD N° 03 – 2018 MTC/14



2018



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

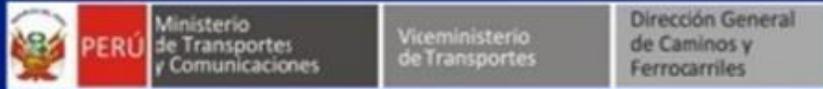
MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS



RD N° 16 - 2016 - MTC/14

2018

ANEXO N° 03



MANUAL DE SEGURIDAD VIAL

R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14



Edición, Diciembre - 2017

ANEXO N° 04

4-a: Wincha



Fuente: Elaboración Propia

4-b: Jalones



Fuente: Elaboración Propia

4-c: Estación total



Fuente: Elaboración Propia

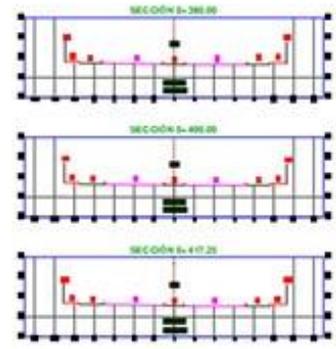
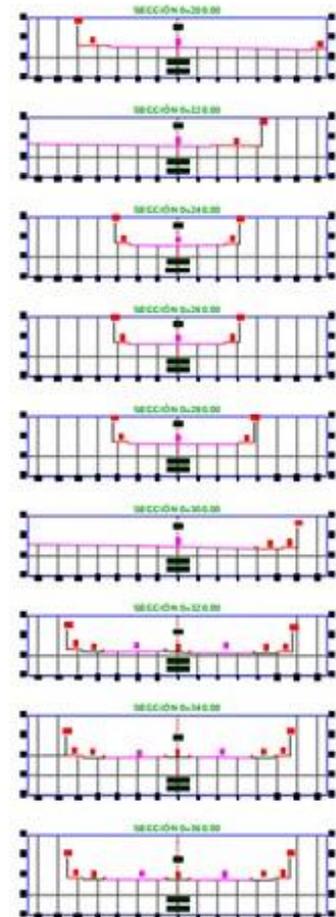
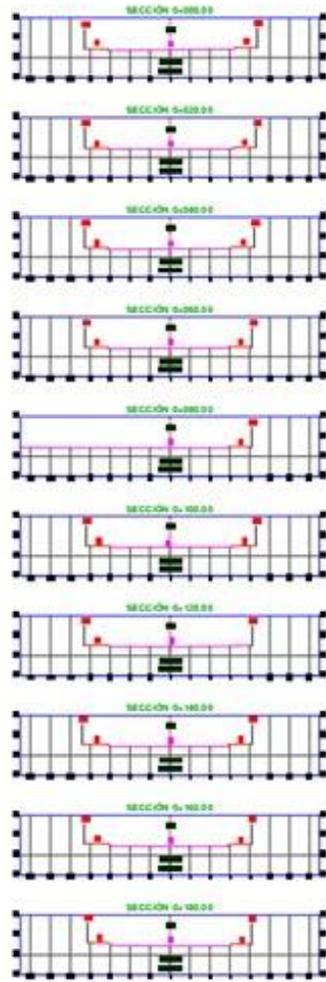
4-d: Celular con medición AR



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°050

SECCIONES TRANSVERSALES



LEYENDA	
[Symbol]	[Text]

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

SECCIONES TRANSVERSALES
 C.A. SANTA CRUZ: 0400 - 0447.25

U P A O

ST-01

ANEXO N° 06-a

HOJA DE DATOS - SEMÁFORO						
INFORMACIÓN GENERAL				INFORMACIÓN DE SITIO		
ANALISTA:				INTERSECCIÓN:		
FECHA:				LUGAR:		
PERIODO:				HORA PICO:		
GEOMETRIA Y MOVIMIENTOS						
TIPO	TAMAÑO	CABEZA			OBSERVACIONES/ CARACTERISTICAS (UBICACIÓN, SENTIDO, DIRECCIÓN, ETC.)	
		TIPO	VISCERA	PLACA CONTRASTE		
CONTROL DE SEMÁFOROS						
DIAGRAMA						
FASES TIEMPO DE SEMAFORO	ROJO		ROJO		ROJO	
	VERDE		VERDE		VERDE	
	AMARILLO		AMARILLO		AMARILLO	
CICLO						
CONTROLADOR DE SEMAFOROS				CARACTERISTICAS		
UNIDAD DE CONTROL				SI	NO	
MARCA						
DISTANCIA ENTRE SEMAFORO						
DETECTORES						

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 06-b

LONGITUD DE COLA				
# VECES	LONGITUD A. NORTE (m) (1)	LONGITUD A. SUR (m) (2)	LONGITUD A. ESTE (m) (3)	LONGITUD A. OESTE (m) (4)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
PROMEDIO				
DESVIACIÓN ESTANDAR				

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 07

Registro de Señalización Vertical y Horizontal

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN DEL LUGAR	
INVESTIGADOR:		INTERSECCIÓN:	
FECHA:		LUGAR:	
RANGO DE TIEMPO:		HORA PICO:	
SEÑALIZACIÓN VERTICAL			
TIPOS	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	IMAGEN
PRIORIDAD			
PROHIBICIÓN			
RESTRICCIONES			
OBLIGACIONES			
AUTORIZACIÓN			
PREVENCIÓN			
IDENTIFICACIÓN			
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL			
TIPOS	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	IMAGEN
LINEA DE ESTACIONAMIENTO			
LINEA DE PARE			
RESALTO DE SECCIÓN CIRCULAR Y VIRTUAL			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 08-b

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																						
DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%
			PICK UP	PANEL	RURAL/Combi			2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DOMINGO																						
LUNES																						
MARTES																						
MIÉRCOLES																						
JUEVES																						
VIERNES																						
SÁBADO																						
TOTAL																						
IMO																						
%																						
	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS															

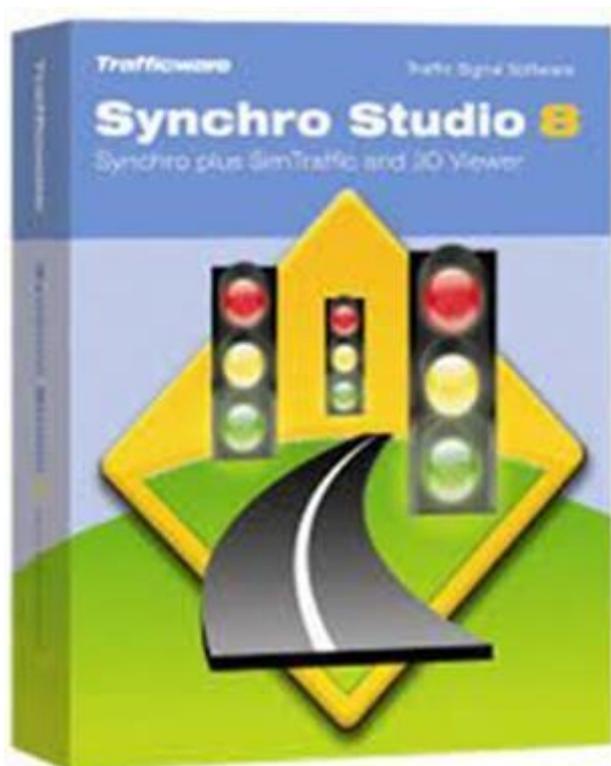
ANEXO N°09

HOJA DE DATOS DE ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS								
MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE					ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO PARA VELOCIDAD			
TRANSPORTE PRIVADO: AUTOS					"PROPUESTA PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS AMÉRICA SUR Y SANTA CRUZ DE LA CIUDAD DE TRUJILLO - LA LIBERTAD			
RUTA:			LUGARES DE CONTROL		ASESOR			
LONGITUD DE LA RUTA (KM)					FECHA	TURNO		
VIAJE N°					ELABORADO POR			
FECHA								
HORA DE INICIO DEL VIAJE								
HORA DE TÉRMINO DEL VIAJE					SÍMBOLOS DE LA DEMORA			
PERIODO PUNTA MAÑANA					S	SEMÁFOROS	VE	VEHÍCULOS ESTACIONADOS
					SA	SEÑAL DE ALTO	DF	DOBLE FILA
					G	GENERAL	PE	PEATONES
					A	ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS POR BUS O TAXIS		
					RESULTADOS DEL VIAJE			
							(min)	(hr)
					TIEMPO DE RECORRIDO			
					VELOCIDAD DE RECORRIDO (KM/H)			
					TIEMPO PARADO			
					TIEMPO DE MARCHA			
					VELOCIDAD DE MARCHA (KM/H)			

N°	PUNTOS DE CONTROL		PARADAS O VELOCIDAD BAJA		
	LUGAR	TIEMPO (min, s)	LUGAR	DEMORA (s)	CAUSA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Anexo N° 10

Synchro Studio 8 Traffic



Anexo N°11-a

Pendientes en Av. América

d	20	
Ci	cf	%m
44.79	44.81	0.1
44.81	44.82	0.05
44.82	44.85	0.15
44.85	44.87	0.1
44.87	44.91	0.2
44.91	44.93	0.1
44.93	44.9	-0.15
44.9	44.9	0
44.9	44.9	0
44.9	45	0.5
45	45.12	0.6
45.12	45.14	0.1
45.14	45.27	0.65
45.27	45.25	-0.1
45.25	44.92	-1.65
44.92	44.37	-2.75
44.37	43.81	-2.8
43.81	43.54	-1.35
43.54	43.33	-1.05
43.33	43.21	-0.6
43.21	43.11	-0.5

Anexo N°11-b

Pendiente en Av. Santa Cruz

d	20	
Ci	cf	%m
46.61	46.3	-1.55
46.3	46.35	0.25
46.35	46.04	-1.55
46.04	45.87	-0.85
45.87	45.83	-0.2
45.83	45.58	-1.25
45.58	45.37	-1.05
45.37	45.08	-1.45
45.08	44.75	-1.65
44.75	44.56	-0.95
44.56	44.35	-1.05
44.35	44.18	-0.85
44.18	44	-0.9
44	43.8	-1
43.8	43.64	-0.8
43.64	43.45	-0.95
43.45	43.24	-1.05
43.24	43.09	-0.75
43.09	43.05	-0.2
43.05	42.71	-1.7
42.71	42.58	-0.65