UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Rediseño geométrico aplicando la canalización de las
intersecciones de la Av. Universitaria con la Av. Los
Alisos y de la Av. Universitaria con la Av.
Naranjal para reducir la congestión vehicular**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Cereceda Bautista, Cristhian Josué ([0000-0002-7852-3122](#))

Román Chávez, Julio Alonso Omar ([0000-0002-2720-3524](#))

ASESOR DE TESIS

Bravo Lizano, Aldo Rafael ([0000-0003-4835-795X](#))

Lima, 08 de Junio de 2018

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi amada hija que está por nacer.

Cristhian Cereceda

*Dedicado a todas aquellas personas que con un pequeño grano de arena
aportan para que esta sociedad sea diferente.*

Julio Román

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi amada esposa Milagros, a mis padres y profesores por el apoyo, dedicación, comprensión y paciencia brindados a lo largo de la realización del presente trabajo.

Cristhian Cereceda

Agradezco a Dios, a mis padres, a mi hermana y profesores por el apoyo y sabiduría que me brindaron para la realización del presente trabajo.

Julio Román

RESUMEN

Lima Metropolitana representa cerca del 41.2% de la población urbana a nivel nacional donde uno de cada cuatro limeños vive en Lima Norte o el cono norte (Carabayllo, Ancón, Puente Piedra, San Martín de Porres, Santa Rosa, Comas, Independencia y Los Olivos).¹ Además, Lima Metropolitana (incluyendo Callao) es la región que tiene más vehículos circulando por sus vías (1'752.919 vehículos), lo que representa el 66% de vehículos que existen en el parque automotor en todo el Perú, es decir más de la mitad de carros que hay en el país circulan por las vías y carreteras de nuestra capital; siendo los automóviles (807.529 unidades) los que más están circulando, seguidos de las station wagon (284.251 unidades) y camionetas rurales (236.502 unidades).²

La falta de planificación, acompañada del tráfico generado por la sobrepoblación y la mala logística, diseño e infraestructura de las vías urbanas, ocasiona que el tránsito vehicular y transporte de carga se vea afectado, originando el colapso de las intersecciones y retrasos en los recorridos de los usuarios. En el presente trabajo se analizará dos intersecciones congestionadas en la Av. Universitaria, una de las principales vías de transporte en Lima Norte. Las intersecciones son el cruce de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y la Av. Naranjal.

Se propone variaciones de canalización en la intersección y modificaciones del ciclo semafórico para reducir la congestión vehicular y se utilizara la metodología del HCM 2010

Palabras Claves:

Tráfico, vías urbanas, congestión, intersección semaforizada, HCM 2010, grado de saturación.

¹ Véase el siguiente enlace.

<https://gestion.pe/economia/ipsos-tasa-crecimiento-anual-poblacion-peruana-1-01-226591>

² Véase el siguiente enlace.
https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf

ABSTRACT

Metropolitan Lima represents about 41.2% of the urban population nationwide where one in every four Lima lives in Lima Norte or the northern cone (Carabayllo, Ancon, Puente Piedra, San Martin de Porres, Santa Rosa, Comas, Independencia and Los Olivos).

In addition, Lima Metropolitan (including Callao) is the region that has more vehicles circulating through its roads (1'752.919 vehicles), which represents 66% of vehicles that exist in the vehicle fleet throughout Peru, that is, more than half of the cars in the country circulate along the roads and highways of our capital; being the automobiles (807.529 units) the ones that are circulating the most, followed by the station wagon (284.251 units) and rural vans (236.502 units).

The lack of planning, accompanied by traffic generated by overpopulation and bad logistics, design and infrastructure of urban roads, causes vehicular traffic and transportation of cargo to be affected, causing the collapse of intersections and delays in the routes of the users. In the present work, two congested intersections will be analyzed in the University Avenue, one of the main transportation routes in North Lima. The intersections are the junction of University Ave. with Av. Los Alisos and Av. Naranjal. It is proposed variations of channeling in the intersection and modifications of the traffic light cycle to reduce vehicular congestion and the 2010 HCM methodology will be used.

Keywords:

Traffic, urban roads, congestion, intersection with traffic lights, HCM 2010, degree of saturation.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS	11
INTRODUCCIÓN.....	12
Antecedentes.....	12
Realidad problemática	13
Formulación del Problema	14
Hipótesis	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Descripción del Contenido	15
Capítulo 1. MARCO TEORICO	16
Intersecciones Semaforizadas.....	16
Criterios de diseño	17
Elementos canalizadores y reguladores	19
Tipos de movimiento	22
Modalidades básicas de operación	23
Volumen de Tránsito	24
Tasa de Flujo	24
Volumen Horario de Máxima Demanda	25
Factor de Horario de Máxima Demanda	25
Factores de Ajuste	25
Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas	26
Condiciones de tráfico	26
Condiciones de la vía.....	26
Condiciones de semaforización.....	27
Grupo de movimientos y carriles.....	27
Flujo de Saturación.....	28
Flujo de Saturación Básico	28
Factores de Ajuste de Flujo de Saturación	29

Niveles de Servicio	36
Grado de Saturación del Acceso.....	38
Demoras.....	38
Programa SYNCHRO 8	41
Capítulo 2. MATERIAL Y MÉTODOS	42
Material.....	42
Población	42
Muestra	42
Método.....	42
Nivel de Investigación.....	42
Diseño de Investigación	42
Variables de estudio y operacionalización	42
Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	43
Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos	43
Capítulo 3. CÁLCULO Y VALIDACIÓN DE DEMORAS ACTUALES EN LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO	44
Recolección de datos	44
Codificación de movimientos vehiculares.....	44
Codificación de movimientos peatonales.....	45
Identificación de puntos de aforo	45
Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales	46
Recolección de características geométricas de la vía	46
Datos.....	46
Análisis de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos.....	46
Determinación de grupos de movimiento.....	46
Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento y de carril	49
Determinación de la tasa de flujo de saturación.....	50
Determinación de la capacidad y el grado de saturación.....	50
Determinación de las demoras.....	51
Validación de datos mediante el Synchro 8.0.....	52
Análisis de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal	59
Determinación de grupos de movimiento.....	59
Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento y carril	59
Determinación de la tasa de flujo de saturación.....	60

Determinación de la capacidad y grado de saturación	61
Determinación de las demoras.....	61
Validación de datos mediante el Synchro 8.0.....	62
Capítulo 4. PROPUESTA DE MEJORA Y EVALUACIÓN DE NUEVAS DEMORAS DE LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO	69
Rediseño de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos	69
Carriles exclusivos.....	69
Fases de giro protegido.....	70
Nivel de Servicio de la intersección mejorada:	72
Rediseño intersección de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal	73
Carriles exclusivos.....	73
Nivel de Servicio de la intersección mejorada:	74
Capítulo 5. RESULTADOS	76
Verificación de los resultados.....	76
Intersección de Av. Universitaria con Av. Los Alisos	76
Intersección de Av. Universitaria con Av. Naranjal.....	76
Discusión	77
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFIA.....	80
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de ajuste por ancho de carril.....	29
Tabla 2: Factor de ajuste por giro a la izquierda parte 1	33
Tabla 3: Factor de ajuste por giro a la izquierda parte 2	34
Tabla 4: Factor de ajuste por giro a la derecha.....	35
Tabla 5: Determinación de niveles de servicio según demoras de control.....	37
Tabla 6: Variables de estudio y operacionalización	43
Tabla 7: Grupo de movimientos	47
Tabla 8: tasa de flujo para cada grupo de movimiento y de carril.....	49
Tabla 9: Flujo de saturación ajustado	50
Tabla 10: Capacidad y grado de saturación por accesos	50
Tabla 11: Demora de la intersección	51
Tabla 12: Pestaña Lane Settings.....	52
Tabla 13: Pestaña Volume Settings	53
Tabla 14: Pestaña Timing Settings	53
Tabla 15: Pestaña Phasing Settings	54
Tabla 16: Pestaña Simulation Settings	55
Tabla 17: Pestaña HCM 2010 (Intersection).....	56
Tabla 18: Pestaña HCM 2010 (Accesos).....	57
Tabla 19: Flujo para cada grupo de movimiento y de carril.....	59
Tabla 20: Flujo de saturación (parte 1).....	60
Tabla 21: Flujo de saturación (parte 2).....	60
Tabla 22: Capacidad y Grado de saturación.....	61
Tabla 23: Demoras en segundos.....	61
Tabla 24: Pestaña Lane Settings.....	62
Tabla 25: Volume Settings	63
Tabla 26: Timing Settings	63
Tabla 27: Phasing Settings	64
Tabla 28: Simulation Settings	65
Tabla 29: HCM 2010 (Parte 1).....	66
Tabla 30: HCM 2010 (Parte 2).....	67

Tabla 31: HCM 2010.....	71
Tabla 32: Pestaña HCM2010 (Intersection)	72
Tabla 33: HCM 2010 (Intercesión mejorada Parte 1)	74
Tabla 34: HCM 2010 (Intercesión mejorada Parte 2)	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Tipo de isletas	20
Figura 2: Esquema de fase en una intersección semaforizada.....	21
Figura 3: Tipos de movimientos en una intersección	23
Figura 4: Grupo de movimientos y carriles	27
Figura 5: Software Synchro 8.0.....	41
Figura 6: Codificación de movimientos vehiculares en Av. Universitaria con Av. Naranjal	44
Figura 7: Codificación de movimientos peatonales en Av. Universitaria con Av. Naranjal.	45
Figura 8: Estaciones de aforo en intersección de Av. Universitaria con Av. Naranjal. .	45
Figura 9: Grupos de movimiento del acceso Norte	47
Figura 10: Grupos de movimientos del acceso sur.....	48
Figura 11: Grupos de movimientos del acceso este	48
Figura 12: Grupos de movimientos del acceso este.	49
Figura 13: Modelo a la realidad existente	58
Figura 14: Esquema de grupos de movimiento	59
Figura 15: Modelo a la realidad existente	68
Figura 16: Modelo Propuesto	70
Figura 17: HCM2010 (Intersection).....	72
Figura 18: Propuesta de carriles exclusivos	73

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El Perú es un país en desarrollo, debido a ello, en los últimos años ha tenido un crecimiento demográfico significativo, sobretodo en la capital, que ha conllevado a un incremento del parque automotriz porque las personas necesitan hacer uso de un transporte para movilizarse de un lugar a otro. Por ello, es de vital importancia contribuir con estudios que ayuden a mitigar los problemas que pueden causar en ciertas zonas de la ciudad la excesiva demanda del parque automotriz, como los que mencionamos a continuación:

Uno de los antecedentes que debemos precisar es el rediseño del ovalo de Naranjal, que se encuentra en la intersección de la Avenida Alfredo Mendiola y la Avenida Naranjal, se toma esta medida debido al colapso del ovalo actual, ya que la demanda de vehículos queda superada para la capacidad a la cual fue diseñado el Ovalo. La metodología usada para esta investigación fue la gestión de dispositivos viales basándose en la técnica del diseño geométrico. El congestionamiento del tráfico se genera porque la vía principal, la avenida Alfredo Mendiola, ha incrementado su flujo vehicular. Por ello, la medida correctiva que se propuso fue crear una intersección simple semafórica optimizando el tiempo de verde.

Realidad problemática

En la actualidad, existe con mayor notoriedad un inconveniente que limita progresivamente el nivel de vida de las personas que viven en la ciudad de Lima, la cual, es la congestión vehicular. En la zona norte de Lima se encuentra ubicada la Av. Universitaria, una de las vías principales de tránsito, la cual se ve gradualmente afectada por este problema principalmente en el cruce con las Avenidas Naranjal y los Los Alisos. En la primera, se tiene dos problemas: en el acceso de este a oeste se ve afectada la circulación debido a que inmediatamente luego del cruce de la Av. Universitaria existe un paradero informal y no existe una fase de giro libre para el ingreso de vehículos hacia esta avenida. Esta vía cuenta con tres carriles y debido a estas dos situaciones la vía queda reducida a solo un carril. El otro problema es que la Avenida Universitaria en este cruce solo tiene dos carriles e inmediatamente antes del cruce cuenta con paraderos de buses. En la segunda, se tiene tres problemas: se ha violado el diseño natural de la intersección, ya que en el acceso de sur a norte se ha conectado las vías auxiliares independientes a la vía principal de tal manera que se forma un nuevo carril en la Avenida Universitaria, el otro problema es que los semáforos nos están ubicados en la posición y altura adecuada y finalmente la demanda vehicular ha superado el diseño previsto de la intersección.

Formulación del Problema

Debido a la situación actual de las intersecciones mencionadas anteriormente surgen las siguientes preguntas. ¿Es posible remediar la congestión vehicular en estas intersecciones? ¿Es recomendable considerar un cambio en el tipo de intersección? ¿Una propuesta de modificación de ciclo semafórico y rediseño de canalización en la intersección es suficiente para mitigar la congestión vehicular?

Hipótesis

La modificación de fases en el ciclo semafórico y el rediseño de la canalización en la intersección constituyen una reducción de la congestión vehicular en las intersecciones analizadas.

Objetivo General

Reducir la congestión vehicular en las intersecciones semaforizadas de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal mediante el rediseño de la canalización en la intersección.

Objetivos Específicos

- Recolectar los valores de entrada para los factores de ajuste del volumen de tránsito y capacidad vial.
- Determinar la demora actual de las intersecciones de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal haciendo uso del programa SYNCHRO 8.0
- Proponer las variaciones de canalización adecuadas para cada intersección.
- Determinar las nuevas demoras de las intersecciones de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal haciendo uso del programa SYNCHRO 8.0

Descripción del Contenido

El presente trabajo consta de una secuencia lógica de capítulos desarrollados con el propósito de presentar el estudio y rediseño de las intersecciones de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal para reducir el tiempo de demora en la intersección.

En el Capítulo 1 se presentan los conceptos fundamentales de la Ingeniería de Tránsito que respaldan nuestro estudio de las intersecciones semaforizadas para que el trabajo sea entendible en su totalidad. Principalmente se consideran los lineamientos y criterios recopilados en el Manual de Capacidad de Autopistas (HCM 2010)

En el Capítulo 2 se describe el procedimiento metodológico de la investigación y el establecimiento de variables de estudio para el desarrollo de los casos de estudio. Asimismo, se presenta la población y muestra objetiva considerada para la realización del presente trabajo.

En el Capítulo 3 se realizan los cálculos correspondientes para obtener el tiempo de demora actual de cada intersección de estudio, así como la respectiva validación de ello haciendo uso del programa SYNCHRO 8.0.

En el Capítulo 4 se presenta una propuesta de rediseño en cada intersección con el propósito de reducir el tiempo de demora en la intersección. Las propuestas de modificación se modelarán haciendo uso del programa SYNCHRO 8.0 y se comparará los nuevos tiempos de demora en cada intersección.

En el Capítulo 5 se realizará la presentación de comparativos entre los resultados obtenidos inicialmente considerando la realidad actual y posteriormente aplicando las modificaciones propuestas. De esta manera, se procederá a la verificación de veracidad de la hipótesis del presente trabajo.

Capítulo 1. MARCO TEORICO

El manejo de tránsito se define como la utilización de personal, materiales y equipo en las vías, calles y carreteras para lograr un movimiento seguro y eficiente de personas, bienes y servicios. Las actividades del manejo básico del tránsito incluyen la reducción y eliminación del congestionamiento, mediante la detección y respuesta a los incidentes y accidentes, manteniendo el tránsito en movimiento tan fluido como sea posible, mejorando las condiciones existentes.³

La causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, etc. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “La congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás”⁴

Intersecciones Semaforizadas

Una intersección es definida como la unión o cruce de diferentes movimientos direccionales vehiculares en un mismo nivel. El cruce de movimientos direccionales a nivel se ve afectado por una gran cantidad de puntos de conflicto, los cuales son puntos potenciales de accidentes dada su relación con la intensidad de tránsito en una intersección.⁵

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe

³ Véase el siguiente enlace https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31111994/SANMDD.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527097899&Signature=zfOtF2qCYj862uh%2F7sUERA6GzJo%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManual_de_diseno_geometrico_para_vias_e.pdf

⁴ Véase el siguiente enlace https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10804/076109121_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

⁵ Cfr. (Miramontes García, Vidaña Bencomo, & Rodríguez Esparza, 2015)

considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo. Un semáforo esencialmente distribuye tiempo entre movimiento circulatorios conflictivos que pretenden utilizar el mismo espacio físico. La metodología presentada se aplica a la capacidad y al nivel del servicio de los accesos a la intersección. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre intensidad de la demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (seg/v).

Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

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 Angulo 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.

Visibilidad

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe Limitarse en función de la visibilidad, incluso Llegando a la detención total. Tipos de intersecciones a nivel.

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.

Consideraciones del 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

Enfatizando en sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.

Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores

Debido a que están relacionadas directamente con la demanda total.

Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe, y su coordinación.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinara 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, 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).

Elementos canalizadores y reguladores

Existen una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores, y semáforos o elementos reguladores.

Isla

Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones. Su materialización puede realizarse de dos formas:

Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento

Esta solución es la más económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

Mediante elevaciones de la superficie

Conformando verdaderas “islas” rodeadas de asfalto. Esta elevación supone un obstáculo para el tráfico rodado canalizándolo adecuadamente al no permitir fácilmente su invasión, y sirviendo además de refugio a peatones que eventualmente crucen la vía.

Funcionalmente, existen tres tipos de isletas.

Isletas separadoras o divisorias

Destinadas a separar sentidos iguales u opuestos de circulación. Facilitan y ordenan los giros principales.

Isletas de encauzamiento

Su principal misión es controlar y dirigir las distintas trayectorias que los vehículos pueden realizar en la intersección. También se utilizan para delimitar superficies en las que debe impedirse la circulación.

Refugios

Infraestructuras destinadas al resguardo de los peatones, empleadas normalmente por razones de seguridad en tramos excesivamente anchos de vía. Su ancho mínimo debe ser de 1 m. y su longitud, al menos el doble de la anchura del paso de peatones.

Figura 1: Tipo de isletas

Fuente: (Bañon Blazquez Luis & Beiva Garcia Jose F., 2000)

Semáforo

Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempo fijo) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe los varios tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad. Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

Ciclo

Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

Duración de ciclo

El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos, se representa con el símbolo C.

Fase

La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

Figura 2: Esquema de fase en una intersección semaforizada.

Fuente: (Bañon Blazquez Luis & Beiva Garcia Jose F., 2000)

Intervalo

Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.

Tiempo de cambio

Los intervalos “ambar ” más el “todo rojo ” que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha :se representa con el símbolo Y y se mide en segundos.

Tiempo de verde

El tiempo, dentro de una fase dada, durante la cual la indicación “verde” está a la vista: expresado con el símbolo Gi (para la fase i) y en segundos.

Tiempo perdido

El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento; estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacua) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque.

Tiempo de verde efectivo

El tiempo durante una fase dada que es efectivamente disponible para los movimientos permitidos, generalmente se considera como el tiempo verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido para la fase en cuestión; expresada en segundos.

Proporción de verde:

La proporción de verde efectivo en relación a la duración del ciclo, notada con el símbolo g_i/C (para la fase I).

Rojo efectivo

El tiempo durante el cual no se permite la circulación a un movimiento dado o conjunto de movimientos; es la duración del ciclo menos el tiempo verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.

Tipos de movimiento

En una intersección regulada por semáforos la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; también debe tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

De paso

El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.

Giro permitido

El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera

permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.

Giro protegido

En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.

Giro sin oposición

A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección.

Figura 3: Tipos de movimientos en una intersección

Fuente: (Bañon Blazquez Luis & Beiva Garcia Jose F., 2000)

Modalidades básicas de operación

Los semáforos pueden operar en tres modalidades básicas dependiendo del tipo de equipo de control empleado:

Operación prefijada o de tiempos fijos

La duración del ciclo, las fases, el tiempo de verde y los intervalos de cambio están todos prefijados. El semáforo rota por este ciclo definido de forma constante; cada ciclo es el mismo siendo la duración de ciclo y las fases constantes. Dependiendo del equipo disponible, se puede utilizar varios reglajes de tiempo prefijados, entrando cada uno de ellos automáticamente en funcionamiento en momentos determinados del día.

Operación semi accionada por el tráfico

En la operación semi accionada la calle principal en cuestión tiene una indicación “verde” durante todo el tiempo hasta que los detectores de la calle secundaria indiquen que un vehículo o vehículos han llegado a uno o ambos accesos secundarios. El semáforo muestra entonces una fase “verde” para la secundaria, después de un intervalo de cambio apropiado, que se mantenga hasta que todos los vehículos hayan pasado o hasta que el verde de la calle secundaria alcance tiempo preestablecido máximo.

Operación totalmente accionada

En la operación totalmente accionada todas las fases semafóricas están controladas por detectores. En general los tiempos de verde mínimos y máximos están especificados para cada fase así como la secuencia de fases. En esta forma de operación las duraciones del ciclo y los tiempo de verde pueden variar considerablemente según la demanda. Ciertas fases de ciclo pueden ser opcionales y pueden ser anuladas totalmente si los detectores registran demanda.

Volumen de Tránsito

Con base en la hora seleccionada se define los siguientes volúmenes de tránsito horario, dado en vehículos por hora.

Tasa de Flujo

La tasa de demanda de flujo para una intersección a la circulación de tráfico se define como el número de vehículos que llegan a la intersección durante el período de análisis dividido por la duración del período de análisis. Se expresa como una tasa de flujo por horario, pero puede representar un período de análisis de menos de 1 h. La tasa de demanda de flujo representa la tasa de flujo de vehículos que arriban a la intersección. Cuando se mide en el campo, esta tasa de flujo se basa en un recuento de tráficos adoptados antes de la cola asociada 61 con la intersección. Esta distinción es importante para conocer los recuentos durante períodos congestionado porque el recuento de vehículos partiendo desde un enfoque congestionado producirá una tasa de demanda de flujo que es inferior a la tasa real.

$$v = \frac{VHMD}{(FHMD)(f_{HV})}$$

(Ecuación 1.1.)

Donde:

v = Tasa de demanda de flujo.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

FHMD = Factor horario de máxima demanda.

f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

Volumen Horario de Máxima Demanda

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los 57 períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

Factor de Horario de Máxima Demanda

El factor de hora punta para toda la intersección se calcula con la siguiente ecuación:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4n_{15}}$$

(Ecuación 1.2.)

Donde:

FHMD = Factor horario de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

n_{15} = El número de vehículos durante el periodo pico de 15 minutos.

El recuento utilizado en el denominador de la ecuación debe tomarse durante un período de 15 minutos que se produce dentro del período de 1- h representado por la variable en el numerador. Ambas variables en esta ecuación representan el número total de vehículos que entran en la intersección durante sus respectivos períodos de tiempo. Como tal, un factor de hora punta se calcula para la intersección. Este factor se aplica individualmente a cada movimiento del tráfico. Los valores de este factor suelen oscilar entre 0,80 a 0,95. El uso de un único factor de hora pico para toda la intersección está diseñado para evitar la probabilidad de crear escenarios de demanda conflictiva con volúmenes que no son proporcionales a los volúmenes reales durante el período de análisis de 15 minutos.

Factores de Ajuste

La metodología del HCM2010 considera un ajuste de por el tipo de vehículos en la corriente vehicular, ya que se modela utilizando el coche patrón.

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

(Ecuación 1.3.)

Donde:

f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

P_T = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular.

P_B = Porcentaje de buses en la corriente vehicular.

P_R = Porcentaje de vehículos recreacionales en la corriente vehicular.

E_T = Automóviles equivalentes a un camión.

E_B = Automóviles equivalentes a un bus.

E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas

La capacidad de intersecciones es definida para cada grupo de carriles. La capacidad del grupo de carriles es la máxima tasa de flujo para el grupo de carriles objeto que puede pasar a través de la intersección bajo el tráfico prevaleciente, la vía y las condiciones de semaforización. La tasa de flujo es generalmente medida o proyectada para periodos de 15 minutos, y la capacidad es establecida en vehículos por hora (vph).

Condiciones de tráfico

Las condiciones de tráfico incluyen los volúmenes en cada aproximación, la distribución de vehículos por movimiento (izquierdo, de frente, derecha), la distribución del tipo de vehículos en cada movimiento, la localización y el uso de las paradas de ómnibus (transporte público) dentro del área de la intersección, flujo de peatones que cruzan y movimientos de estacionamiento dentro del área de la intersección.

Condiciones de la vía

Las condiciones de la vía incluyen la geometría básica de la intersección, incluyendo el número y ancho de vías, pendientes y asignación del uso de la vía incluyendo vías de parqueo.

Condiciones de semaforización

Las condiciones de semaforización, incluyen una definición total de las fases de la señal, tiempos y tipo de control, y una evaluación de la progresión para cada grupo de vías.

Grupo de movimientos y carriles

Un carril o grupo de carriles designados para separar el análisis se conoce como un grupo de carril. En general, un separado grupo de carril está establecido para (a) Cada carril (o combinación de carriles adyacentes), que sirve exclusivamente a un movimiento y (b) cada carril compartidos por dos o más movimientos. El concepto de los grupos del movimiento también se establece para facilitar la entrada de datos. Un independiente grupo de movimiento está establecido para (a) cada movimiento de giro con uno o más carriles de giro exclusivo y (b) a través del movimiento (incluyendo cualquier vuelta movimientos que comparten un carril).

Si un movimiento de giro sirve para una o más carriles exclusivos y no carriles compartidos, entonces cada tasa de flujo de movimiento es asignada a un grupo de movimiento. Cualquiera de los flujos de enfoque que aún no se ha asignado para un grupo de movimiento es asignado a un grupo de movimiento.

Asimismo, si no hay carriles compartidos en la intersección enfocada, o el enfoque tiene solo un carril, hay una correspondencia uno a uno entre los grupos de carriles y grupo de movimientos. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carril es igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento.

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2: MG 3:	LG 1: LG 2: LG 3:

Figura 4: Grupo de movimientos y carriles

Flujo de Saturación

La Tasa de flujo de Saturación representa el máximo caudal de una vía de circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. Es calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$S = S_o \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

(Ecuación 1.4.)

Donde:

S = Tasa de flujo de saturación.

S_o = Tasa de flujo de saturación base.

f_w = Factor de ajuste por ancho de carril.

f_{HV} = Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = Factor de ajuste por pendiente.

f_p = Factor de ajuste por estacionamiento.

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses.

f_a = Factor de ajuste por tipo de área.

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carriles.

f_{LT} = Factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{RT} = Factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb} = Factor de ajuste por peatones y bicicletas con giro a la izquierda.

f_{Rpb} = Factor de ajuste por peatones y bicicletas con giro a la derecha.

Flujo de Saturación Básico

La tasa de flujo de saturación de base representa la saturación del caudal para un carril de tráfico que es de 3.66 m de ancho y no tiene vehículos pesados, grado plano, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paran en la intersección, incluso la utilización de carril, y no hay giro de vehículos. Normalmente, una tasa base es seleccionado para representar a todas las intersecciones señalizadas en la jurisdicción (o de área), dentro del cual se encuentra la intersección. Cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con 250.000 habitantes o más, la saturación base es de 1900 automóviles/carril/hora, y en otras ciudades 1750.

Factores de Ajuste de Flujo de Saturación

Debido a que la tasa de flujo de saturación puede verse afectado por diversos factores, este parámetro se calcula tomando en cuenta dichos factores, ya que solo así se puede determinar una aproximación cercana del valor real para el caso estudiado. A continuación, presentamos los factores que se están considerando para determinar la tasa de flujo de saturación según la metodología del HCM2010.

Factor de Ajuste por ancho de carril.-

Factor de Ajuste por ancho de carril f_w cuenta el impacto negativo del carril estrecho en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de tasa de flujo en carriles anchos.

Tabla 1: Factor de ajuste por ancho de carril

PROMEDIO DE ANCHO DE CARRIL	FACTOR DE AJUSTE
< 3	0.96
$\geq 3 - 4$	1
> 4	1.04

Fuente: Propia

Factor de Ajuste por vehículos pesados. -

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de cuatro neumáticos tocando el pavimento. Los autobuses locales que paran en el área de intersección no se incluyen en el recuento de vehículos pesados. El porcentaje de vehículos pesados representa el número de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis, dividido por el número total de vehículos contados para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada intersección a la circulación del tráfico; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizado para un análisis de la planificación.

El factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV} cuenta es espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y por la diferencia en su capacidad operativa, comparado con carros de pasajeros. Este factor no se refiere a la parada de buses locales en el área de intersección. El factor se define mediante la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} \cdot (E_T - 1)}$$

(Ecuación 1.5.)

Donde:

f_{HV} = Factor de ajuste por vehículos pesados.

P_{HV} = Porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo de movimientos.

E_T = Numero de autos para cada vehículo pesado.

Factor de ajuste por pendiente. -

El factor de ajuste por pendiente explica los efectos de la pendiente de aproximación en el rendimiento del vehículo. El factor se define mediante la siguiente ecuación:

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

(Ecuación 1.6.)

Donde:

F_g = Factor de ajuste por pendiente

P_g = Pendiente de aproximación para el correspondiente grupo de movimiento (%)

Este factor aplica para pendientes que van desde 6.0% a +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positiva y una cuesta abajo tiene un valor negativo.

Factor de ajuste por estacionamiento. -

El factor de ajuste por estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1,00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

(Ecuación 1.7.)

Donde:

F_p = Factor de ajuste por estacionamiento

N_m = tasa de maniobra de estacionamiento adyacente al grupo de carriles (maniobras/h)

N = Número de carriles en un grupo de carriles

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 76.2 m antes de la línea de parada. Un límite práctico de 180 maniobras/h debe ser mantenido con la ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es de 0,050. Cada maniobra (dentro o fuera) se asume para bloquear el tráfico en el carril adyacente a la maniobra de estacionamiento para un promedio de 18 s. El factor sólo se aplica al grupo de carriles que es adyacente al estacionamiento. En una calle de un solo sentido con un solo carril de grupo de carriles, el número de maniobras utilizadas es el total de ambos lados de la pista. En una calle de un solo sentido con dos o más grupo de carriles, el factor se calcula por separado para cada grupo de carriles y se basa en el número de maniobras adyacente al grupo de carriles. Las Condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente que el de una situación de no estacionamiento.

Factor de ajuste por bloqueo de buses. -

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} tiene en cuenta el impacto de autobuses de tránsito local que paran para descargar o recoger pasajeros en una cercana o lejana parada de buses dentro de los 76.2 m de la línea de parada (anterior o posterior). Los valores de este factor se calculan con la ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.050$$

(Ecuación 1.8.)

Donde:

f_{bb} = Factor de ajuste por bloqueo de buses

N = Número de carriles en un grupo de carriles

N_b = Es la tasa de para de buses en el sujeto enfocado (buses/h)

Este factor debe usarse sólo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo del tráfico en el grupo de carriles. Un límite práctico de 250 buses/h debe ser sustentado con la ecuación. Un mínimo valor de f_{bb} de esta ecuación es de 0,050.

El factor utilizado aquí asume un promedio de tiempo de bloqueo de 14,4 s durante una indicación verde.

Factor de ajuste por tipo de área. -

El factor de tipo de área se utiliza para indicar si la intersección está en un distrito central de negocios (CBD). El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en CBDs (zonas comerciales) en comparación a aquellas situadas en otras ubicaciones. Cuando se utiliza, tiene un valor de 0,90. El uso de este factor debe ser determinado en caso de base de casos. Este factor no es limitado para determinadas zonas CBD, tampoco es necesario utilizarse para todas las zonas CBD. En lugar de ello, este debería utilizarse en zonas donde el diseño geométrico y el tráfico o flujos peatonales, o ambos, son tales que los avances de los vehículos son significativamente incrementados.

Factor de ajuste por el carril utilizado. -

Factor de ajuste por la utilización del carril cuenta para la desigualdad en la distribución del tráfico entre los carriles de circulación en aquellos grupos con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación base para la cuenta de uso desigual de los carriles. Esto no se utiliza a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo.

Se calcula con la ecuación:

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e \cdot v_{gl}}$$

(Ecuación 1.9.)

Donde:

f_{LU} = Factor de ajuste por utilización de carril (para el caso de estudio el valor es 1)

v_g = Tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh/h)

N_e = Tasa de flujo de demanda en el único carril exclusivo con la mayor tasa de flujo de todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento (veh/h/carril)

v_{gl} = número de carriles exclusivos en grupo de movimiento (LN)

Un factor de utilización de un carril de 1,0 se utiliza cuando una distribución del tráfico uniforme puede ser asumida en todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento o cuando un grupo de movimiento sólo tiene un carril. Los valores inferiores a 1,0 se aplican cuando el tráfico no está distribuido uniformemente. Enfoques como la demanda de capacidad, el factor de utilización de carril es a menudo más cerca de 1.0 porque los conductores tienen menos oportunidad de seleccionar su carril. En algunas intersecciones, los conductores pueden elegir uno por encima de otro carril en anticipación del giro en una intersección posterior. Cuando este tipo de "pre posicionamiento" ocurre, una evaluación más precisa será obtenida cuando la actual tasa de flujo para cada carril enfocado es medida en el campo y siempre como una aportación a la metodología. El factor de ajuste de la utilización del carril de entrada se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o uno exclusivo, este factor es de 1,0.

Factor de ajuste por giros a la izquierda. -

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la ecuación:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

(Ecuación 1.10.)

Donde:

f_{LT} = Factor de ajuste por giros a la izquierda.

E_L = Numero de carros para un giro a la derecha protegido de vehículos.

Además, para determinar el valor del factor de ajuste en mención, se considera las siguientes tablas:

Tabla 2: Factor de ajuste por giro a la izquierda parte 1

TIPO DE CARRIL	E_L EQUIVALENTES ADE PARA VEHICULOS DE GIRO A LA IZQUIERDA	f_{LT}
----------------	--	----------

Giros a la izquierda con fase protegida o sin oposición		
Un carril exclusivo o compartido	1.05	0.95
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.09	0.92
Calles en un solo sentido o intersecciones en T		
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.3	0.75

Fuente: Propia

Tabla 3: Factor de ajuste por giro a la izquierda parte 2

Giros a la izquierda carril compartido con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda carril exclusivo con presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
EL	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

Fuente: Propia

Si el movimiento de giro a la derecha comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de peatones y bicicletas en la tasa de flujo de saturación de giro a la derecha es considerado en un factor de ajuste separado.

Factor de ajuste por giros a la derecha. -

El factor de ajuste de giro a la derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la siguiente ecuación:

$$f_{RT} = \frac{I}{E_R}$$

(Ecuación 1.11.)

Donde:

f_{RT} = Factor de ajuste por giros a la izquierda.

E_R = Número de carros para un giro a la derecha protegido de vehículos.

Además, para determinar el valor del factor de ajuste en mención, se considera las siguientes tablas:

Tabla 4: Factor de ajuste por giro a la derecha

TIPO DE CARRIL	E_R EQUIVALENTES ADE PARA VEHICULOS DE GIRO A LA DERECHA	f_{RT}
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Fuente: Propia

Si el movimiento de giro a la izquierda comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de los peatones en la tasa del flujo de saturación de giro a la izquierda es considerado en un factor de ajuste separado.

Factor de ajuste para peatones y bicicletas. -

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de giro a la izquierda de bicicletas y peatones f_{Lpb} y el factor de ajuste de giro a la derecha de bicicletas y peatones f_{Rpb} se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, el cual tiene en cuenta el conflicto entre el giro de vehículos, peatones y bicicletas. La ocupación correspondiente de la Zona de Conflicto toma en cuenta si el flujo vehicular oponente, también está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. El porcentaje de tiempo en verde en el cual la zona de conflicto es ocupada se determina en función de la ocupación correspondiente y el número de carriles receptores del giro de vehículos

Niveles de Servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/ o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El nivel de servicio de intersecciones semaforizadas es definido en términos de la demora, la cual es una medida de la disconformidad del conductor, frustración, consumo de combustible y el tiempo perdido de viaje.

La demora experimentada por el conductor es hecha sobre un número de factores que relacionan el control, la geometría, el tráfico y los incidentes.

Nivel de servicio A

Describe operaciones con un control de demoras de 10 s/veh o menos y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es excepcionalmente favorable o la duración del ciclo es muy corto. Si es debido a la favorable progresión, la mayoría de los vehículos llegan durante la indicación verde y viajan a través de la intersección sin parar.

Nivel de servicio B

Describe operaciones con control demora entre 10 y 20 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es altamente favorable o la duración del ciclo es corto. Más vehículos parados que con Nivel de servicio A.

Nivel de servicio C

Describe operaciones con control demora entre 20 y 35 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1.0. Este nivel se asigna normalmente cuando la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderada. Fallas de ciclo individual (es decir, uno o más vehículos en cola no son capaces de salir como resultado de la insuficiencia de la capacidad durante el ciclo) pueden comenzar a aparecer en este nivel. El número de vehículos parando es importante, aunque muchos vehículos pasan a través de la intersección sin parar.

Nivel de servicio D

Describe operaciones con control demora entre 35 y 55 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1.0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es largo. Muchos vehículos paran y las fallas ciclo individual son perceptibles.

Nivel de servicio E

Describe operaciones con control demora entre 55 y 80 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable, y la duración del ciclo es larga. Las fallas Ciclo individual son frecuentes.

Nivel de servicio F

Describe operaciones con control demora superior a 80 s/veh o una proporción volumen-capacidad superior a 1.0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre, y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos no permiten borrar la cola.

El Nivel de Servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para automovilistas en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales. Se puede calcular el nivel de servicio para cada grupo de carriles y la intersección como un todo. De acuerdo al HCM2010 el nivel de servicio de una intersección semaforizada.

Se calcula de la siguiente manera:

Tabla 5: Determinación de niveles de servicio según demoras de control

DEMORAS DE CONTROL (s/veh)	NIVEL DE SERVICIO
≤ 10	A
$> 10 - 20$	B
$> 20 - 35$	C
$> 35 - 55$	D
$> 55 - 80$	E
> 80	F

Fuente: Propia

Grado de Saturación del Acceso

La relación de volumen y capacidad para un grupo de carriles es definida como el grado de saturación del grupo de carriles. Se calcula mediante la ecuación:

$$X = \frac{v}{c}$$

(Ecuación 1.12.)

Donde:

X = Grado de saturación del acceso

v = Tasa de flujo durante los 15 minutos más cargados (ADE/h)

c = Capacidad del grupo de carriles

Asimismo, la capacidad de un determinado grupo de carriles sirve a un movimiento de tráfico, y para los cuales no están permitidos movimientos de giro a la izquierda, es definido por la ecuación:

$$c = N \cdot S \cdot \frac{g}{C}$$

(Ecuación 1.13.)

Donde:

c = Capacidad del grupo de carriles.

N = Número de carriles en un grupo de carriles.

S = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (vehículos/hora verde).

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (segundos verdes).

C = Ciclo del semáforo.

Esta ecuación no puede usarse para calcular la capacidad de un carril compartido de un grupo de carriles o un grupo de carriles con operación de giro a la izquierda permitido porque estos grupos de carriles tienen otros factores que afectan a su capacidad.

Demoras

Demoras de control

La demora calculada representa el control promedio de demoras experimentadas por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora por estos vehículos que están todavía en la cola después de que finalice el periodo de análisis. El control de demora para un determinado grupo de carriles se calcula utilizando la ecuación:

$$d_i = d_1 + d_2 + d_3$$

(Ecuación 1.14.)

Donde:

d_i = Demora media del grupo (segundos/vehículos)

d_1 = Demora uniforme (segundos por vehículos)

d_2 = Demora incremental (segundos por vehículos)

d_3 = Demora por inicio de cola (Segundos por vehículo)

Demora Uniforme por Acceso

La siguiente ecuación representa una forma para calcular la demora cuando las llegadas son asumidas aleatoriamente a lo largo de todo el ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período. Esto se basa en el primer término de la ecuación de demora presentada en otro lugar.

$$d_1 = \frac{0.5C(1-g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$$

(Ecuación 1.15.)

Donde:

d_1 = Demora uniforme.

C = Ciclo del semáforo.

g = Tiempo en verde efectivo para el grupo de carriles (segundos verdes).

X = Grado de saturación del acceso.

Todas las variables están previamente definidas. El procedimiento de cálculo de demoras utilizado en esta metodología es consistente con la ecuación.

Demora Incremental

El término de demora incremental toma en cuenta la demora debido a la variación aleatoria en el número de llegadas en un ciclo por ciclo base. Esto también toma en cuenta la demora causada por exceso de demanda a la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la que excede la demanda a la capacidad durante el período de análisis se denomina aquí como demanda insatisfecha. La ecuación de demora incremental fue derivada mediante el uso de una hipótesis de una cola no inicial debido a la demanda insatisfecha en el anterior período de análisis. El cálculo de la demora incremental se rige mediante la siguiente ecuación:

$$d_2 = 900T \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{4X}{CT}} \right]$$

(Ecuación 1.16.)

Donde:

d_2 = Demora incremental.

T = Duración del periodo de análisis (dependiendo del aforo).

X = Grado de saturación del acceso.

C = Ciclo del semáforo.

Demora por inicio de cola

Es la demora referida a la cola inicial que existe para cualquier grupo de carriles y está determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Si } N_i=0 : d_3=0$$

$$\text{Si } q \geq Q : d_3 = 3600 \frac{N_i}{Q}$$

$$\text{Si } q < : d_3 = 3600 \frac{N_i}{Q} \left(\frac{4N_i}{Q-q} \right)$$

(Ecuación 1.17.)

Donde:

N_i = Cola inicial del grupo.

Q = Capacidad del grupo.

q = Demanda ajustada del grupo.

Demora del acceso

Es la demora calculada en cada acceso considerando el caso estudiado y se calcula mediante de la siguiente ecuación:

$$d_{Acc} = \frac{\sum d_i q_i}{\sum q_i}$$

(Ecuación 1.18.)

Donde:

d_{Acc} = Demora de control por acceso.

d_i = Demora de control del grupo.

q_i = Demanda ajustada del grupo.

Demora de la Intersección

Es la demora en calculada en la intersección considerando el caso estudiado y se calcula mediante de la siguiente ecuación:

$$d_{Int} = \frac{\sum d_{Acc} q_{Acc}}{\sum q_{Acc}}$$

(Ecuación 1.19.)

Donde:

d_{Int} = Demora de control por intersección.

d_{Acc} = Demora de control del acceso.

q_{Acc} = Demanda ajustada del acceso.

Programa SYNCHRO 8

Synchro es un software Trafficware que permite modelar, optimizar, gestionar y simular los tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales a un nivel macroscópico. Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del Highway Capacity Manual 2010, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization)

Figura 5: Software Synchro 8.0

Fuente: Google Imagenes

Capítulo 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Material

Población

La población de nuestro estudio son las intersecciones que se encuentran en la avenida Universitaria.

Muestra

Se ha considerado como muestra las siguientes intersecciones de la Av. Universitaria, el cruce con la Av. Los Alisos y el cruce con la Av. Naranjal.

Método

Nivel de Investigación

El grado de profundidad con el que se abordará el estudio de las intersecciones será a nivel explicativo porque se analizará los factores principales de congestionamiento y una propuesta de mejora para poder reducirlo.

Diseño de Investigación

La estrategia que se adoptará para analizar el problema de la congestión en las intersecciones mencionadas anteriormente serán de campo y experimental porque se evaluará la realidad actual de las intersecciones semaforizadas y se someterán a modificaciones que reduzcan el congestionamiento vehicular.

Variables de estudio y operacionalización

Se traducirán los conceptos a indicadores observables y medibles, es decir, describir cómo es medida cada variable, incluyendo la elección de los procedimientos e instrumentos necesarios.

Tabla 6: Variables de estudio y operacionalización

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
Independiente: Canalización de la Intersección	Geometría	Buena gestión de carriles en los accesos	Número y anchos de carriles	Observación y medición directa en campo
Dependiente: Demora en cruzar la intersección	Tiempo	Demoras en la intersección	Segundos	Cálculo de ingeniería de tránsito

Fuente: Propia

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos para el estudio de las intersecciones se basan en la observación de la realidad actual y las características geométricas.

Los instrumentos de recolección de datos son básicamente el conteo visual de vehículos y elementos de medición de longitud y nivel para determinar la geometría de las intersecciones.

Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos

Las técnicas de procesamiento de datos es la tabulación de los datos recolectados ubicados por giros por acceso y por tiempos de quince minutos, así como la tabulación de distintos tipos de vehículos

Para el análisis de datos se sumarán los datos globales de vehículos para cada quince minutos contabilizados con el propósito de determinar la hora de máxima demanda.

Capítulo 3. CÁLCULO Y VALIDACIÓN DE DEMORAS ACTUALES EN LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO

Para la realización de este trabajo fue necesario realizar un levantamiento de campo de las intersecciones de estudio, empezaremos desarrollando los valores de entrada de la intersección correspondiente a la Avenida Los Alisos y luego procederemos con la Avenida Naranjal.

Recolección de datos

Para el análisis y la propuesta de mejora del trabajo de investigación, es imperativo recopilar cierta información necesaria. A continuación precisamos dicha información.

Codificación de movimientos vehiculares

En las intersecciones de estudios se identificaron los sentidos de circulación con el fin de unificar los movimientos vehiculares y codificar los ramales de ingreso a cada intersección, esto facilitó el procesamiento de datos. Los movimientos se indican a continuación:

Figura 6: Codificación de movimientos vehiculares en Av. Universitaria con Av. Naranjal

Fuente: Propia

Codificación de movimientos peatonales

Se identificaron los sentidos de circulación peatonal con el fin de unificar dichos movimientos y codificar los ramales de acceso a cada intersección de estudio, esto facilito el procesamiento de datos. Los movimientos se indican a continuación:

Figura 7: Codificación de movimientos peatonales en Av. Universitaria con Av. Naranjal.

Fuente: Propia

Identificación de puntos de aforo

Se realizó la identificación de las estaciones de aforo en las intersecciones semaforizadas de estudio. Tomando una posición estratégica para una adecuada tomar de datos. Las estaciones de aforo se detallan a continuación.

Figura 8: Estaciones de aforo en intersección de Av. Universitaria con Av. Naranjal.

Fuente: Propia

Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales

La finalidad de los aforos de los volúmenes vehiculares y peatonales fue establecer la capacidad vial y el nivel de servicio que presentan las intersecciones semaforizadas en estudio, por medio de estos aforos se obtuvo:

- Clasificación vehicular
- Puntos de Conflicto
- Movimientos direccionales
- Volúmenes vehiculares y peatonales

Recolección de características geométricas de la vía

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó una inspección en campo considerando la obtención de las siguientes características:

- Sentido de circulación
- Ancho de calzada
- Pendiente de calzada
- Número de carriles
- Ancho de carriles

Datos

Los datos de volúmenes vehicular y peatonal se encuentran en el Anexo A

Análisis de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos

Determinación de grupos de movimiento

Para determinar los grupos de movimiento es necesario realizar un esquema identificando los movimientos por carril de cada acceso del caso de estudio basado en los criterios del HCM 2010 como se muestra a continuación

Tabla 7: Grupo de movimientos

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Acceso Norte

En la figura N°6 se señala el grupo de movimiento en el acceso norte, el cual involucra a dos grupos de carriles.

Figura 9: Grupos de movimiento del acceso Norte

Fuente: Propia

Acceso Sur

En la figura N°7 se señala el grupo de movimiento en el acceso norte, el cual involucra a cuatro grupos de carriles.

Figura 10: Grupos de movimientos del acceso sur

Fuente: Propia

Acceso Este

En la figura N° se señala el grupo de movimiento en el acceso este, el cual involucra a dos grupos de carriles.

Figura 11: Grupos de movimientos del acceso este

Fuente: Propia

Acceso Oeste

En la figura N° se señala el grupo de movimiento en el acceso oeste, el cual involucra a dos grupos de carriles.

Figura 12: Grupos de movimientos del acceso este.

Fuente: Propia

Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento y de carril

Tabla 8: tasa de flujo para cada grupo de movimiento y de carril

FASE	ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	VHMD	q15 MAX	FHMD	fHV	qADE	qGC	qGM
F1	Norte	1	Derecha	20	7	0.71	0.83	34	214	1371
			Frente	141	38	0.93	0.84	180		
		2	Frente	794	215	0.92	0.84	1027	1157	
			Izquierda	113	32	0.88	0.99	130		
	Sur	1	Derecha	86	28	0.77	0.84	133	323	3089
			Frente	134	44	0.76	0.93	190		
		2	Frente	30	10	0.75	0.93	43	95	
			Izquierda	19	10	0.48	0.76	52		
		3	Derecha	9	4	0.56	0.89	18	56	
			Frente	30	8	0.94	0.84	38		
		4	Frente	1567	431	0.91	0.85	2026	2615	
			Izquierda	477	129	0.92	0.88	589		
F2	Este	1	Derecha	2	2	0.25	1	8	50	699
			Frente	31	10	0.78	0.94	42		
		2	Frente	350	114	0.77	0.94	484	649	
			Izquierda	122	36	0.85	0.87	165		
	Oeste	1	Derecha	32	17	0.47	0.73	93	217	1013
			Frente	79	26	0.76	0.84	124		
		2	Frente	324	105	0.77	0.84	501	796	
			Izquierda	131	57	0.57	0.78	295		

Fuente: Propia

Determinación de la tasa de flujo de saturación

$$S = S_o \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

Tabla 9: Flujo de saturación ajustado

FASE	ACCESO	CARRIL	So	fw	fHV	fg	fp	fbb	fa
F1	Norte	1	1900	1	0.95	1.01	1	0.93	1
		2	1900	1	0.96	1.01	1	0.61	1
	Sur	1	1900	1	0.98	0.975	1	0.93	1
		2	1900	1	0.96	0.975	1	0.99	1
		3	1900	1.04	0.96	0.975	1	0.99	1
		4	1900	1.04	0.98	0.975	1	0.32	1
F2	Este	1	1900	1.04	1	1.015	1	1	1
		2	1900	1.04	0.99	1.015	1	0.9	1
	Oeste	1	1900	1.04	0.95	0.975	1	0.94	1
		2	1900	1.04	0.98	0.975	1	0.77	1
FASE	ACCESO	CARRIL	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	S	S ACCESO
F1	Norte	1	1	1	0.85	1	1	1441	2396
		2	1	0.85	1	1	1	955	
	Sur	1	1	1	0.85	1	1	1435	5000
		2	1	0.85	1	1	1	1496	
		3	1	1	0.85	1	1	1556	
		4	1	0.85	1	1	1	513	
F2	Este	1	1	1	0.85	1	1	1704	3222
		2	1	0.85	1	1	1	1518	
	Oeste	1	1	1	0.85	1	1	1462	2697
		2	1	0.85	1	1	1	1235	

Fuente: Propia

Determinación de la capacidad y el grado de saturación

$$c = N \cdot S \frac{g}{C} \quad X = \frac{v}{c}$$

Tabla 10: Capacidad y grado de saturación por accesos

FASE	ACCESO	Verde efectivo	Ciclo semafórico	Capacidad	Demanda	Grado de saturación del grupo
F1	Norte	96.5	140	993	214	0.22
		96.5	140	658	1157	1.76
	Sur	96.5	140	989	323	0.33
		96.5	140	1031	95	0.09
		96.5	140	1072	56	0.05
		96.5	140	353	2615	7.41
F2	Este	36.5	140	444	50	0.11
		36.5	140	395	649	1.64
	Oeste	36.5	140	381	217	0.57
		36.5	140	321	796	2.48

Fuente: Propia

Determinación de las demoras

Tabla 11: Demora de la intersección

FASE	ACCESO	Demora Uniforme	Demora incremental	Demora por cola inicial	Demora de control de grupo	Demora de acceso	Demora de Intersección
F1	Norte	8	0	2	11	100	196
		22	35	60	117		
	Sur	9	1	6	15	199	
		7	0	4	11		
		7	0	3	10		
		22	48	163	233		
F2	Este	39	1	5	45	161	
		52	45	73	170		
	Oeste	45	6	144	195	342	
		52	50	280	382		

Fuente: Propia

Validación de datos mediante el Synchro 8.0

Se procede a realizar el ingreso de datos en el programa SYNCHRO 8.0 como se muestra a continuación

Pestaña Lane Settings

Tabla 12: Pestaña Lane Settings

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20
Street Name	Av. Los Alisos			Av. Los Alisos			Av. Universitaria			Av. Universitaria		
Link Distance (m)	—	94.8	—	—	123.4	—	—	147.3	—	—	134.2	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	— EB —			— WB —			— NB —			— SB —		
Travel Time (s)	—	5.7	—	—	7.4	—	—	8.8	—	—	8.1	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	4.0	4.0	4.0	2.9	2.9	2.9	4.3	4.3	4.3	3.7	3.7	3.7
Grade (%)	—	5	—	—	-3	—	—	5	—	—	-2	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.91	0.91	0.91	0.86	0.86	0.86	0.95	0.95	0.95
Right Turn Factor	—	0.988	—	—	0.998	—	—	0.993	—	—	0.997	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.986	—	—	0.989	—	—	0.990	—	—	0.995	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3096	—	—	4672	—	—	5938	—	—	2841	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.567	—	—	0.675	—	—	0.706	—	—	0.480	—
Right Ped Bike Factor	—	0.982	—	—	0.998	—	—	0.997	—	—	0.999	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1780	—	—	3189	—	—	4234	—	—	1370	—
Right Turn on Red?	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

Pestaña Volume Settings

Tabla 13: Pestaña Volume Settings

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	180	0	—	110	0	—	104	0	—	114
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.57	0.77	0.47	0.85	0.77	0.25	0.92	0.92	0.77	0.88	0.84	0.71
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	3	2	10	0	1	0	2	2	3	0	3	10
Bus Blockages (#/hr)	20	47	6	16	12	0	11	100	12	1	100	1
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	230	523	68	144	495	8	539	1914	123	128	1113	28
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	821	0	0	647	0	0	2576	0	0	1269	0

Pestaña Timing Settings

Tabla 14: Pestaña Timing Settings

TIMING SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			2			6			—	—
Permitted Phases	4	—	—	8	—	—	2	—	—	6	—	—	—	—
Detector Phases	4	4	—	8	8	—	2	2	—	6	6	—	—	—
Switch Phase	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	—	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Minimum Split (s)	40.0	40.0	—	40.0	40.0	—	93.5	93.5	—	98.5	98.5	—	—	—
Total Split (s)	40.0	40.0	—	40.0	40.0	—	100.0	100.0	—	100.0	100.0	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	36.5	—	—	36.5	—	—	96.5	—	—	96.5	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.26	—	—	0.26	—	—	0.69	—	—	0.69	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	2.23dl	—	—	3.00dl	—	—	3.96dl	—	—	3.88dl	—	—	—
Control Delay (s)	—	386.2	—	—	55.6	—	—	22.1	—	—	185.5	—	—	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Total Delay (s)	—	386.2	—	—	55.6	—	—	22.1	—	—	185.5	—	—	—
Level of Service	—	F	—	—	E	—	—	C	—	—	F	—	—	—
Approach Delay (s)	—	386.2	—	—	55.6	—	—	22.1	—	—	185.5	—	—	—
Approach LOS	—	F	—	—	E	—	—	C	—	—	F	—	—	—
Queue Length 50th (m)	—	~187.4	—	—	64.4	—	—	159.3	—	—	~253.5	—	—	—
Queue Length 95th (m)	—	#185.8	—	—	66.2	—	—	180.5	—	—	#268.2	—	—	—
Stops (vph)	—	378	—	—	462	—	—	1798	—	—	797	—	—	—

Pestaña Phasing Settings

Tabla 15: Pestaña Phasing Settings

PHASING SETTINGS	2-NBTL	4-EBTL	6-SBTL	8-WBTL
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	93.5	40.0	98.5	40.0
Maximum Split (s)	100.0	40.0	100.0	40.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	0.5	0.5	0.5	0.5
Lagging Phase?	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—
Vehicle Extension (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Minimum Gap (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Time Before Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Time To Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Recall Mode	Max	Max	Max	Max
Pedestrian Phase	☐	☐	☐	☐
Walk Time (s)	—	—	—	—
Flash Dont Walk (s)	—	—	—	—
Pedestrian Calls (#/hr)	—	—	—	—
Dual Entry?	☐	☐	☐	☐
Fixed Force Off?	☐	☐	☐	☐
90th %ile Green Time (s)	97 cd	37 mr	97 cd	37 mr
70th %ile Green Time (s)	97 cd	37 mr	97 cd	37 mr
50th %ile Green Time (s)	97 cd	37 mr	97 cd	37 mr
30th %ile Green Time (s)	97 cd	37 mr	97 cd	37 mr
10th %ile Green Time (s)	97 cd	37 mr	97 cd	37 mr

Pestaña Simulation Settings

Tabla 16: Pestaña Simulation Settings

SIMULATION SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taper Length (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Lane Width (m)	4.0	4.0	4.0	2.9	2.9	2.9	4.3	4.3	4.3	3.7	3.7	3.7
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Link Offset (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Crosswalk Width (m)	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—
TW/LTL Median	—		—	—		—	—		—	—		—
Headway Factor	0.98	1.11	0.98	1.09	1.11	1.09	0.94	1.07	0.94	0.97	1.29	0.97
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15
Mandatory Distance (m)	—	186.6	—	—	186.6	—	—	186.6	—	—	186.6	—
Positioning Distance (m)	—	500.1	—	—	500.1	—	—	500.1	—	—	500.1	—
Mandatory Distance 2 (m)	—	333.4	—	—	333.4	—	—	333.4	—	—	333.4	—
Positioning Distance 2 (m)	—	666.8	—	—	666.8	—	—	666.8	—	—	666.8	—

Pestaña HCM 2010

Tabla 17: Pestaña HCM 2010 (Intersection)

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	140.0
Lock Timings:	☐
HCM Equilibrium Cycle(s):	140.0
HCM Control Delay(s):	221.1
HCM Intersection LOS:	F
Analysis Time Period (h):	0.25
Saturation Flow Rate (pc/h/ln):	1900
Sneakers Per Cycle (veh):	2.0
Number of Calc.Iterations:	70
Stored Passenger Car Length (m):	8.0
Stored Heavy Vehicle Length (m):	14.4
Probability Peds. Pushing Button:	0.51
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00
Queue Length Percentile	50
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5
Stop Threshold Speed (mph):	5.0
Critical Merge Gap (s):	3.7

Tabla 18: Pestaña HCM 2010 (Accesos)

HCM 2010 SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20	—	—
Lagging Phase?	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			2			6			—	—
Permitted Phases	4			8			2			6			—	—
Passage Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
Minimum Green (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Maximum Split (s)	40.0	40.0	—	40.0	40.0	—	100.0	100.0	—	100.0	100.0	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	—	—
Maximum Green (s)	36.5	36.5	—	36.5	36.5	—	96.5	96.5	—	96.5	96.5	—	—	—
Walk Time (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Flash Dont Walk (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Walk+ ped. clear (s)	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Dual Entry?	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	—	—
Right Turn on Red Volume (vph)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	—
Percent Heavy Vehicles (%)	3	2	10	0	1	0	2	2	3	0	3	10	—	—
Lane Utilization Adj. Factor	—	0.95	—	—	0.91	—	—	0.86	—	—	0.95	—	—	—
Peak Hour Factor	0.57	0.77	0.47	0.85	0.77	0.25	0.92	0.92	0.77	0.88	0.84	0.71	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Startup Lost Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Extension of Effect.Green Time (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Pedestrian volume (p/h)	—	—	180	—	—	110	—	—	104	—	—	114	—	—
Bicycle volume (bicycles/h)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—
Initial Queue (veh)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	—

Lane Width (m)	4.0	4.0	4.0	2.9	2.9	2.9	4.3	4.3	4.3	3.7	3.7	3.7	—	—
Receiving Lanes	4	2	2	2	2	4	2	4	2	2	2	2	—	—
Turn Bay or Segment Length (m)	81.6	81.6	81.6	101.9	101.9	101.9	133.4	133.4	133.4	118.9	118.9	118.9	—	—
Parking present?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	—	—
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bus Stopping Rate, (#/hr)	20	47	6	16	12	0	11	100	12	1	100	1	—	—
Stop Line Detector Length (m)	—	6	—	—	6	—	—	6	—	—	6	—	—	—
Adjusted Flow Rate (veh/h)	230	523	68	144	495	8	539	1914	123	128	1113	28	—	—
HCM 2010 Capacity (veh/h)	51	363	47	51	853	14	51	2932	188	51	1130	29	—	—
HCM Volume/Capacity	4.469	0.000	1.441	2.791	0.579	0.581	10.483	0.652	0.655	2.497	0.000	0.985	—	—
HCM Movement Delay (s/veh)	1674.8	0.0	263.1	927.2	50.6	50.7	4375.7	12.7	14.9	797.6	0.0	43.9	—	—
HCM Movement LOS	F	—	F	F	D	D	F	B	B	F	—	D	—	—
HCM Approach Delay (s/veh)	—	658.2	—	—	245.3	—	—	926.2	—	—	120.1	—	—	—
HCM Approach LOS	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	—

Entorno Visual SYNCHRO 8.0

A continuación, se presenta la aproximación del modelo a la realidad existente

Figura 13: Modelo a la realidad existente

Análisis de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal

Determinación de grupos de movimiento

Figura 14: Esquema de grupos de movimiento

Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento y carril

Tabla 19: Flujo para cada grupo de movimiento y de carril

FASE	ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	VHMD	q15 MAX	FHMD	fHV	qADE	qGC	qGM
F1	Norte	1	FRENTE	25	14	0.45	1	56	449	2050
			DERECHA	322	89	0.9	0.91	393		
		2	FRENTE	142	54	0.66	0.73	295	295	
			FRENTE	177	48	0.92	0.67	287		
		3	DERECHA	17	8	0.53	0.89	36		
			4	FRENTE	710	191	0.93	0.93	821	
	IZQUIERDA	124		37	0.84	0.91	162			
	Sur	5	FRENTE	793	235	0.84	0.96	983	1062	1479
			IZQUIERDA	46	15	0.77	0.76	79		
		6	FRENTE	199	59	0.84	0.63	376	417	
DERECHA			25	9	0.69	0.89	41			
F2	Este	7	FRENTE	82	23	0.89	0.89	104	251	1191
			IZQUIERDA	138	36	0.96	0.98	147		
		8	FRENTE	510	127	1	0.89	573	573	
			FRENTE	163	45	0.91	0.6	299		
	9	DERECHA	59	16	0.92	0.95	68			
		Oeste	10	FRENTE	86	24	0.9	0.77	124	446
	DERECHA			259	78	0.83	0.97	322		
	11		FRENTE	344	96	0.9	0.99	386	386	
			FRENTE	167	54	0.77	0.65	334		436
	12		DERECHA	61	22	0.69	0.87	102		
			FRENTE	79	173	0.11	0.56	1282	1282	
	13		FRENTE	84	28	0.75	0.92	122		254
			IZQUIERDA	123	33	0.93	1	132		

Determinación de la tasa de flujo de saturación

$$S = S_o \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

Tabla 20: Flujo de saturación (parte 1)

FASE	ACCESO	CARRIL	So	fw	fHV	fg	fp	fb	fa
F1	NORTE	1	1900	0.96	0.95	1	1	0.83	1
		2	1900	0.96	0.99	1	1	0.7	1
		3	1900	1	0.96	1	1	0.94	1
		4	1900	1	0.99	1	1	0.89	1
	SUR	5	1900	1	0.96	1.025	1	0.6	1
		6	1900	1	0.96	1.025	1	1	1
F2	ESTE	7	1900	1	0.95	0.995	1	0.9	1
		8	1900	1	0.99	0.995	1	0.58	1
		9	1900	1	1	0.995	1	0.9	1
	OESTE	10	1900	1	0.99	0.99	1	1	1
		11	1900	1	1	0.99	1	0.62	1
		12	1900	1	0.68	0.99	1	0.92	1
		13	1900	1	0.96	0.99	1	1	1
		14	190	1	1	0.99	1	1	1

Tabla 21: Flujo de saturación (parte 2)

FASE	ACCESO	CARRIL	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpb	S
F1	NORTE	1	1	1	0.85	1	1	1222
		2	1	1	1	1	1	1264
		3	1	1	0.85	1	1	1457
		4	1	0.85	1	1	1	1422
	SUR	5	1	0.85	1	1	1	953
		6	1	1	0.85	1	1	1589
F2	ESTE	7	1	1	1	1	1	1616
		8	1	1	1	1	1	1085
		9	1	1	0.85	1	1	1446
	OESTE	10	1	1	0.85	1	1	1582
		11	1	1	1	1	1	1166
		12	1	1	0.85	1	1	1000
		13	1	1	1	1	1	1805
		14	1	0.85	1	1	1	159

Determinación de la capacidad y grado de saturación

$$c = N \cdot S \frac{g}{C} \quad X = \frac{v}{c}$$

Tabla 22: Capacidad y Grado de saturación

FASE	ACCESO	S	Verde efec	Ciclo semafor	capacidad	demandas	Grado de saturación del grupo
F1	NORTE	1222	93	177	642	449	0.70
		1264	93	177	664	295	0.44
		1457	93	177	765	323	0.42
		1422	93	177	747	983	1.32
	SUR	953	93	177	500	1062	2.12
		1589	93	177	834	417	0.50
F2	ESTE	1616	84	177	766	251	0.33
		1085	84	177	514	573	1.11
		1446	84	177	686	367	0.53
	OESTE	1582	84	177	750	446	0.59
		1166	84	177	553	386	0.70
		1000	84	177	474	436	0.92
		1805	84	177	856	1282	1.50
		159	84	177	75	254	3.39

Determinación de las demoras

Tabla 23: Demoras en segundos

FASE	ACCESO	Demora Uniforme	Demora incremental	Demora por cola inicial	Demora de control de grupo	Demora de acceso	Demora de Intersección
F1	NORTE	31.5	6.2	33.6	71.3	103.6	121
		26.0	2.1	17.0	45.1		
		25.6	1.7	12.3	39.6		
		42.0	32.9	81.9	156.9		
	SUR	42.0	40.2	151.2	233.4	181.0	
		27.0	2.1	18.3	47.4		
F2	ESTE	28.9	1.1	3.0	33.0	91.4	
		46.5	39.7	63.0	149.2		
		32.7	3.0	5.3	41.1		
	OESTE	34.0	3.5	2.3	39.8	114.9	
		36.5	7.1	5.6	49.3		
		43.4	25.5	28.8	97.7		
		46.5	30.8	25.2	102.5		
		46.5	103.9	288.0	438.4		

Validación de datos mediante el Synchro 8.0

Se procede a realizar el ingreso de datos en el programa SYNCHRO 8.0 como se muestra a continuación

Pestaña Lane Settings

Tabla 24: Pestaña Lane Settings

LANE SETTINGS
Lanes and Sharing (HRL)
Traffic Volume (vph)	123	760	320	138	755	59	46	992	25	124	1054	339
Street Name	Av. Naranjal			Av. Naranjal			Av. Universitaria			Av. Universitaria		
Link Distance (m)	—	123.2	—	—	119.6	—	—	167.9	—	—	153.5	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	7.4	—	—	7.2	—	—	10.1	—	—	9.2	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	2	—	—	1	—	—	-5	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.81	0.81	0.81	0.91	0.91	0.91	0.95	0.95	0.95	0.86	0.86	0.86
Right Turn Factor	—	0.960	—	—	0.991	—	—	0.996	—	—	0.967	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.995	—	—	0.993	—	—	0.998	—	—	0.996	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	7134	—	—	4979	—	—	3606	—	—	6172	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.784	—	—	0.682	—	—	0.795	—	—	0.734	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	5621	—	—	3420	—	—	2872	—	—	4548	—
Right Turn on Red?	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☒
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

Pestaña Volume Settings

Tabla 25: Volume Settings

VOLUME SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	123	760	320	138	755	59	46	992	25	124	1054	339
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	110	0	—	115	0	—	95	0	—	100
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.93	0.77	0.80	0.96	0.97	0.92	0.77	0.84	0.69	0.84	0.90	0.88
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	0	29	0	0	8	2	3	3	8	5	3	2
Bus Blockages (#/hr)	0	100	15	2	100	1	14	100	0	2	100	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	132	987	400	144	778	64	60	1181	36	148	1171	385
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	1519	0	0	986	0	0	1277	0	0	1704	0

Pestaña Timing Settings

Tabla 26: Timing Settings

TIMING SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	123	760	320	138	755	59	46	992	25	124	1054	339	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			2			6			—	—
Permitted Phases	4	—	—	8	—	—	2	—	—	6	—	—	—	—
Detector Phases	4	4	—	8	8	—	2	2	—	6	6	—	—	—
Switch Phase	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	—	—
Leading Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Minimum Split (s)	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	—	—
Total Split (s)	81.0	81.0	—	81.0	81.0	—	90.0	90.0	—	90.0	90.0	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	78.0	—	—	78.0	—	—	87.0	—	—	87.0	—	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.46	—	—	0.46	—	—	0.51	—	—	0.51	—	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.36d	—	—	3.06d	—	—	1.42	—	—	2.90d	—	—	—
Control Delay (s)	—	47.0	—	—	48.7	—	—	228.4	—	—	49.6	—	—	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Total Delay (s)	—	47.0	—	—	48.7	—	—	228.4	—	—	49.6	—	—	—
Level of Service	—	D	—	—	D	—	—	F	—	—	D	—	—	—
Approach Delay (s)	—	47.0	—	—	48.7	—	—	228.4	—	—	49.6	—	—	—
Approach LOS	—	D	—	—	D	—	—	F	—	—	D	—	—	—
Queue Length 50th (m)	—	118.4	—	—	112.9	—	—	~323.2	—	—	163.4	—	—	—
Queue Length 95th (m)	—	103.5	—	—	135.8	—	—	#331.8	—	—	184.6	—	—	—
Stops (vph)	—	1049	—	—	826	—	—	780	—	—	1350	—	—	—

Pestaña Phasing Settings

Tabla 27: Phasing Settings

PHASING SETTINGS	2-NBTL	4-EBTL	6-SBTL	8-WBTL
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maximum Split (s)	90.0	81.0	90.0	81.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—
Vehicle Extension (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Minimum Gap (s)	3.0	3.0	3.0	3.0
Time Before Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Time To Reduce (s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Recall Mode	Max	Max	Max	Max
Pedestrian Phase	☐	☐	☐	☐
Walk Time (s)	—	—	—	—
Flash Dont Walk (s)	—	—	—	—
Pedestrian Calls (#/hr)	—	—	—	—
Dual Entry?	☐	☐	☐	☐
Fixed Force Off?	☐	☐	☐	☐
90th %ile Green Time (s)	87 cd	78 mr	87 cd	78 mr
70th %ile Green Time (s)	87 cd	78 mr	87 cd	78 mr
50th %ile Green Time (s)	87 cd	78 mr	87 cd	78 mr
30th %ile Green Time (s)	87 cd	78 mr	87 cd	78 mr
10th %ile Green Time (s)	87 cd	78 mr	87 cd	78 mr

Pestaña Simulation Settings

Tabla 28: Simulation Settings

SIMULATION SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)
Traffic Volume (vph)	123	760	320	138	755	59	46	992	25	124	1054	339
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taper Length (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Link Offset (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Crosswalk Width (m)	—	1.5	—	—	1.5	—	—	1.5	—	—	1.5	—
TW/LTL Median	—		—	—		—	—		—	—		—
Headway Factor	1.01	1.13	1.01	1.01	1.21	1.01	0.97	1.29	0.97	1.00	1.14	1.00
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15
Mandatory Distance (m)	—	228.0	—	—	228.0	—	—	228.0	—	—	228.0	—
Positioning Distance (m)	—	500.1	—	—	500.1	—	—	500.1	—	—	500.1	—
Mandatory Distance 2 (m)	—	333.4	—	—	333.4	—	—	333.4	—	—	333.4	—
Positioning Distance 2 (m)	—	666.8	—	—	666.8	—	—	666.8	—	—	666.8	—

Pestaña HCM 2010

Tabla 29: HCM 2010 (Parte 1)

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	171.0
Lock Timings:	☐
HCM Equilibrium Cycle(s):	171.0
HCM Control Delay(s):	173.9
HCM Intersection LOS:	F
Analysis Time Period (h):	0.25
Saturation Flow Rate (pc/h/ln):	1900
Sneakers Per Cycle (veh):	2.0
Number of Calc.Iterations:	70
Stored Passenger Car Length (m):	8.0
Stored Heavy Vehicle Length (m):	14.4
Probability Peds. Pushing Button:	0.51
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00
Queue Length Percentile	50
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5
Stop Threshold Speed (mph):	5.0
Critical Merge Gap (s):	3.7

Tabla 30: HCM 2010 (Parte 2)

HCM 2010 SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	123	760	320	138	755	59	46	992	25	124	1054	339	—	—
Lagging Phase?	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			2			6			—	—
Permitted Phases	4			8			2			6			—	—
Passage Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
Minimum Green (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Maximum Split (s)	81.0	81.0	—	81.0	81.0	—	90.0	90.0	—	90.0	90.0	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	—
Maximum Green (s)	78.0	78.0	—	78.0	78.0	—	87.0	87.0	—	87.0	87.0	—	—	—
Walk Time (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Flash Dont Walk (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Walk+ ped. clear (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Dual Entry?	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	—	—
Right Turn on Red Volume (vph)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	—
Percent Heavy Vehicles (%)	0	29	0	0	8	2	3	3	8	5	3	2	—	—
Lane Utilization Adj. Factor	—	0.81	—	—	0.91	—	—	0.95	—	—	0.86	—		—
Peak Hour Factor	0.93	0.77	0.80	0.96	0.97	0.92	0.77	0.84	0.69	0.84	0.90	0.88	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—
Startup Lost Time (s)	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—	—	—
Extension of Effect. Green Time (s)	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—	—	2.0	—	—	—
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Pedestrian volume (p/h)	—	—	110	—	—	115	—	—	95	—	—	100	—	—
Bicycle volume (bicycles/h)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—
Initial Queue (veh)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	—

Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	—	—
Receiving Lanes	2	5	4	4	3	2	3	2	5	5	4	3	—	—
Turn Bay or Segment Length (m)	107.0	107.0	107.0	110.6	110.6	110.6	148.2	148.2	148.2	140.9	140.9	140.9	—	—
Parking present?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	—	—
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bus Stopping Rate, (#/hr)	0	100	15	2	100	1	14	100	0	2	100	0	—	—
Stop Line Detector Length (m)	—	6	—	—	6	—	—	6	—	—	6	—	—	—
Adjusted Flow Rate (veh/h)	132	987	400	144	778	64	60	1181	36	148	1171	385	—	—
HCM 2010 Capacity (veh/h)	42	1596	487	42	1332	109	42	842	26	42	1648	541	—	—
HCM Volume/Capacity	3.141	0.618	0.821	3.414	0.583	0.586	1.419	0.000	1.403	3.506	0.710	0.712	—	—
HCM Movement Delay (s/veh)	1108.1	34.6	53.5	1229.2	37.8	38.0	369.9	0.0	230.1	1270.1	32.9	38.3	—	—
HCM Movement LOS	F	C	D	F	D	D	F		F	F	C	D	—	—
HCM Approach Delay (s/veh)	—	133.0	—	—	211.6	—	—	236.6	—	—	141.7	—	—	—
HCM Approach LOS	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	F	—	—	—

Entorno Visual SYNCHRO 8.0

A continuación, se presenta la aproximación del modelo a la realidad existente

Figura 15: Modelo a la realidad existente

Capítulo 4. PROPUESTA DE MEJORA Y EVALUACIÓN DE NUEVAS DEMORAS DE LAS INTERSECCIONES DE ESTUDIO

Rediseño de la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos

Básicamente se propone dos tipos de modificaciones en la intersección que se presentan a continuación

Carriles exclusivos

En el acceso Norte, se propone la creación de un carril exclusivo para el giro a la izquierda.

En el acceso Sur, se propone la creación de un carril exclusivo para el giro a la izquierda y también la reutilización de un carril compartido existente para que sea solo de uso exclusivo para el giro a la izquierda.

Figura 16: Modelo Propuesto

En el acceso Este, se propone el uso de un carril existente para el giro exclusivo a la izquierda, debido a que la Av. Los Alisos continúa solo con 2 carriles al cruzar la Av. Universitaria.

En el acceso Oeste, se propone crear un carril exclusivo de giro a la izquierda

Fases de giro protegido

A continuación, se presenta la modificación del ciclo semafórico mediante la inclusión de 2 giros protegidos, los cuales corresponden a los accesos Norte y Sur. Estas nuevas fases corresponden a los carriles exclusivos de giro a la izquierda de ambos accesos.

Tabla 31: HCM 2010

	Auto Mode			Pedestrian Mode			Bicycle Mode							
HCM 2010 SETTINGS
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	131	403	32	122	381	2	496	1761	95	113	935	20	—	—
Lagging Phase?	☒	☒	—	☒	☒	—	☐	☒	—	☐	☒	—	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Prot	—	—	Prot	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			5			2			1 6	
Permitted Phases	4			8			—			—			—	
Passage Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	
Minimum Green (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	
Maximum Split (s)	50.0	50.0	—	50.0	50.0	—	38.0	60.0	—	38.0	60.0	—	—	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	2.0	3.0	—	2.0	3.0	—	—	
All-Red Time (s)	0.5	0.5	—	0.5	0.5	—	0.0	0.5	—	0.0	0.5	—	—	
Maximum Green (s)	46.5	46.5	—	46.5	46.5	—	36.0	56.5	—	36.0	56.5	—	—	
Walk Time (s)	30.0	30.0	—	30.0	30.0	—	—	30.0	—	—	30.0	—	—	
Flash Dont Walk (s)	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—	5.0	—	—	5.0	—	—	
Walk+ ped. clear (s)	35.0	35.0	—	35.0	35.0	—	—	35.0	—		35.0	—	—	
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	
Dual Entry?	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	—	
Right Turn on Red Volume (vph)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	
Percent Heavy Vehicles (%)	3	2	10	0	1	0	2	2	3	0	3	10	—	
Lane Utilization Adj. Factor	—	0.95	—	—	0.95	—	0.97	0.91	—	—	0.95	—	—	
Peak Hour Factor	0.57	0.77	0.47	0.85	0.77	0.25	0.89	0.90	0.82	0.88	0.92	0.71	—	
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	
Startup Lost Time (s)	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	—	
Extension of Effect Green Time (s)	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	2.0	0.0	—	—	
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	
Pedestrian volume (p/h)	—	—	180	—	—	110	—	—	104	—	—	114	—	
Bicycle volume (bicycles/h)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	
Initial Queue (veh)	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—	—	
Speed limit (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	

Nivel de Servicio de la intersección mejorada:

Tabla 32: Pestaña HCM2010 (Intersection)

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	148.0
Lock Timings:	☐
HCM Equilibrium Cycle(s):	148.0
HCM Control Delay(s):	65.2
HCM Intersection LOS:	E
Analysis Time Period (h):	0.25
Saturation Flow Rate (pc/h/ln):	1900
Sneakers Per Cycle (veh):	2.0
Number of Calc.Iterations:	70
Stored Passenger Car Length (m):	8.0
Stored Heavy Vehicle Length (m):	14.4
Probability Peds. Pushing Button:	0.51
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00
Queue Length Percentile	50
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5
Stop Threshold Speed (mph):	5.0
Critical Merge Gap (s):	3.7

Figura 17: HCM2010 (Intersection)

Rediseño intersección de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal

Básicamente se propone dos tipos de modificaciones en la intersección que se presentan a continuación

Carriles exclusivos

En el acceso Norte, se propone la creación de un carril exclusivo para el giro a la izquierda.

En el acceso Sur, se propone la creación de un carril exclusivo para el giro a la izquierda.

Figura 18: Propuesta de carriles exclusivos

Nivel de Servicio de la intersección mejorada:

Tabla 33: HCM 2010 (Intersección mejorada Parte 1)

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	177.0
Lock Timings:	☐
HCM Equilibrium Cycle(s):	177.0
HCM Control Delay(s):	67.8
HCM Intersection LOS:	E
Analysis Time Period (h):	0.25
Saturation Flow Rate (pc/h/ln):	1900
Sneakers Per Cycle (veh):	2.0
Number of Calc.Iterations:	70
Stored Passenger Car Length (m):	8.0
Stored Heavy Vehicle Length (m):	14.4
Probability Peds. Pushing Button:	0.51
Deceleration Rate (ft/s/s):	4.00
Acceleration Rate (ft/s/s):	3.50
Distance Between Stored Cars (ft):	8.00
Queue Length Percentile	50
Left-Turn Equivalency Factor:	1.05
Right-Turn Equivalency Factor:	1.18
Heavy Veh Equivalency Factor:	2.00
Critical Gap for Perm. Left Turn (s):	4.5
Follow-up Time for Perm. L Turn (s)	2.5
Stop Threshold Speed (mph):	5.0
Critical Merge Gap (s):	3.7

Tabla 34: HCM 2010 (Intersección mejorada Parte 2)

HCM 2010 SETTINGS
Lanes and Sharing (#RL)													—	—
Traffic Volume (vph)	123	760	320	46	755	59	46	992	25	124	1054	339	—	—
Lagging Phase?	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	☒	☒	—	—	—
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	—	—
Protected Phases	4			8			2			6			—	—
Permitted Phases	4			8			2			6			—	—
Passage Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
Minimum Green (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	—	—
Maximum Split (s)	84.0	84.0	—	84.0	84.0	—	93.0	93.0	—	93.0	93.0	—	—	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	—
Maximum Green (s)	81.0	81.0	—	81.0	81.0	—	90.0	90.0	—	90.0	90.0	—	—	—
Walk Time (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Flash Dont Walk (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Walk+ ped. clear (s)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	—
Dual Entry?	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	☐	☐	—	—	—
Right Turn on Red Volume (vph)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	—
Percent Heavy Vehicles (%)	0	29	0	0	8	2	3	3	8	5	3	2	—	—
Lane Utilization Adj. Factor	—	0.81	—	—	0.91	—	—	0.95	—	—	0.86	—	—	—
Peak Hour Factor	0.93	0.77	0.80	0.96	0.97	0.92	0.77	0.84	0.69	0.84	0.90	0.88	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	—	—
Startup Lost Time (s)	—	2.0	—	—	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—	—
Extension of Effect Green Time (s)	—	2.0	—	—	2.0	—	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—	—
HCM Platoon Ratio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
HCM Upstream Filtering Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—
Pedestrian volume (p/h)	—	—	110	—	—	115	—	—	95	—	—	100	—	—
Bicycle volume (bicycles/h)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—
Initial Queue (veh)	—	0	—	—	0	—	0	0	—	0	0	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	60	—	—	—

Capítulo 5. RESULTADOS

Verificación de los resultados

A continuación, se presenta el consolidado de los resultados obtenidos de la condición actual y de las propuestas de mejora planteadas para cada intersección estudiada.

Intersección de Av. Universitaria con Av. Los Alisos

El resultado de la Intersección existente y el resultado de su modelamiento se presentan en la siguiente tabla

REALIDAD EXISTENTE				PROPUESTA	
Cálculo Manual		Validación con SYNCHRO		Propuesta de mejora	
Demora de la Intersección	Nivel de Servicio	Demora de la Intersección	Nivel de Servicio	Demora de la Intersección	Nivel de Servicio
196 s	F	221 s	F	65 s	E

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los niveles de servicio de la intersección calculados manualmente y con el programa son los mismos. La intersección se ha modelado con el programa SYNCHRO 8.0 con las modificaciones propuestas y el nivel de servicio mejoró a un nivel E con una demora total de la intersección de 65 segundos.

Intersección de Av. Universitaria con Av. Naranjal

El resultado de la Intersección existente y el resultado de su modelamiento se presentan en la siguiente tabla

REALIDAD EXISTENTE				PROPUESTA	
Cálculo Manual		Validación con SYNCHRO		Propuesta de mejora	
Demora de la Intersección	Nivel de Servicio	Demora de la Intersección	Nivel de Servicio	Demora de la Intersección	Nivel de Servicio
121 s	F	174 s	F	68 s	E

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los niveles de servicio de la intersección calculados manualmente y con el programa son los mismos. La intersección se ha

modelado con el programa SYNCHRO 8.0 con las modificaciones propuestas y el nivel de servicio mejoró a un nivel E con una demora total de la intersección de 68 segundos.

Discusión

Los valores de demoras obtenidos con el programa SYNCHRO 8.0 son ligeramente superiores debido a las consideraciones que posee el programa, las cuales en su mayoría no se adaptan correctamente a la realidad peruana.

Se consideró la reubicación de los paraderos de buses a una distancia mayor de 75 m de la intersección con el propósito de eliminar el factor de castigo para el número de maniobras.

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo y comparar los resultados considerando primero la realidad actual y luego la propuesta de mejora se ha obtenido las siguientes conclusiones.

- Los cálculos de campo no se adecuan exactamente al programa SYNCHRO 8.0 debido a la falta de educación vial y a la conducción temeraria practicada en su mayoría en las calles limeñas.
- Se consiguieron los objetivos específicos de la investigación.
- La hipótesis planteada es aceptada debido a la reducción de demoras en las intersecciones analizadas.
- La confirmación de la tesis se valida mediante la comparación de resultados de cada intersección.

RECOMENDACIONES

Luego de culminar el presente trabajo se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda explorar otros programas de cálculo para verificar si posee las mismas limitaciones o no.
- Se sugiere realizar la evaluación económica y operativa necesaria para llevar a cabo las modificaciones de canalización propuestas en el presente trabajo.
- Se sugiere considerar mediciones estadísticas de campo con el propósito de complementar el estudio de la realidad peruana.

BIBLIOGRAFIA

- H. Rakha, B. Hellings, M. Van Aerde y W. Perez. (2010) Systematic Verification, Validation and Calibration of Traffic Simulation Models. Department of Civil Engineering, Queen's University, Kingston
- Miramontes García, E., Vidaña Bencomo, J. O., & Rodríguez Esparza, A. (2015). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. *Cultura Científica y Tecnológica*, 51-60
- Castañeda, M (2015). Ingeniería de tránsito y transporte teoría o solución al problema de movilidad actual. Nueva Granada: Universidad Militar Nueva Granada.
- Fernandez, R (2009). Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular. Santiago de Chile: Universidad los Andes.
- Garzón, Beatriz; Soldati, Elisa; Paterlini, Leonardo y otros (2016) Puntos de ruido en San Miguel de Tucumán, investigación, evaluación y recomendaciones. *I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable (La Plata, 2016)* p. 567-578
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados (2005) Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte, 2ª ed., Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Molina, John; King, Lenin (2015) Determinación de las características de tránsito enmarcadas en el tráfico promedio diario anual
- Cabrera F. (2007) Diapositivas del Curso de Ingeniería de Tráfico, Semestre 2007-2, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bravo, Yadira; Atencia, Neymar; Ramírez (2014) Control de Tráfico Vehicular usando un Sistema Neuro-difuso tipo ANFIS. *Revista Politécnica Vol 33, No 1*
- Sharma A., Bullock D.M. y Bonneson J.A. (2007) Input-Output and Hybrid Techniques for Real-Time Prediction of Delay and Maximum Queue Length at Signalized Intersections, Nebraska, Civil Engineering Faculty Publications, University of Nebraska-Lincoln. <http://digitalcommons.unl.edu/civilengfacpub/17>.

- TRB (2010) Highway Capacity Manual 2010, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- Tung L., Kebab W., Abdel-Rahim A. y Dixon M.P. (2007) Comparison of Automated and HCM Delay Measurement Techniques, Presentation for the ITE district 6 Annual Meeting, Portland, Jul. 2007.
- Gamón, Roberto; Moyano, Christian (2017) Estimación de la contaminación del aire generada por efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. 10 de Agosto de la ciudad de Cuenca - Ecuador, usando la herramienta de micro simulación de tránsito Aimsun 8.1. *Universidad del Azuay*
- Yand M. (2007) Macro versus Micro Simulation Modeling Tools. DKS Associates. http://www.dksassociates.com/admin/paperfile/9A_Yand_Paper.pdf
- García, Andrés; Parrado, Albert (2017) Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá. *Universidad Católica de Colombia*.

ANEXOS

ANEXO I: AFORO DE AV. UNIVERSITARIA CON AV. LOS ALISOS

SENTIDO NORTE - SUR																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.																
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.																
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.					7											
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.	135		12		11				21	1			6			
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	243	5	32		5				27		1		12	2		
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	199	4	31		5		1		26				4			
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	202	4	26		11				33				7	2		
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	187	2	27		2				30	1			6			
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	185	7	27		6				26		1		6			
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	138	3	24		7				29				3			
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	178	2	34		4				33				6			
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	141	1	23		3				21				3	1		
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.																
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.																
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.																
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.																
	TOTAL		1608	28	236	0	61	0	1	0	246	2	2	0	53	5	0	0

SENTIDO SUR - NORTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.																
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.																
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.																
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.																
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	204	33	76	11	16	0	24	1	58	2	1	0	5	0	7	0
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	336	25	121	10	15	0	14	0	49	3	2	0	13	0	2	2
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	358	14	105	3	34	0	15	5	35	2	0	0	6	1	0	0
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	346	17	79	2	26	1	24	0	45	3	0	0	9	0	4	2
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	420	23	89	13	17	0	34	0	47	5	5	0	5	1	2	0
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	306	33	100	7	16	0	15	0	53	2	4	0	11	0	0	0
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	293	30	45	0	6	0	16	0	64	3	0	0	8	0	0	0
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	243	26	54	2	23	0	10	0	73	4	7	0	25	0	0	0
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.																
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.																
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.																
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.																
	TOTAL		2506	201	669	48	153	1	152	6	424	24	19	0	82	2	15	4

SENTIDO ESTE - OESTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.																
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.																
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.	14								3							
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.	87		37		3				3		6		2			
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	92		27		1		2		1		4					
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	78		30				2		4		4					
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	76		21		2				3		5					
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	117		28	1	3				3		1		1			
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	92	2	25	1					2		6					
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	107		24	2					7		5					
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	87		19	1	1				2		4		1			
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	85		20	1					7		3					
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.																
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.																
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.																
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.																
	TOTAL		835	2	231	6	10	0	4	0	35	0	38	0	4	0	0	0

SENTIDO OESTE - ESTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.																
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.	29	21	20		1	4									1	
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.	72	14					3		11						3	
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.	52	24	14	1	1	1	3		19	4			1	1		
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	57	25	18	2	2	2	22		17	9	5	1	4	2	3	1
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	64	12	37	1	5	1	4		6	4	13	1	5		3	
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	69	9	5		1		1		8	1	1		1	1		
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	102		28	5	11		8		18	1	6			2		
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	86		20		12	1	5		15							
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	136		30						14		20				3	
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	67		14		3					4			3			
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	93	25	6		7				10	4			3			
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.																
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.																
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.																
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.																
	TOTAL		827	130	192	9	43	9	46	0	118	27	45	2	17	9	10	1

ANEXO II: AFORO DE AV. UNIVERSITARIA CON AV. NARANJAL

SENTIDO NORTE - SUR																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.																
0:15:00	5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.																
0:15:00	5:30:00 p. m.	5:45:00 p. m.																
0:15:00	5:45:00 p. m.	6:00:00 p. m.																
0:15:00	6:00:00 p. m.	6:15:00 p. m.	156	17	30	0	11	8	1	0	15	6	0	0	3	0	1	0
0:15:00	6:15:00 p. m.	6:30:00 p. m.	224	21	26	0	23	8	0	0	24	14	0	0	2	0	0	0
0:15:00	6:30:00 p. m.	6:45:00 p. m.	189	35	17	0	8	13	0	0	24	9	0	0	2	0	0	0
0:15:00	6:45:00 p. m.	7:00:00 p. m.	244	59	31	0	4	10	0	0	25	17	0	0	3	2	0	0
0:15:00	7:00:00 p. m.	7:15:00 p. m.	267	69	28	0	7	0	1	0	18	11	1	0	9	5	0	0
0:15:00	7:15:00 p. m.	7:30:00 p. m.	225	74	34	0	5	0	0	0	27	12	1	0	5	8	2	0
0:15:00	7:30:00 p. m.	7:45:00 p. m.	181	65	23	0	8	1	0	0	23	4	0	0	3	2	3	0
0:15:00	7:45:00 p. m.	8:00:00 p. m.	196	46	39	0	7	4	1	0	19	3	0	0	8	2	0	0
0:15:00	8:00:00 p. m.	8:15:00 p. m.	155	53	24	0	6	2	0	0	20	3	1	0	4	5	1	0
0:15:00	8:15:00 p. m.	8:30:00 p. m.	182	37	22	0	6	1	0	0	18	4	2	0	4	2	0	0
0:15:00	8:30:00 p. m.	8:45:00 p. m.																
0:15:00	8:45:00 p. m.	9:00:00 p. m.																
	TOTAL		2019	476	274	0	85	47	3	0	213	83	5	0	43	26	7	0

SENTIDO ESTE - OESTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 p. m.	5:15:00 p. m.	130															
0:15:00	5:15:00 p. m.	5:30:00 p. m.	141															
0:15:00	5:30:00 p. m.	5:45:00 p. m.	125															
0:15:00	5:45:00 p. m.	6:00:00 p. m.	132															
0:15:00	6:00:00 p. m.	6:15:00 p. m.	198	6	39	0	4	1			26	2	7		8		5	
0:15:00	6:15:00 p. m.	6:30:00 p. m.	75	3	29	0	4	2			17		2		5			
0:15:00	6:30:00 p. m.	6:45:00 p. m.	128	4	31	0	6				32	2			19	1		
0:15:00	6:45:00 p. m.	7:00:00 p. m.	143	14	35	0	1				28	1	1		3	1		
0:15:00	7:00:00 p. m.	7:15:00 p. m.	128	9	30	0	3				33	1	1		9			
0:15:00	7:15:00 p. m.	7:30:00 p. m.	143	13	36	0					32				4			
0:15:00	7:30:00 p. m.	7:45:00 p. m.	128	15	32	0					30				3			
0:15:00	7:45:00 p. m.	8:00:00 p. m.	195	20	38	0	1				36		1		10	1		
0:15:00	8:00:00 p. m.	8:15:00 p. m.	141	8	34	0					34				10			
0:15:00	8:15:00 p. m.	8:30:00 p. m.	166	10	37						37				8	1		
0:15:00	8:30:00 p. m.	8:45:00 p. m.	117															
0:15:00	8:45:00 p. m.	9:00:00 p. m.	126															
	TOTAL		2216	102	341	0	19	3	0	0	305	6	12	0	79	4	5	0

SENTIDO SUR - NORTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.																
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.																
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.																
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.																
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	209	5	9		4				15		2					
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	251	5	8		4				28		5		1			
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	170	7	2		8				22		2					
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	268	7	9		5				19		2		2			
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	187	7	6		2				32		2		4	1		
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	224	3	10		2				29		5		2	1		
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	219	9	4		7				30		2		1			
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	223	4	12		3				26		5		1			
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	228	10	22		5				40		2		5	1		
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.	200	12	22		11				16		1					
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.																
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.																
	TOTAL		2179	69	104	0	51	0	0	0	257	0	28	0	16	3	0	

SENTIDO OESTE - ESTE																		
Intervalo	Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión			
			11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
0:15:00	5:00:00 a. m.	5:15:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	5:15:00 a. m.	5:30:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	5:30:00 a. m.	5:45:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	5:45:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	6:00:00 a. m.	6:15:00 a. m.	177	24	29	0	3	2	0	0	17	8	0	0	11	0	1	0
0:15:00	6:15:00 a. m.	6:30:00 a. m.	266	57	39	0	8	0	0	0	29	6	0	0	9	0	0	0
0:15:00	6:30:00 a. m.	6:45:00 a. m.	227	73	33	0	8	5	0	0	37	5	0	0	11	0	0	0
0:15:00	6:45:00 a. m.	7:00:00 a. m.	246	53	33	0	7	0	0	0	36	1	0	0	14	0	0	0
0:15:00	7:00:00 a. m.	7:15:00 a. m.	320	75	30	0	9	0	0	0	37	6	0	0	9	0	0	0
0:15:00	7:15:00 a. m.	7:30:00 a. m.	242	82	31	0	4	0	0	0	28	3	0	0	4	0	0	0
0:15:00	7:30:00 a. m.	7:45:00 a. m.	269	95	29	0	4	0	0	0	26	5	0	0	5	0	0	0
0:15:00	7:45:00 a. m.	8:00:00 a. m.	250	62	29	0	4	1	0	0	30	1	0	0	5	0	0	0
0:15:00	8:00:00 a. m.	8:15:00 a. m.	221	53	30	0	3	0	0	0	22	9	0	0	2	2	0	0
0:15:00	8:15:00 a. m.	8:30:00 a. m.	221	31	32	0	2	0	0	0	30	2	0	0	4	0	0	0
0:15:00	8:30:00 a. m.	8:45:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:15:00	8:45:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL		2439	605	315	0	52	8	0	0	292	46	0	0	74	2	1	

ANEXO III: HORA DE MAXIMA DEMANDA DE AV. UNIVERSITARIA CON AV. LOS ALISOS

SENTIDO NORTE - SUR																			
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión					
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14		
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	135	0	12	0	18	0	0	0	21	1	0	0	6	0	0	0	193	
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	378	5	44	0	23	0	0	0	48	1	1	0	18	2	0	0	520	
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	577	9	75	0	28	0	1	0	74	1	1	0	22	2	0	0	790	
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	779	13	101	0	32	0	1	0	107	1	1	0	29	4	0	0	1068	
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	831	15	116	0	23	0	1	0	116	1	1	0	29	4	0	0	1137	
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	773	17	111	0	24	0	1	0	115	1	1	0	23	2	0	0	1068	
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	712	16	104	0	26	0	0	0	118	1	1	0	22	2	0	0	1002	
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	688	14	112	0	19	0	0	0	118	1	1	0	21	0	0	0	974	
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	642	13	108	0	20	0	0	0	109	0	1	0	18	1	0	0	912	
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	457	6	81	0	14	0	0	0	83	0	0	0	12	1	0	0	654	
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	319	3	57	0	7	0	0	0	54	0	0	0	9	1	0	0	450	
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	141	1	23	0	3	0	0	0	21	0	0	0	3	1	0	0	193	
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

SENTIDO SUR - NORTE																			
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión				TOTAL	
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14		
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	204	33	76	11	16	0	24	1	58	2	1	0	5	0	7	0	438	
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	540	58	197	21	31	0	38	1	107	5	3	0	18	0	9	2	1030	
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	898	72	302	24	65	0	53	6	142	7	3	0	24	1	9	2	1608	
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	1244	89	381	26	91	1	77	6	187	10	3	0	33	1	13	4	2166	
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	1460	79	394	28	92	1	87	5	176	13	7	0	33	2	8	4	2389	
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	1430	87	373	25	93	1	88	5	180	12	9	0	31	2	6	2	2344	
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	1365	103	313	22	65	1	89	0	209	13	9	0	33	1	6	2	2231	
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1262	112	288	22	62	0	75	0	237	14	16	0	49	1	2	0	2140	
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	842	89	199	9	45	0	41	0	190	9	11	0	44	0	0	0	1479	
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	536	56	99	2	29	0	26	0	137	7	7	0	33	0	0	0	932	
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	243	26	54	2	23	0	10	0	73	4	7	0	25	0	0	0	467	
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

SENTIDO ESTE - OESTE																			TOTAL
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión					
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14		
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	101	0	37	0	3	0	0	0	6	0	6	0	2	0	0	0	155	
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	193	0	64	0	4	0	2	0	7	0	10	0	2	0	0	0	282	
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	271	0	94	0	4	0	4	0	11	0	14	0	2	0	0	0	400	
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	333	0	115	0	6	0	4	0	11	0	19	0	2	0	0	0	490	
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	363	0	106	1	6	0	4	0	11	0	14	0	1	0	0	0	506	
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	363	2	104	2	5	0	2	0	12	0	16	0	1	0	0	0	507	
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	392	2	98	4	5	0	0	0	15	0	17	0	1	0	0	0	534	
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	403	2	96	5	4	0	0	0	14	0	16	0	2	0	0	0	542	
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	371	2	88	5	1	0	0	0	18	0	18	0	1	0	0	0	504	
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	279	0	63	4	1	0	0	0	16	0	12	0	1	0	0	0	376	
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	172	0	39	2	1	0	0	0	9	0	7	0	1	0	0	0	231	
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	85	0	20	1	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0	0	0	116	
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

SENTIDO OESTE - ESTE																			TOTAL
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión					
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14		
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	153	59	34	1	2	5	6	0	30	4	0	0	1	4	1	0	300	
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	210	84	52	3	4	7	28	0	47	13	5	1	5	6	4	1	470	
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	245	75	69	4	8	4	32	0	53	17	18	2	10	6	6	1	550	
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	242	70	74	4	9	4	30	0	50	18	19	2	11	4	6	1	544	
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	292	46	88	8	19	3	35	0	49	15	25	2	10	5	6	1	604	
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	321	21	90	6	29	2	18	0	47	6	20	1	6	3	3	0	573	
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	393	9	83	5	24	1	14	0	55	2	27	0	1	3	3	0	620	
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	391	0	92	5	26	1	13	0	47	5	26	0	3	2	3	0	614	
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	382	25	70	0	22	1	5	0	39	8	20	0	6	0	3	0	581	
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	296	25	50	0	10	0	0	0	24	8	20	0	6	0	3	0	442	
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	160	25	20	0	10	0	0	0	10	8	0	0	6	0	0	0	239	
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	93	25	6	0	7	0	0	0	10	4	0	0	3	0	0	0	148	
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ANEXO IV: HORA DE MAXIMA DEMANDA DE AV. UNIVERSITARIA CON AV. NARANJAL

Horario		SENTIDO NORTE - SUR																TOTAL
		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión				
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	
5:00:00 p. m.	6:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:15:00 p. m.	6:15:00 p. m.	156	17	30	0	11	8	1	0	15	6	0	0	3	0	1	0	248
5:30:00 p. m.	6:30:00 p. m.	380	38	56	0	34	16	1	0	39	20	0	0	5	0	1	0	590
5:45:00 p. m.	6:45:00 p. m.	569	73	73	0	42	29	1	0	63	29	0	0	7	0	1	0	887
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	813	132	104	0	46	39	1	0	88	46	0	0	10	2	1	0	1282
6:15:00 p. m.	7:15:00 p. m.	924	184	102	0	42	31	1	0	91	51	1	0	16	7	0	0	1450
6:30:00 p. m.	7:30:00 p. m.	925	237	110	0	24	23	1	0	94	49	2	0	19	15	2	0	1501
6:45:00 p. m.	7:45:00 p. m.	917	267	116	0	24	11	1	0	93	44	2	0	20	17	5	0	1517
7:00:00 p. m.	8:00:00 p. m.	869	254	124	0	27	5	2	0	87	30	2	0	25	17	5	0	1447
7:15:00 p. m.	8:15:00 p. m.	757	238	120	0	26	7	1	0	89	22	2	0	20	17	6	0	1305
7:30:00 p. m.	8:30:00 p. m.	714	201	108	0	27	8	1	0	80	14	3	0	19	11	4	0	1190
7:45:00 p. m.	8:45:00 p. m.	533	136	85	0	19	7	1	0	57	10	3	0	16	9	1	0	877
8:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	337	90	46	0	12	3	0	0	38	7	3	0	8	7	1	0	552

SENTIDO ESTE - OESTE																			TOTAL
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión					
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14		
5:00:00 p. m.	6:00:00 p. m.	726	6	39	0	4	1	0	0	26	2	7	0	8	0	5	0	824	
5:15:00 p. m.	6:15:00 p. m.	671	9	68	0	8	3	0	0	43	2	9	0	13	0	5	0	831	
5:30:00 p. m.	6:30:00 p. m.	658	13	99	0	14	3	0	0	75	4	9	0	32	1	5	0	913	
5:45:00 p. m.	6:45:00 p. m.	544	27	134	0	15	3	0	0	103	5	10	0	35	2	5	0	883	
6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	474	30	125	0	14	2	0	0	110	4	4	0	36	2	0	0	801	
6:15:00 p. m.	7:15:00 p. m.	542	40	132	0	10	0	0	0	125	4	2	0	35	2	0	0	892	
6:30:00 p. m.	7:30:00 p. m.	542	51	133	0	4	0	0	0	123	2	2	0	19	1	0	0	877	
6:45:00 p. m.	7:45:00 p. m.	594	57	136	0	4	0	0	0	131	1	2	0	26	1	0	0	952	
7:00:00 p. m.	8:00:00 p. m.	466	48	106	0	1	0	0	0	98	0	1	0	17	1	0	0	738	
7:15:00 p. m.	8:15:00 p. m.	464	43	104	0	1	0	0	0	100	0	1	0	23	1	0	0	737	
7:30:00 p. m.	8:30:00 p. m.	502	38	109	0	1	0	0	0	107	0	1	0	28	2	0	0	788	
7:45:00 p. m.	8:45:00 p. m.	619	38	109	0	1	0	0	0	107	0	1	0	28	2	0	0	905	
8:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	550	18	71	0	0	0	0	0	71	0	0	0	18	1	0	0	729	

SENTIDO SUR - NORTE																		
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión				
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	460	10	17	0	8	0	0	0	43	0	7	0	1	0	0	0	0
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	630	17	19	0	16	0	0	0	65	0	9	0	1	0	0	0	0
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	898	24	28	0	21	0	0	0	84	0	11	0	3	0	0	0	0
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	876	26	25	0	19	0	0	0	101	0	11	0	7	1	0	0	0
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	849	24	27	0	17	0	0	0	102	0	11	0	8	2	0	0	0
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	898	26	29	0	16	0	0	0	110	0	11	0	9	2	0	0	0
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	853	23	32	0	14	0	0	0	117	0	14	0	8	2	0	0	0
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	666	16	26	0	12	0	0	0	85	0	12	0	4	1	0	0	0
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	670	23	38	0	15	0	0	0	96	0	9	0	7	1	0	0	0
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	651	26	56	0	19	0	0	0	82	0	8	0	6	1	0	0	0
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	428	22	44	0	16	0	0	0	56	0	3	0	5	1	0	0	0
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	428	22	44	0	16	0	0	0	56	0	3	0	5	1	0	0	0

SENTIDO OESTE - ESTE																		
Horario		Auto				Camioneta Rural				Microbus				Camión				TOTAL
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	
5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:15:00 a. m.	6:15:00 a. m.	177	24	29	0	3	2	0	0	17	8	0	0	11	0	1	0	272
5:30:00 a. m.	6:30:00 a. m.	443	81	68	0	11	2	0	0	46	14	0	0	20	0	1	0	686
5:45:00 a. m.	6:45:00 a. m.	670	154	101	0	19	7	0	0	83	19	0	0	31	0	1	0	1085
6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	916	207	134	0	26	7	0	0	119	20	0	0	45	0	1	0	1475
6:15:00 a. m.	7:15:00 a. m.	1059	258	135	0	32	5	0	0	139	18	0	0	43	0	0	0	1689
6:30:00 a. m.	7:30:00 a. m.	1035	283	127	0	28	5	0	0	138	15	0	0	38	0	0	0	1669
6:45:00 a. m.	7:45:00 a. m.	1077	305	123	0	24	0	0	0	127	15	0	0	32	0	0	0	1703
7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	1081	314	119	0	21	1	0	0	121	15	0	0	23	0	0	0	1695
7:15:00 a. m.	8:15:00 a. m.	982	292	119	0	15	1	0	0	106	18	0	0	16	2	0	0	1551
7:30:00 a. m.	8:30:00 a. m.	961	241	120	0	13	1	0	0	108	17	0	0	16	2	0	0	1479
7:45:00 a. m.	8:45:00 a. m.	692	146	91	0	9	1	0	0	82	12	0	0	11	2	0	0	1046
8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	442	84	62	0	5	0	0	0	52	11	0	0	6	2	0	0	664