

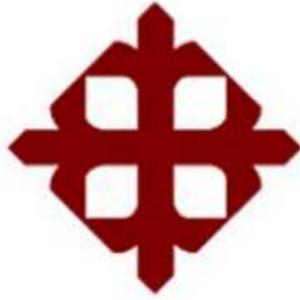
**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**AUTOR (A):
ALVARADO GENOVEZZI ANDREI LEONARDO**

**TÍTULO:
RELACIÓN DE LA CAPACIDAD EN VIAS SEMAFORIZADAS
ENTRE LA EXPERIENCIA DE GUAYAQUIL Y EL HIGHWAY
CAPACITY 2010. ANÁLISIS PARA VIAS SEMAFORIZADAS CON
FLUJO DE VEHICULOS LIVIANOS Y BUSES**

**TUTOR:
Msc. Ing. Federico von Buchwald**

**Guayaquil, Ecuador
2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Andrei Leonardo Alvarado Genovezzi como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Civil

TUTOR (A)

Msc. Ing. Federico von Buchwald

REVISOR(ES)

Msc. Ing. Manuel Sierra

Abg. Manuel Castillo

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas

Guayaquil, a los 15 del mes de Mayo del año 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Karla Amada Chambers Quiros

DECLARO QUE:

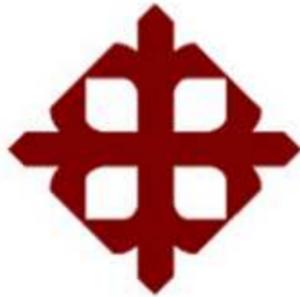
El Trabajo de Titulación **RELACIÓN DE LA CAPACIDAD EN VIAS SEMAFORIZADAS ENTRE LA EXPERIENCIA DE GUAYAQUIL Y EL HIGHWAY CAPACITY 2010. ANÁLISIS PARA VIAS SEMAFORIZADAS CON FLUJO DE VEHICULOS LIVIANOS Y BUSES**, previa a la obtención del Título de **Ingeniero civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de Mayo del año 2013

EL AUTOR (A)

Andrei Leonardo Alvarado Genovezzi



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Karla Amada Chambers Quiros

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **RELACIÓN DE LA CAPACIDAD EN VIAS SEMAFORIZADAS ENTRE LA EXPERIENCIA DE GUAYAQUIL Y EL HIGHWAY CAPACITY 2010. ANÁLISIS PARA VIAS SEMAFORIZADAS CON FLUJO DE VEHICULOS LIVIANOS Y BUSES**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de Mayo del año 2013

EL (LA) AUTOR(A):

Andrei Leonardo Alvarado Genovezzi

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por la paciencia y comprensión que han tenido durante toda mi vida, y por haberme guiado en mis estudios profesionales.

A mi tutor del Trabajo de grado, el Ing. Federico vonBuchwald que me guio durante el proceso, dándome las herramientas necesarias para poder realizar este trabajo.

Finalmente, A mi esposa por el amor que me ha brindado en todos estos años.

ALVARADO GENOVEZZI ANDREI LEONARDO

DEDICATORIA

Este trabajo de grado se lo dedico principalmente a mi Familia, A mis Padres que me han guiado hasta estas instancias de mis estudios con valores éticos y morales. A mi hermano que siempre me ha ayudado en todo los aspectos de mi vida.

También se lo dedico a mi Esposa la cual es a sido mi fortaleza y mi mayor motivación a lo largo del proceso de elaboración del trabajo de grado.

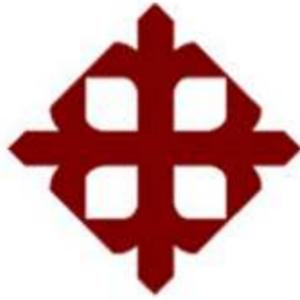
Finalmente, se lo dedico a mi Abuela a la cual siempre la tendré presente, que me dio su cariño y amor durante toda su vida.

ALVARADO GENOVEZZI ANDREI LEONARDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msc. Ing. Federico von Buchwald
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR

Msc. Ing. Manuel Sierra
PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

CALIFICACIÓN

**Msc. Ing. Federico von Buchwald
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR**

INDICE

INTRODUCCION.....	01
CAPITULO 1	
1.2 OBJETIVOS.....	02
1.3 ALCANCE.....	02
CAPITULO 2.	
2.1 CONCEPTOS GENERALES DE TRÁFICO EN VIAS TERRESTRES.	02
2.1.1 Tipo de Vehículos.....	03
2.1.2 Reparto de Sentidos y distribución entre carriles...	03
2.1.3 Condiciones ideales para el análisis de tráfico...	03
2.2 CONCEPTOS Y ANALISIS DE VOLUMEN.....	04
2.2.1 Volumen de transito promedio.....	05
2.2.2 Distribución y composición del volumen de tránsito.	05
2.2.3 Distribución de tránsito para la ciudad de Guayaquil	06
2.2.4 Pronostico del volumen de transito futuro.....	07
2.3 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS SEMAFORIZADAS.....	08
2.3.1 Semáforos.....	09
2.3.1.1 Tipos de semáforos.....	11
2.3.2 Capacidad Para Intersecciones Semaforizadas.....	11

2.3.3 Nivel De Servicio.....	12
2.3.3.1 Parámetros para el análisis de nivel de servicio para movilidad no motorizada.	
2.3.4 Relación entre nivel de servicio y capacidad.....	15
2.4 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS SEMAFORIZADAS CON PREDOMINACION DE BUSES.....	15
2.4.1 Líneas de buses en la ciudad de Guayaquil.....	15
2.4.2 Análisis de capacidad para sistema de autobuses.....	15
2.4.3 Cantidad de Viajeros.....	16
2.4.4 Factores que determinan la capacidad de pasajeros.....	17
2.4.5 Nivel de Servicio.....	18
2.4.6 Efectos de los autobuses sobre la capacidad de los vehículos ligeros.	
19	
2.4.6.1 Tiempos de parada en carriles de circulación mixtos	19
2.5 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS PARA PEATONES.....	20
2.5.1 Niveles de servicio peatonales en aceras.....	21
2.6 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS PARA BICICLETA.....	22
CAPITULO 3	
3.1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA TEÓRICA.....	24
3.2 PARAMETROS DE ENTRADA.....	25
3.2.1 Parámetros geométricos.....	25

3.2.2	Parámetros de tráfico.....	25
3.2.3	Parámetros de semaforización.....	28
3.3	AJUSTES DE VOLUMENES.....	29
3.3.1	Ajuste de los volúmenes para saber la intensidad en la hora pico.	29
3.3.2	Determinación de los grupos de carriles a analizar.....	30
3.3.3	Ajuste por la distribución entre carriles.....	31
3.4	FLUJO DE SATURACIÓN.....	31
3.4.1	TABLAS PARA RESOLUCION DE FORMULA DE SATURACIÓN	32
3.5	ANALISIS DE LA CAPACIDAD.....	34
3.6	NIVEL DE SERVICIO.....	36
3.6.1	Demora Uniforme d_1	36
3.6.2	Demora Incremental d_2	37
3.6.3	Demora por inicio de cola d_3	37
3.6.4	Factor de ajuste de la demora.....	39
3.6.5	Estimación de la demora agregada.....	40
3.6.6	Determinación del Nivel de servicio.....	41
CAPITULO 4		
4.1	Introducción a la metodología de campo.....	42
4.2	Determinación de la hora pico.....	42
4.3	Conteo de Vehículos en la hora pico HP.....	43
4.4	Comparación de resultados.....	43

4.5 Conteo de Vehículos disminuyendo el ancho de los carriles.....	43
CAPITULO 5.	
Análisis de la influencia del transporte con la salud de las personas.	
5.1 Introducción.....	44
5.2 Impacto del transporte en la salud.....	44
5.2.1 Contaminación del aire.....	44
5.2.2 Emisiones sonoras de los vehículos motorizados.....	46
5.2.3 Riesgos y traumatismos causados por el tránsito.....	46
5.3 Efectos de la salud debido a la falta de actividad física.....	47
5.4 Políticas para un transporte más saludable.....	48
CAPITULO 6	
ANALISIS TEORICO	
6.1 Resultados del análisis teórico mediante el HCM2010.....	50
6.1.1 ANALISIS SIN BLOQUEO.....	50
6.1.2 ANALISIS CON BLOQUEO.....	53
CUADRO DE MOVILIDAD.....	82
Conclusión.....	83
Bibliografía.....	85
Anexos.....	86

RESUMEN

El presente trabajo tiene 2 objetivos principales los cuales se irán desarrollando en el estudio realizado.

El primero es el de tener los valores reales analizados en campo en las intersecciones que tengan buses del centro de Guayaquil para poder compararlos con los resultados teóricos de capacidad utilizando el método del Highway capacity manual 2010.

El segundo objetivo es realizar el estudio de factibilidad para la colocación de una ciclo vía en las intersecciones analizadas, para dar una alternativa de transportación en la ciudad de Guayaquil.

Para realizar estos dos objetivos se utilizan las herramientas de análisis del HCM 2010, además se hicieron conteos de tránsito para poder determinar la capacidad en campo de las intersecciones estudiadas y conteos con bloqueos parciales de la intersección (simulando el carril de bicicleta) para saber cuál sería la afectación al tráfico al colocar la ciclo vía.

Palabras Claves: hcm2010, capacidad, ciclo vía, buses, bicicleta, saturación)

INTRODUCCION

La problemática del tráfico en Guayaquil se deriva por el incremento incontrolado de vehículos, desde el año 2001 Guayaquil ha tenido un crecimiento del parque automotriz entre el 4 y 16% en el año 2009 (*Ref.: Datos de la CTG reporte 2009 (www.ctn.gob.ec), influencia de tráfico en Guayaquil*)

Este crecimiento ha producido un aumento en el tráfico de la ciudad, lo que conlleva a un problema en las horas de mayor circulación.

Sumado a esto en Guayaquil existen vías en las cuales el flujo de buses es predominante, estas vías son de alta congestión debido a la gran cantidad de líneas de buses que circulan en la ciudad de Guayaquil, donde existe una sobreoferta de tal magnitud, que hay vías en las cuales circulan hasta 23 líneas de buses. (*Ref. Estudio 2002 MIMG*)

Para analizar la capacidad de una intersección, se usa el Highway Capacity 2010, este es un manual que estadísticamente utiliza elementos de afectación al tráfico, tiempo de luz verde y demoras.

Siendo la composición vehicular esta urbe diferente a las analizadas en los Estados Unidos, Es necesario realizar este estudio para comparar con los resultados usando el HCM.

Además en este trabajo se buscaran conclusiones validas para la realidad de Guayaquil, definiendo posibilidades reales de incrementar el volumen de vehículos o buscar alternativas para mejorar la movilidad.

CAPITULO 1

1.2 OBJETIVOS

El objetivo primario de este trabajo es determinar las condiciones actuales de tráfico en Guayaquil en intersecciones cuyo volumen de buses es significativo usando el HCM 2010.

También determinar los anchos mínimos con los que puede operar la vía y la posibilidad de compartir las calles con carriles exclusivos para bicicletas.

En la metodología para determinar dicho factor se realizaran los siguientes objetivos secundarios:

Analizar por el highway capacity 2010 las vías semaforizadas con tráfico de buses y vehículos livianos.

- Análisis de capacidad de vías semaforizadas
- Análisis de nivel de servicio (LOS)

Verificar la capacidad real en intersecciones semaforizadas.

- Determinación de capacidad de las intersecciones semaforizadas en la ciudad de Guayaquil.

Ajustar la capacidad por Cambios en el área de la vía.

- Disminución del ancho de los carriles.

Comparar los datos en campo vs. Análisis teórico del highway capacity.

- Verificar capacidad real de tráfico.
- Comparación de la capacidad real disminuyendo el tamaño de los carriles de circulación, para colocar una ciclo vía.
- Determinar la cantidad de bicicletas por hora que alojaría un carril exclusivo.
- Estudio de movilidad incorporando el carril para la ciclo vía.
- Conclusiones del estudio realizado.

1.3 ALCANCE

Se analizaran varias intersecciones semaforizadas en el casco central de la ciudad con flujos en los que predominan los buses.

Para que la muestra estadística sea confiable y representativa, se analizarán 4 intersecciones las cuales se detallan a continuación:

- Luque y Rumichaca
- Rumichaca y Clemente Ballén
- Aguirre y García Avilés
- Rumichaca y Aguirre

CAPITULO 2.

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE TRÁFICO EN VIAS TERRESTRES.

Antes de desarrollar el proyecto se deben tener claros algunos conceptos generales de tráfico, estos conceptos nos ayudarán a entender de mejor manera los puntos que se desarrollarán a lo largo de la investigación.

2.1.1 Tipo de Vehículos.

Los vehículos se separan en dos grandes grupos: los livianos y los pesados, el último tiene subcategorías las cuales son: camiones, vehículos de turista y autobuses.

Este tipo de vehículos afecta a la circulación en las vías debido a que su ámbito de maniobra es disminuido por su tamaño, sin embargo lleva más pasajeros que los vehículos particulares.

2.1.2 Reparto de Sentidos y distribución entre carriles.

Son condiciones que afectan la capacidad de una vía, lo ideal es que el tráfico esté distribuido 50% en cada sentido de la vía. (*Referencia Highway capacity manual 2010 - Capítulo 10*)

2.1.3 Condiciones ideales para el análisis de tráfico.

Estas son condiciones ideales para un análisis teórico en el cual se cumplen todos estos factores.

- Carriles de 3.66 mts. de anchura.

- Circulación constituida solo por vehículos ligeros.
- Terreno llano.
- Los vehículos no realicen giros.
- Inexistencia de peatones.
- Siempre el semáforo está en fase de verde.

2.2 CONCEPTOS Y ANALISIS DE VOLUMEN.

En ingeniería de tránsito, la medición básica con la que se realizan todos los análisis de tráfico es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, peatones, pasajeros etc. Estos conteos podemos obtener estimaciones de:

- Volumen.
- Rango de flujo (Flow rate)
- Demanda

Volumen en vías de tránsito es el número de vehículos que pasan por un punto determinado en un tiempo específico.

Rango de flujo (flow rate) es la frecuencia en que pasan los vehículos en un tiempo determinado que es menor a una hora.

La demanda es el número de vehículos que desean viajar y pasan por un punto determinado durante un tiempo específico.

La capacidad es el número máximo de vehículos que bajo condiciones específicas pasan por un punto determinado durante un tiempo específico.

Los volúmenes pueden ser absolutos o totales dependiendo del tiempo de medición.

1. Tránsito anual (TA)
2. Tránsito mensual (TM)
3. Tránsito semanal (TS)
4. Tránsito diario (TD)

5. Transito horario (TH)
6. Transito en menos de una hora (Qi)

2.2.1 Volumen de transito promedio.

El volumen de transito promedio se utiliza para dar una media general del volumen anual, mensual o semanal de determinada intersección. Esto nos ayuda a tener una idea de la demanda para adecuación, ampliaciones o análisis en general de intersecciones.

1. Transito promedio diario anual (TPDA)
2. Transito promedio diario mensual (TPDM)
3. Transito promedio diario semanal (TPDS)

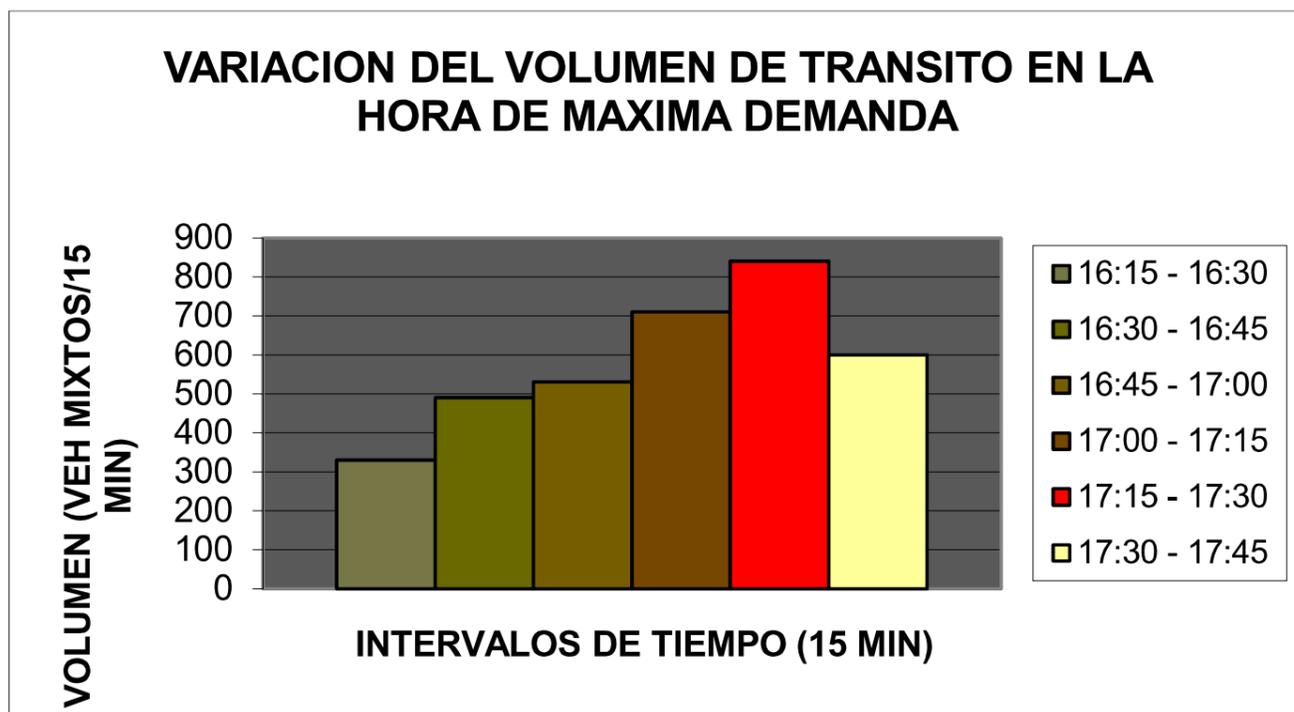
2.2.2 Distribución y composición del volumen de transito.

La distribución del transito esta considerada por los volúmenes que circulan por carril en cada carretera, calle o autopista. Esta distribución es diferente dependiendo del tipo de vía y de la dirección a la cual lleva la vía mencionada.

Siendo así, que las vías que llevan al centro de la ciudad usualmente tienen flujos mayores en las horas de la tardes, ciertas carreteras tienen flujos grandes los fines de semana y feriados especialmente.

En cuanto a la composición, se puede observar que en carreteras y vías perimetrales a la ciudad es donde existen volúmenes mayores de vehículos pesados transitando. En los centros urbanos el volumen de dicho vehículos es bajo en muchos casos por reglamentaciones municipales. La afluencia de autobuses y taxis es muy variada y no hay una regla general para las ciudades. Estas deben de ser analizadas individualmente para determinar el comportamiento del tránsito en cada urbe.

Grafico 1. Variación del volumen de transito en la hora pico



* *Estos gráficos son estimativos obtenidos del análisis de las intersecciones de este trabajo de grado.*

2.2.3 Distribución de transito para la ciudad de Guayaquil

Tomando los conteos totales que se realizaron en este informe podemos determinar algunos puntos importantes sobre Guayaquil.

1. Los volúmenes máximos de transito en el centro de Guayaquil se da entre las 16h00 hasta aproximadamente a las 18h00 (*Referencia de estudio realizado para este trabajo de grado entre el 2010 – 2011*)
2. En la distribución de transito en el centro de Guayaquil por tipo de vehículos, se puede observar volúmenes de transito altos de autobuses.
 - a. El porcentaje de autobuses en el análisis realizado llega al 35%
3. Los volúmenes diarios difieren ligeramente entre los días de la semana, siendo el viernes el día con mayor volumen de vehículos en toda la semana, y se puede observar una disminución considerable de los volúmenes los días sábados y domingos
 - a. La disminución del volumen los días sábados esta por el 20% y los días domingos esta por el 45%

Grafico 2. Variación horaria del volumen en el centro de Guayaquil.

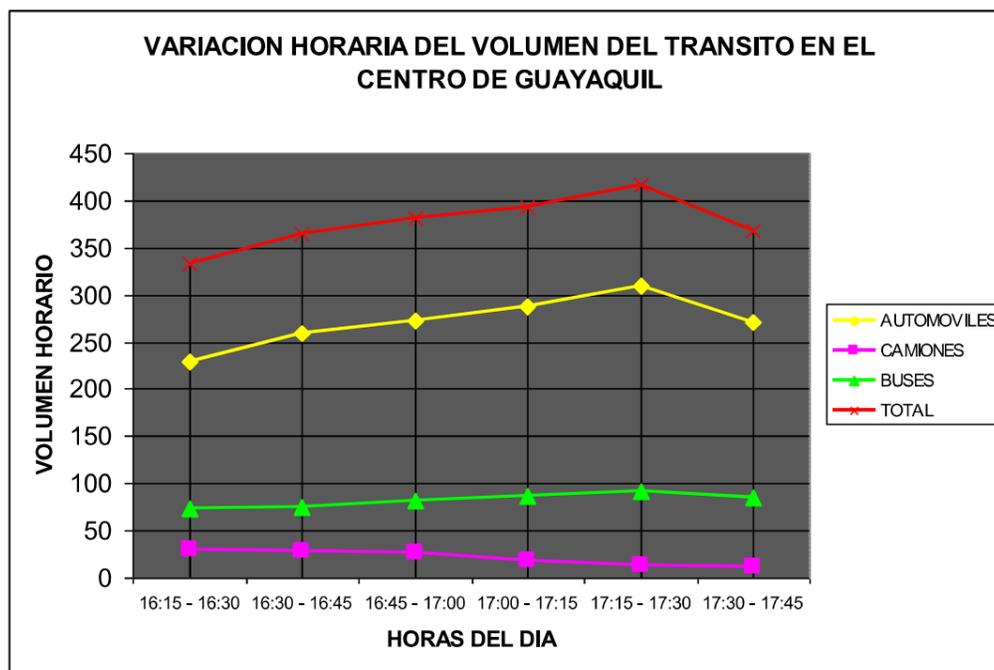
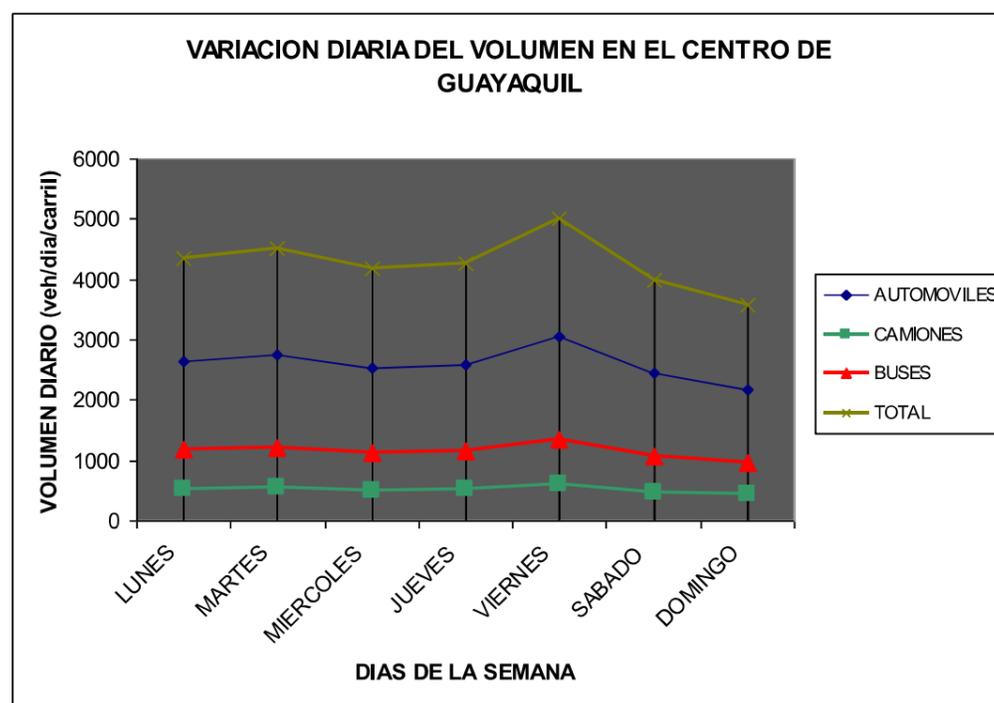


Grafico 3. Variación diaria del volumen en el centro de Guayaquil.



* *Estos gráficos son estimativos obtenidos del análisis de las intersecciones de este trabajo de grado.*

2.2.4 Pronostico del volumen de transito futuro

Como ya se hablo en la introducción de este trabajo, existe un crecimiento importante de vehículos en Guayaquil, lo cual con lleva a un aumento del transito en especial en las zonas del centro urbano.

Para poder determinar dicho crecimiento de los volúmenes a futuro y tener un plan de expansión vial se debe de considerar 4 factores de transito.

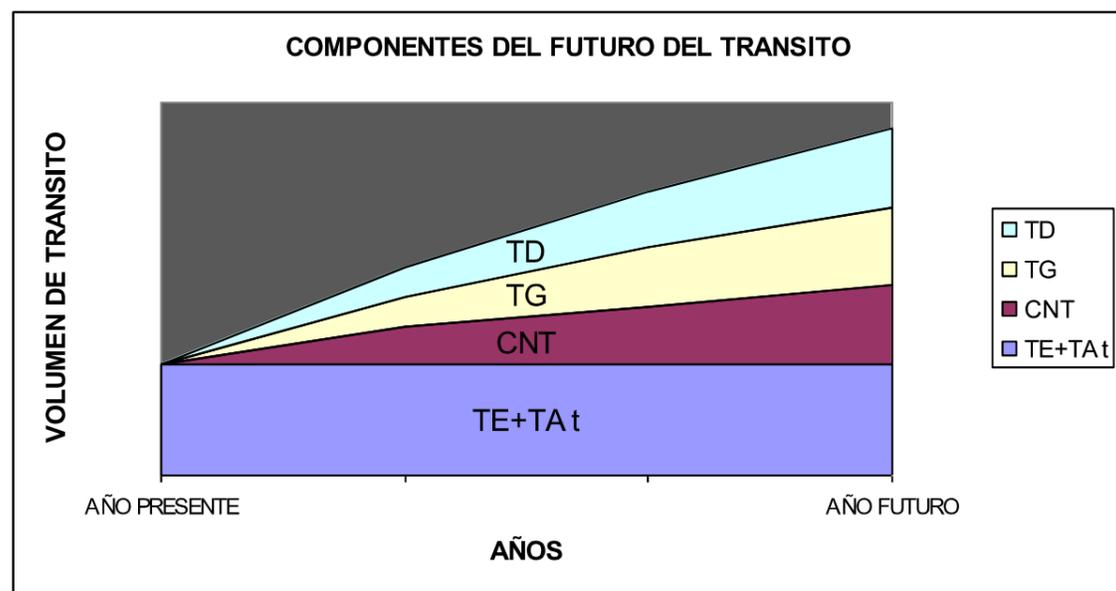
1. Transito Actual (TA+TA_t): Esto se compone del transito existente mas el transito atraído este elemento se refiere a transito que se adhiere a la vía debido a una ampliación o mejora de la misma, para estimar este elemento se considera básicamente los elementos geométricos de la ampliación.

2. Crecimiento normal del transito CNT: Es el crecimiento normal y sostenido del parque automotor de una ciudad.

3. Transito generado (TG): el transito generado es el volumen de vehículos particulares que solo se movilizarían si es que existiera la vía construida, es decir personas que se movilizan en transporte publico, taxis, etc. Porque las vías de acceso están congestionadas y no utilizan su vehiculo propio. A este volumen se le asigna un incremento de entre el 5 al 25% del tránsito actual. *(Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor. Edición 2002)*

4. Transito desarrollado (TD): este incremento del volumen se debe al crecimiento y mejoras de los terrenos alrededor de la vía. Es decir, ciudadelas, parques, hospitales, centros comerciales, etc.

Grafico 4. Componentes del futuro del transito



2.3 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS SEMAFORIZADAS

El análisis de intersecciones semaforizadas se debe considerar condiciones prevalecientes, tales como:

- Características geométricas.

- Composición y cantidad de vehículos.

En el análisis de autopistas o carreteras, la condición básica que se analiza es la geometría, siendo esta la variable más importante y la que rige en determinados momentos en el diseño. Para vías semaforizadas se debe incluir una variable extra la cual es **la distribución del tiempo** en el ciclo de luz verde y el área de la intersección.

El semáforo básicamente es el que distribuye el tiempo en un flujo de tránsito entre intersección.

2.3.1 Semáforos.

El semáforo es un dispositivo para la regulación de los flujos de tránsito en las intersecciones. Para colocar este elemento se debe considerar cualquiera de los siguientes requisitos.

1. Volumen mínimo de vehículos: debe existir un flujo mínimo de 500 vehículos/carril (Ingeniería de Tránsito. Rafael Cal y Mayor. (Capítulo 8 Análisis de vías semaforizadas) edición 2002)
2. en cualquiera de las horas del día en al menos uno de vía de la intersección para vías principales y 150 veh/carril (Ref. Ingeniería de Tránsito. Rafael Cal y Mayor. (Capítulo 9))
3. en vías secundarias.
4. Interrupción del tránsito continuo: este requisito se produce en intersección en las cuales los accesos a la vía son difíciles o peligrosos.
5. Volúmenes mínimos de peatón: Este requerimiento se cumple cuando cruzan más de 150 personas en cualquiera de las horas del día por una intersección que tenga como mínimo un flujo de 600 veh por hora (Ingeniería de Tránsito. Rafael Cal y Mayor. (Capítulo 8 Análisis de vías semaforizadas)).
6. en el mismo lapso de tiempo en que cruzan los peatones.
7. Antecedentes acerca de accidentes: Este requerimiento se produce en vías en las cuales existe un recurrente nivel alto de accidentes.

8. Combinación de los requisitos anteriores: Frecuentemente no se cumplen los requisitos anteriores al 100% por lo que se toma en consideración la combinación de todos como un punto importante para la colocación de los semáforos.

2.3.1.1 Tipos de semáforos

Existen semáforos, desde los más sencillos que son; de tiempos prefijados y de solo dos fases hasta los más complejos con regulación actuada y multifases. En el análisis de este trabajo se encuentra que las intersecciones cuentan con semáforos de 2 fases únicamente y con tiempos prefijados únicos, para intersecciones simples.

Grafico 5. Diagrama de semáforo con fases simples.

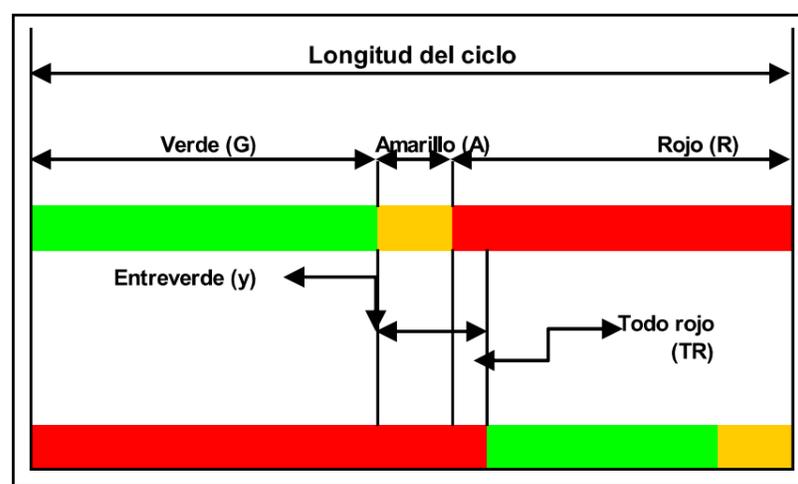


Diagrama de fases en una intersección con semáforo de fases simple

Existen rangos medios de los ciclos para cada fase de semáforo, estos rangos tienen máximos y mínimos los cuales se establecen por las siguientes normas:

Tiempo máximo de verde: los tiempos típicos o comunes que se utilizan para programar los un semáforo dependen del tipo de vía y/o carril que se va a controlar, tal es así que en semáforos para giros a la izquierda los tiempos van desde 15 a 30s. (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18)). Para intersección con flujos medios y pequeños los tiempos van desde 20 a 40s. (ref. Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor).

En vías de flujos altos el tiempo va de 30 a 60s, (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18)) llegando a unas urbes hasta 150 (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18)). segundos en una sola fase de verde.

Tiempo mínimo de verde: el tiempo mínimo de la fase de verde esta relacionado con el tiempo en que los peatones cruzan la vía para esto el HCM2010 da una formula para poder determinar este valor tomando una velocidad media del peatón de aproximadamente 1.2 m/s. (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18)).

Tiempo de amarillo y cambio de luz roja: Para vías de flujos altos y velocidad medias inferiores a 70 km/h. Los tiempos típicos son de 1 a 3s. (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18)). En intersecciones donde la velocidad puede ser superior a 70 km/h se puede llegar a un tiempo de amarillo de hasta 6s. Para el tiempo de cambio de luz roja el valor típico es de 3 seg.

2.3.2 Capacidad Para Intersecciones Semaforizadas.

La capacidad en una intersección se la determina de forma individual por cada grupo de carriles en una intersección, además la capacidad compartida para todo los vehículos.

La capacidad es el máximo volumen de vehículos que circula en la intersección en las condiciones de tráfico, calzada y semaforización. Este valor se mide generalmente en intervalos de 15 min. Y se expresa en valores de vehículos por hora (V/h).

El análisis de capacidad concluye con el cálculo de la relación entre el volumen y la capacidad (**v/c**), de cada grupo de carriles.

v/c = Es el volumen de circulación real o de proyecto en un intervalo de 15 min, relacionado con la capacidad de la vía.

Existen condiciones que afectan la capacidad de una intersección tales como:

Las condiciones geométricas de la vía, en estas se incluyen; número de carriles, pendiente de rasante, asignación de uso de carriles, y carriles de parqueo, etc. Estas condiciones aunque importantes muchas veces no son determinantes para definir el nivel de servicio de la intersección semaforizadas.

Las condiciones de semaforización, estas incluyen el tipo de control, el reglaje, el total de las fases semaforicas y una evaluación de la progresión semaforica

en cada acceso. Estas condiciones podrían ser las que más afectan el nivel de servicio de una intersección.

Para determinar la capacidad en intersecciones semaforizadas, se recurre al concepto de saturación y volumen, básicamente el concepto determina el número de vehículos máximo que puede transitar por un grupo de carriles en una fase de verde efectivo, después de la afectación de los factores de tráfico.

Verde efectivo se refiere al tiempo real en el cual el vehículo se mueve desde que comienza el ciclo de verde hasta que comienza el ciclo de espera (semáforo en luz roja)

2.3.3 Nivel De Servicio.

El nivel de servicio es una calidad de operación y se lo determina por la demora media en parada de los vehículos de la intersección. Este valor tiene factores que le afectan tales como:

- Duración de las fases.
- Duración de los ciclos
- Calidad de la progresión

El Highway capacity manual define 6 niveles de servicio para intersecciones.

Tabla 1. Nivel de servicio intersecciones semaforizadas.

Nivel de servicio ($v/c < 1.0$)	Nivel de servicio ($v/c > 1.0$)	DEMORA POR PARADA POR
A	F	≤ 10.0
B	F	> 10.0 y ≤ 20.0
C	F	> 20.0 y ≤ 35.0
D	F	> 35.0 y ≤ 55.0
E	F	> 55.0 y ≤ 80.0
F	F	> 80.0

Tabla 1. Highway capacity manual 2010. Capítulo 18

* Para valores superiores o iguales a 1.0 en la relación v/c (volumen/capacidad) el nivel de servicio siempre será F y representa que esta en uso total la vía, además muestra un error en la perspectiva al calcular la capacidad.

Históricamente el HCM ha realizado el análisis de niveles de servicio exclusivamente tomando la percepción de calidad de servicio únicamente de los pasajeros de vehículos motorizados (vehículos livianos, pesados y buses). En la edición 2010 este concepto se amplía y se toma en consideración el nivel de servicio para movilidad no motorizadas, esto es peatones y ciclistas.

Los valores de nivel de servicio son valores de percepción de las personas que caminan y andan en bicicleta en los cuales el 2 es la experiencia más satisfactoria de movilización y el 5 es la peor.

Estos son valores adimensionales que representan una calidad de servicio el cual esta regido por los siguientes parámetros.

Tabla 2. Niveles de servicio de Peatones y ciclistas.

Calificación LOS Peatón	LOS por espacio promedio entre peatones (pie ² /peatón)					
	> 60	> 40 - 60	> 24 - 40	> 15 - 24	> 8,0 - 15	< 8,0
> 2,00	A	B	C	D	E	F
> 2,00 - 2,75	B	B	C	D	E	F
> 2,75 - 3,50	C	C	C	D	E	F
> 3,50 - 4,25	D	D	D	D	E	F
> 4,25 - 5,00	E	E	E	E	E	F
> 5,00	F	F	F	F	F	F

Tabla A. Niveles de servicio de Peatones y ciclistas. HCM 2010

2.3.3.1 Parámetros para el análisis de nivel de servicio para movilidad no motorizada.

Características de tráfico.

Para este parámetro necesitamos los siguientes valores:

- Flujo de demanda de vehículos motorizados
- Flujo de giros a la izquierda permitidos
- Flujo de peatones
- Flujo de bicicleta
- Proporción de vehículos estacionados.
- Flujo de giros a la derecha

Diseño geométrico.

Para este parámetro necesitamos los siguientes valores:

- Ancho de vía.
- Numero de carriles
- Numero de islas entre carriles
- Ancho de carril de bicicleta
- Ancho de la acera
- Largo de la acera
- Radio de la esquina de la intersección

Control de semáforo.

Para este parámetro necesitamos los siguientes valores:

- Duración de la fase de peatón
- Tiempo de liberación de peatones
- Tiempo total del ciclo del semáforo
- Presencia de semáforo exclusivo para peatones

La metodología de análisis se desarrollara en el capítulo 3 con mayor detalle.

2.3.4 Relación entre nivel de servicio y capacidad.

Debido a que es complejo determinar el valor de demora, la relación entre el nivel de servicio y la capacidad también lo es. Los niveles definidos anteriormente son demoras de vehículos, este concepto no está relacionado con la capacidad de forma directa.

Podría ocurrir, tener una relación v/c de 1.0, es decir, máxima. Y tener tiempos de demora pequeños. En este caso los tiempos en los ciclos semafóricos estarían trabajando correctamente.

2.4 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS SEMAFORIZADAS CON PREDOMINACION DE BUSES

Los autobuses son el medio de transporte más usado para servicios públicos urbanos debido a su economía y flexibilidad. El libro TRAFFIC ENGINEERING 2004 dice que los autobuses tiene su mayor eficiencia en trayectos no mayores a 50 Km. con volúmenes de entre 800 a 2000 pasajeros / hora (Ref. Traffic engineering 2004 (capitulo 4)). Con una frecuencia de 20 unidades/hora. Si existiera un volumen mayor a los 4000 pas/hora o una distancia superior. Se debería de analizar la situación y optar por otro sistema de transporte masivo (Ref. Traffic engineering 2004 (capitulo 4)). (Esto son análisis realizados para la situación en los Estados Unidos).

2.4.1 Líneas de buses en la ciudad de Guayaquil.

No existe un estudio detallado de los volúmenes máximos de cada línea individual en la ciudad de guayaquil, por lo cual el análisis de factibilidad para transportes masivos alternativos se basa la afluencia de personas.

2.4.2 Análisis de capacidad para sistema de autobuses.

Considerando que las condiciones en Guayaquil para buses son únicas, se hará una explicación de los conceptos que se utilizan para vías de transporte público.

Estos conceptos son para determinar el número de pasajeros para una sola línea a medir.

El análisis de vías semaforizadas en las cuales predomina el flujo de buses es complejo, este análisis es diferente al que se utiliza para determinar la capacidad con vehículos privados, por lo que entran factores distintos a los de las vías con vehículos livianos.

Debido a que estos factores son muy variables se hace más complicado el análisis de capacidad y aun más el de nivel de servicio para dichas intersecciones, estos son algunos de los factores predominantes para este análisis.

CAPACIDAD DEL BUS: Número máximo de pasajeros que se pueden acomodar en una unidad de transporte.
TIEMPO DE SERVICIO A VIAJEROS: El tiempo (seg) que un pasajero se demora en subir y bajar de una unidad de transporte.
TRAMO DE MAXIMA DEMANDA: sección por la cual las unidades transportan su mayor cantidad de pasajeros.
CAPACIDAD EN OFERTA: volumen de personas que transporta una línea por la velocidad promedio (Valor de eficiencia)
VIAJEROS DE PIE: Numero de Pasajeros que se acomodan en una unidad de pie. (valor porcentual, importante para el nivel de servicio)
CIRCULACION CONTINUA: Movimiento sin paradas de la unidad en un trayecto específico.
NIVEL DE SERVICIO: Es la calidad de servicio ofrecida para los viajeros de las unidades.

Tabla 2. Highway capacity manual 2010

Para un análisis más detallado se mostrara los efectos de los autobuses sobre la capacidad de los vehículos ligeros, esto nos permitirá tener una idea más clara de la movilidad de las personas.

2.4.3 Cantidad de Viajeros

Para vías con predominación de buses la cantidad de viajeros depende de la corriente circulatoria, esto significa el número de buses que cruzan por una

determinada intersección, además de su tamaño, del tipo de vehículo, de la capacidad de transporte y de los intervalos entre cada bus.

A este valor de números de pasajeros se debe aumentar a los que se transporta por vehículos particulares.

En términos generales, la capacidad de una intersección semaforizadas con buses se la determina por la sumatoria de los procedimientos que mostraremos posteriormente en la metodología para vías con buses, mas una ponderación de la cantidad de los viajeros de los vehículos ligeros que estén en dicha intersección, la cantidad de los vehículos ligeros se la determinará con la misma metodología descrita para intersección semaforizadas sin buses.

2.4.4 Factores que determinan la capacidad de pasajeros.

1. Máximo número de Vehículos por unidad de transporte colectivo.
2. La cantidad de viajeros por vehículo unitario.
3. Frecuencia o intervalo entre vehículos individuales.
4. Numero de posiciones de carga (número de paradas de pasajeros).

Sobre estos 4 factores existen variables las cuales influyen en la capacidad de una vía. De manera general existen 7 variables cada una de ella afecta de distinta forma la capacidad, unas afectan el número de pasajeros y otras el número de unidades que pueden transitar. (Ref. Highway capacity manual 2010 – (capitulo 15))

1. Características de los vehículos (Dimensiones, número de asientos, velocidad máxima, número de vehículos por línea, etc.).
2. Característica de las vías (diseño de la sección transversal, regulación de las intersecciones, separación respecto al resto del tráfico).
3. Características de las paradas (espaciamiento, accesibilidad, trazado, etc.).
4. Características del funcionamiento (procedimientos de espera, ajuste de horarios, pérdidas de tiempo por intervalo, etc.).
5. Características del tráfico de viajeros (distribución de los pasajeros en las hora pico).

6. Características del tráfico de la vía (volumen de vehículos ligeros que transitan en la vía).
7. Método de control de los intervalos (automático o realizado por el conductor).

2.4.5 Nivel de Servicio

En los sistemas de transporte colectivo el nivel de servicio es más complejo que en carreteras, en el **LOS** intervienen factores como:

- Velocidad
- Regularidad
- Seguridad
- Cobertura de zonas comerciales y residenciales

En el nivel de servicio es de suma importancia el número de pasajeros por vehículo y el número de vehículos por hora.

En la siguiente tabla se encuentra los niveles de servicio determinados por el Highway capacity para buses de 50 asientos y 31.6 m² de tamaño ocupacional.

Tabla 3. Nivel de servicio para autobuses.

NIVELES DE SERVICIO EN HORAS PICO	PASAJEROS	M ² /PASAJEROS APROX	PASAJ/ASIENTO (APROX)
A	0 a 26	1.18 o mas	0.00 a 0.50
B	27 a 40	1.17 a 0.77	0.51 a 0.75
C	41 a 53	0.76 a 0.58	0.76 a 1.00
D	54 a 66	0.57 a 0.47	1.01 a 1.25
E (carga máx. Prevista)	67 a 80	0.46 a 0.39	1.26 a 1.50

F (Carga tope)	81 a 85	< 0.39	1.51 a 1.60
----------------	---------	--------	-------------

Tabla 3. Highway capacity manual 2010. Capítulo 14

2.4.6 Efectos de los autobuses sobre la capacidad de los vehículos ligeros.

En estudios y simulaciones se ha determinado una capacidad teórica de hasta 1400 autobuses por carril por hora en forma continua, lo cual es virtualmente imposible y contrasta con los 700 a 750 buses que pasan por el túnel Lincoln (el mayor volumen de autobuses en USA).

El contraste es aún mayor con estudios de campo que dicen que en USA las calles urbanas no sobrepasan los 100 buses por hora por carril. (Ref. Highway capacity manual 2010 – (capítulo 15)).

En este contexto se podría suponer que la influencia de los buses en la capacidad en vías semaforizadas sería mínima, asumiendo además la equivalencia de 2.0 vehículos ligeros por cada autobús, pero esta equivalencia solo es válida en circulación continua. Cuando el autobús realiza las paradas, el factor equivalente aumenta debido a que los tiempos de subida y bajada de pasajeros son mayores a los de una parada de un vehículo ligero, esto afecta al tiempo de verde en las calles semaforizadas.

En este trabajo de grado se analiza la equivalencia de los buses con vehículos ligeros y se llega a determinar que el valor es 2.3 esto se lo determino después de realizar el análisis de capacidad y nivel de servicio.

2.4.6.1 Tiempos de parada en carriles de circulación mixtos.

Es el tiempo de paradas que los autobuses efectúan en carriles mixtos de circulación, engloba el tiempo de carga y descarga de pasajeros más la pérdida adicional de tiempo por aceleración y desaceleración, además de los efectos que produce por la formación de cola en el resto de la circulación.

Este tiempo se lo puede calcular de la siguiente manera:

$$T1 = (g/C) \times N \times (Tps + L) \quad (2.1)$$

T1= Pérdida de tiempo en Sg por hora

g/C = Tiempo de verde/duración del ciclo

N = Autobuses por hora que efectúan paradas

Tps = tiempo medio de parada en servicio a viajeros (seg)

L = tiempo de pérdida adicional por aceleración y desaceleración y pérdida por cola (entre 6 a 8 seg en condiciones medias)

2.5 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS PARA PEATONES.

En este capítulo explicaremos brevemente el concepto de capacidad y nivel de servicio para peatones.

Los peatones tienen un ámbito de movimiento limitado a tres áreas:

- Aceras.
- Pasos para peatones.
- Esquinas.

En el análisis general de movilidad que actualmente se está estudiando, se está dando cada día más importancia a aumentar el área de movilidad de peatones, especialmente en urbes de mucha población.

Este concepto actual no solo mejora la movilidad en general sino que ayuda al tránsito de vehículos, reduciendo las aglomeraciones en las esquinas de las aceras, lo cual en intersecciones muy transitadas puede provocar pérdidas de tiempo importantes.

Los conceptos para tránsito de vehículos de capacidad y nivel de servicio son análogos para el tránsito de peatones, al igual que los vehículos se parte de un volumen y densidad libre y se va aumentando hasta llegar a niveles en que la movilidad se disminuye, disminuyendo la velocidad y el área de tránsito por personas. Esto repercute en la comodidad, en general de las personas que están desplazándose.

En el concepto de nivel de servicio se podría considerar 5 factores básicos que constituyen niveles de servicio para vías peatonales.

1. Comodidad (factores como protección a agentes atmosféricos, galerías, marquesinas, etc.)
2. Conveniencia (pendientes leves, indicaciones direccionales, planos de situación, etc.)
3. Seguridad vial (separando el transporte de vehículos con el de peatones)
4. Seguridad pública (alumbrado, amplitud del campo visual y tipo de actividad de la calle)
5. Economía (costos de demoras)

2.5.1 Niveles de servicio peatonales en aceras

Tabla 4. Nivel de servicio en aceras.

Nivel de servicio	Espacio (m2 por peatón)	Rango de flujo (flow rate) (peat/min./m)	Velocidad (m/s)
A	> 5.60	< 16	> 1.30
B	> 3.70 – 5.60	> 16 - 23	> 1.27 – 1.30
C	> 2.20 – 3.70	> 23 – 33	> 1.22 – 1.27
D	> 1.40 – 2.20	> 33 – 49	> 1.14 – 1.22
E	> 0.75 – 1.40	> 49 – 75	> 0.75 – 1.44
F	< 0.75	Variable	< 0.75

Highway capacity manual 2010

Calificación LOS Peatón	LOS por espacio promedio entre peatones (pie ² /peatón)					
	> 60	> 40 - 60	> 24 - 40	> 15 - 24	> 8,0 - 15	< 8,0
> 2,00	A	B	C	D	E	F
> 2,00 - 2,75	B	B	C	D	E	F
> 2,75 - 3,50	C	C	C	D	E	F
> 3,50 - 4,25	D	D	D	D	E	F
> 4,25 - 5,00	E	E	E	E	E	F
> 5,00	F	F	F	F	F	F

Highway capacity manual 2010

2.6 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VÍAS PARA BICICLETA.

Siguiendo con los conceptos básicos de transportación urbana es de importancia dar una explicación de la movilidad en bicicleta, aunque en nuestro medio no es muy utilizado, es un medio de transporte que cada vez se hace más viable debido a que el nivel de contaminación del aire es bajo al igual que el costo de transportación por persona por carril.

Este concepto de carril exclusivo para bicicleta no es usado en nuestra ciudad pero es importante tomarlo en consideración debido a que podría constituir una respuesta a los problemas de capacidad y niveles de servicio que produce el exceso de buses en algunas zonas de Guayaquil, mas aun cuando existen estudios que determinan que en distancias de hasta 8 Km. en urbes con alta congestión el transporte en bicicleta es el más rápido. (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 12))

Considerando que la reducción de los anchos en los carriles con el fin de aumentar un carril exclusivo de bicicleta no producirían un cambio en la capacidad de vehículos, pero si aumentarían en gran medida la capacidad de transportación de personas en general.

Se sabe que la equivalencia con vehículos ligeros puede llegar de entre 1.2 hasta 10.5 bicicletas por vehículo ligero dependiendo de los anchos de los carriles, asumiendo que el carril para bicicleta no está confinado (Ref. Highway capacity manual 2010 (Capitulo 12)).

Para la propuesta de colocación de dichos carriles se deberá analizar las vías semaforizadas y verificar los factores de afectación por bicicleta, estos factores

deberían de producir una demora importante para giros permitidos y no permitidos, para que se pueda estar considerando la inclusión de un carril exclusivo. También existen otros factores determinantes para este diseño tales como las normas urbanas de cada ciudad.

CAPITULO 3

3.1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA TEÓRICA.

La metodología que se utilizara es la aplicada por el Highway capacity manual 2010 (HCM2010).

La metodología parte inicialmente de los parámetros de entrada los cuales son:

- Parámetro geométrico.
- Parámetro de tráfico.
- Parámetro de señalización.

Posteriormente se analiza el grupo de carriles y flujo de demanda. En este análisis podemos determinar:

- Definición de grupo de carriles y asignación de volúmenes por grupo.
- El factor de hora pico.
- Definición de giros permitidos.

De igual forma se realiza el análisis de la capacidad, en este parámetro utilizamos los siguientes elementos:

- La ecuación básica de la saturación ideal.
- Los factores de ajustes.

Utilizando ambos análisis el de grupos de carriles y el de la saturación, podemos obtener la capacidad de la intersección y la relación v/c .

Este análisis finalmente nos da 4 medidas de rendimiento:

- Cálculo de la demora de los grupos de carriles.
- Ajuste de la demora.
- Cálculo de la cola.
- Determinación del nivel de servicio.

3.2 PARAMETROS DE ENTRADA

3.2.1 Parámetros geométricos.

Las condiciones geométricas normalmente se las presenta en un diagrama, un dibujo de la intersección a analizar, este diagrama debe contener toda la información referente a la intersección tales como:

- Tipo de zona (entorno)
- Número de carriles.
- Ancho de carriles (m).
- Pendiente, %.
- Existencia de carriles exclusivos.
- Longitud de almacenamiento de los carriles.
- Condiciones de parqueos.

3.2.2 Parámetros de tráfico.

En las condiciones de tráfico debe considerarse todo los volúmenes de circulación para cada movimiento de acceso, se cuantificara la composición del tráfico por tipo de vehículos (% V. pesados) y de autobuses con paradas para recoger y descargar pasajeros. De igual forma se necesita el flujo de peatones para las intersecciones, y el flujo de peatones que interfieren en los giros.

Estos son los valores que deben tener los parámetros de tráfico:

- Volúmenes de cada movimiento, v/h
- Flujo de saturación ideal para cada movimiento
- Factor de hora pico
- Porcentaje de vehículos pesados

- Cantidad de peatones en conflicto
- Autobuses con paradas en la intersección
- Estacionamiento, maniobras/h
- Tipo de llegada
- Proporción de vehículos que llegan en verde

Además de esto un factor de mucha importancia es la calidad de la progresión, esta característica es crítica para cuantificar el parámetro de tráfico. Para determinar este factor se utiliza el tipo de llegada (TLI), esto es un parámetro que indica de forma aproximada la calidad de la progresión. Existen 6 tipos de llegada TLI

Tipo de llegada 1.

Columnas densas, representan más del 80% del volumen del grupo de carriles, llegando al principio de la fase roja. Este TLI indica una calidad de progresión muy mala, debido entre otras razones a la mala optimización de los semáforos en la red vial (Mala sincronización).

Tipo de llegada 2.

Columnas moderadamente densas, llegan a la mitad de la fase de roja, contienen entre el 40 a 80% de los volúmenes del grupo de carriles. Este TLI representa una condición desfavorable en las arterias de dos direcciones.

Tipo de llegada 3.

Llegada aleatoria, la columna principal representa menos del 40% del volumen del grupo de carriles, se caracteriza por gran dispersión de las columnas. Este TLI es representativo para intersecciones semaforizadas aisladas de una red vial continua.

Tipo de llegada 4.

Columnas moderadamente densas que llegan a la mitad de la fase de verde o columnas dispersas que contienen entre el 40 y 80% del volumen de los grupos

de carriles. Este TLI representa una progresión favorable para arterias de 2 direcciones.

Tipo de llegada 5.

Columnas densas y moderadas que llegan al inicio de la fase de verde, contienen más del 80% del volumen del grupo de carriles. Este TLI representa condiciones de calidad de progresión altamente favorable.

Tipo de llegada 6.

Este TLI representa condiciones ideales, donde las columnas son muy densas y progresan a través de intersecciones próximas entre sí, teniendo una progresión excepcional.

El cálculo del tipo de llegada es uno de los parámetros más importantes a determinar para conocer con exactitud el nivel de servicio de una intersección, la mejor forma de hacer lo es mediante la medición en campo aunque se lo puede estimar mediante los diagrama de tiempo/espacio de la intersección. Con la siguiente formula se puede cuantificar el tipo de llegada.

$R_c = PVV * (C/g)$	(3.1)
---------------------------------------	--------------

R_c = Relación de columna

PVV = Proporción de todos los vehículos del movimiento que llegan durante la fase de verde (no puede ser superior a 1.0)

C = duración del ciclo

g = Tiempo de verde efectivo del movimiento

Dependiendo de la siguiente tabla se puede conocer la calidad de progresión y el tipo de llegada que tiene determinado grupo de carriles.

Tipo de llegada	Intervalos de R_c	Calidad de Progresión
----------------------------	------------------------------------	----------------------------------

1	< 0.50	Muy Mala
2	> 0.50 y < 0.85	Desfavorable
3	> 0.85 y < 1.15	Llegadas aleatorias
4	> 1.15 y < 1.50	Favorable
5	> 1.50 y < 2.00	Altamente favorable
6	> 2.00	Excepcional

Tabla 4. Highway capacity manual 2010

3.2.3 Parámetros de semaforización.

En el parámetro de semaforización se requiere toda la información referente al sistema de señalización que utiliza la intersección, esto incluye un diagrama de fases el cual ilustra:

- Duración del ciclo (seg)
- Tiempo de verde (seg)
- Tiempo de Cambio amarillo
- Intervalo de despeje todo rojo
- Tipo de operación (actuada o prefijada)
- Mínimo de verde para peatones
- Plan de Fases

Para conocer el tiempo para paso de peatones se debe determinar el mínimo tiempo de verde, esto se lo hace con las siguientes fórmulas:

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(0.81 \frac{N_{ped}}{W_E} \right) \text{ for } W_E > 3.0 \text{ m} \quad (3,1,1)$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27 N_{ped}) \quad \text{for } W_E \leq 3.0 \text{ m} \quad (3,1,2)$$

G_p = Tiempo mínimo de verde

L = Longitud del paso de peatones

S_p = Velocidad promedio de los peatones

W_e = Ancho efectivo del paso de peatones

N_{ped} = Numero de peatones cruzando durante un intervalo

3.3 AJUSTES DE VOLUMENES.

En el ajuste de volúmenes se realiza tres pasos:

1. Se transforman los volúmenes en intensidades para los 15 min. de la hora pico que se analizara.
2. Se establece que grupo de carriles se irá a analizar.
3. Se ajustan y corrigen los flujos de los carriles tomando en cuenta el desequilibrio en la utilización de los carriles.

3.3.1 Ajuste de los volúmenes para saber la intensidad en la hora pico.

Este análisis es bastante sencillo simplemente pasamos los volúmenes dados para los 15 min. De la hora pico, esto se hace dividiendo los volúmenes para el FHP (PHF)

$$I_p = Q/PHF \quad (3.2)$$

I_p = volumen durante 15 min. De la hora pico

Q = volumen horario en v/h

PHF = Factor de hora pico

Para los valores de PHF de un grupo de carriles se determina el factor más alto en el carril de mayor afluencia y con este factor se analiza todo el grupo, este valor es algo conservador pero se lo realiza debido a que es muy difícil efectuar

estudios validos en campo del PHF de todo los movimientos individuales en una sola hora pico.

3.3.2 Determinación de los grupos de carriles a analizar.

El análisis de la circulación en una intersección es desagregado, por lo que se debe considerar cada acceso de la intersección individualmente.

Determinar la división de intersecciones en grupo de carriles es una tarea bastante simple y obvia, de manera visual se puede determinar el número de carriles de cada acceso y los movimientos que se producen en dichos carriles, tales como giros permitidos, o giros exclusivos.

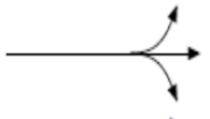
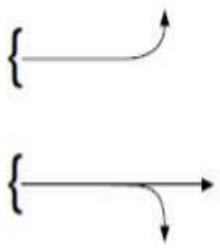
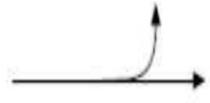
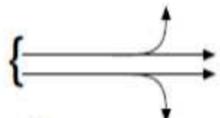
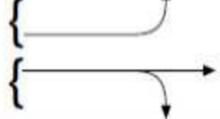
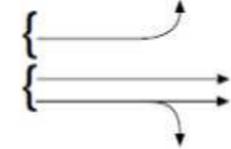
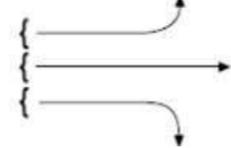
No. Carril	Movimientos por carril	Numero de posibles carriles
1	LT+TH+RT 	①  (Single-lane approach)
2	EXT LT  TH + RT 	② 
2	LT + TH  TH + RT 	①  OR ② 
3	EXT LT  TH  TH + RT 	②  OR ③ 

Tabla 5. Highway capacity manual 2010

3.3.3 Ajuste por la distribución entre carriles.

Cuando existen más de un carril es usual que el flujo no se distribuya con igualdad, el ajuste de distribución hace una mayoración de la intensidad utilizada para el análisis para reflejar el efecto que tiene el flujo en el carril que tiene mayor utilización.

Por tanto:

$I = I_g * U$	(3.3)
---------------	--------------

Donde:

I = Volumen de demanda corregida del grupo de carriles (V/h)

I_g = Volumen de demanda sin corregir (V/h)

U = Factor de utilización del carril

Donde U se desprende de la siguiente formula

$$U = (I_{g1} * N) / I_g$$

Donde:

I_{g1} = Intensidad de demanda sin ajustar del carril individual del grupo de carriles que tenga el mayor volumen

N = Numero de carriles del grupo de carriles.

Este factor es el que habitualmente se lo obtiene para conocer el desequilibrio entre flujos de carriles, excepto en flujos uniformes donde se puede utilizar este valor como 1.00 o cuando la relación V/C del grupo de carriles se aproxime a 1.00 también se puede obviar este factor debido a la homogeneidad de la situación.

3.4 FLUJO DE SATURACIÓN.

La saturación es el flujo en la cantidad de vehículos por hora al que puede dar servicio el grupo de carriles que se analizara, suponiendo que la fase de verde siempre esté disponible para el acceso.

Es decir la relación de verde (g/C) sea 1.00. El cálculo parte de una saturación ideal máximo de 1900 vehículos ligeros por hora de verde y por carril (vl/hv/c) a este valor se lo ajusta con una variedad de condiciones no ideales los cuales se detallan en la siguiente fórmula:

$S = (S_o) * (N) * (f_w) * (f_{HV}) * (f_g) * (f_p) * (f_{bb}) * (f_a) * (f_{LU}) * (f_{LT}) * (f_{RT}) * (f_{Lpb}) * (f_{Rpb}) \quad (3.4)$
--

Donde:

S= saturación para el grupo de carriles, expresada como el total de todos los carriles del grupo de carriles (v/hv)

So= saturación ideal por carril, normalmente 1900 vl/hv/c

N= numero de carriles del grupo de carriles.

Fw= factor de ajuste por anchura de carril.

FHV= factor de corrección por la proporción vehículos pesados en la corriente de circulación.

Fg= factor de ajuste por inclinación del acceso.

Fp= factor por ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles y por la actividad de estacionamiento en ese carril.

fb= factor de ajuste por efecto de bloqueo de autobuses dentro de la intersección.

fa= factor de ajuste por tipo de área.

fLU= factor de ajuste por distribución de carriles.

FRT= factor de ajuste por giros a la derecha.

FLT= factor de ajuste por giros a la izquierda..

fLpb= factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros vehiculares a la izquierda.

fRpb= factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros vehiculares a la derecha.

3.4.1 TABLAS PARA RESOLUCION DE FORMULA DE SATURACIÓN.

ancho de carril	$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$	W= ancho de carril (m)	W >= 2,4 si W > 4,8 el análisis es considerado como dos carriles
-----------------	-------------------------------	------------------------	--

vehículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV= % de vehículos pesados para cada grupo de carriles	$E_T = 2,0$ veh/hv
inclinación	$f_g = \frac{\%g}{200}$	%g= % inclinación en el grupo de carriles	
Estacionamiento	$f_e = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N}$	N= numero de grupo de carriles N _m = numero de maniobras de estacionamientos/hr	0 ≤ N _m ≤ 180 f _p ≥ 0,05 f _p = 1 sin estacionamiento
Bloqueo de buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_B}{3600}}{N}$	N= numero de carriles N _B = numero de buses que paran por hora	0 ≤ N _B ≤ 250 f _{bb} ≥ 0,05
Tipo de área	f _a = 0,9 en CBD f _a = 1 en otras áreas	CBD= distrito central de negocios (centro de la ciudad)	
Utilización de carriles	$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} * N}$	V _g = Rango de flujo (flow rate) de demanda no ajustada del grupo de carril (veh/hr) v _{g1} = Rango de flujo (flow rate) de demanda no ajustada del carril con el volumen mas alto del grupo N= numero de carriles del grupo	
Giro a la izquierda	Fase protegida Carril exclusivo: f _{MI} = 0.95 Carril compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 P_{MI}}$	P _{MI} = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles	
Giro a la	carril exclusivo: f _{MD} = 0,85 Carril	P _{MD} = proporción de	f _{MD} ≥ 0,05

derecha	<p>compartido: $f_{MD}=1-0,15P_{MD}$</p> <p>Carril simple: $f_{MD}=1-0,135P_{MD}$</p>	vueltas a la derecha en el grupo de carriles	
Bloqueo por peatones y bicicletas	<p>Ajuste: LT $f_{Lpb}=1-P_{LT}(1-A_{pbT})(1-P_{LTA})$</p> <p>Ajuste: RT $f_{Rpb}=1-P_{RT}(1-A_{pbT})(1-P_{RTA})$</p>	<p>P_{LT}= proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles</p> <p>A_{pbT}= ajuste a la fase permitida</p> <p>P_{LTA}= proporción de vueltas a la izquierda que usan la fase protegida</p> <p>P_{RT}= proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles</p> <p>P_{RTA}= proporción de vueltas a la derecha que usan la fase protegida</p>	

Tabla 6. Highway capacity manual 2010. Capítulo 18

Consideraciones para nuestro trabajo.

En este trabajo se analizarán intersecciones semaforizadas de una sola dirección y de dos carriles, las cuales se encuentran en el centro de Guayaquil, esto nos permite eliminar algunas variables en la fórmula de saturación porque estas variables no son aplicables para este tipo de intersecciones.

3.5 ANALISIS DE LA CAPACIDAD

En el análisis de capacidad, se utilizan los resultados obtenidos en los módulos previos para calcular las variables básicas de la capacidad tales como:

1. Relación de flujos para cada grupo de carriles.
2. Capacidad de cada grupo de carriles.
3. Relación volumen/capacidad para cada grupo de carriles
4. Relación crítica V/C para el conjunto de la intersección.

La relación de flujo se la termina de manera sencilla dividiendo la demanda corregida (V) que se calculo en el modulo de ajuste de volúmenes entre la saturación ajustada (s) que se calculo en el modulo de saturación.

Para calcular la capacidad de cada grupo de carriles se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_1 = S_1 * (g_1/C) \quad (3.5)$$

C₁ = Capacidad de un grupo de carriles

S₁ = Saturación para un grupo de carriles

G₁/C = Relación de verde efectivo para un grupo de carriles

Para el cálculo de la relación *l/c* simplemente se dividen los flujos ajustados para las capacidades calculadas anteriormente.

$$X_1 = V_1/C_1 \quad (3.6)$$

Otro valor importante a determinar en el análisis de capacidad es el grupo de carriles crítico, esto se lo determina al conocer la relación *V/c* crítica, con la siguiente forma:

$$X_c = \sum (V/s) c_i * [c/(c-l)] \quad (3.7)$$

X_c: Relación *V/c* crítica

$\sum (V/s) c_i$: sumatoria de la relación (*V/s*) para todos los grupos de carriles críticos

C: Duración del ciclo

L: Total de tiempos perdidos por ciclo

En esta ecuación se encuentra la relación (*V/s*) esta es la medida normalizada de la intensidad de la demanda de todo grupo de carriles.

En el caso que no existan fases sobrepuesta en el reglaje semafórico, como en el caso de un semáforo sencillo de 2 fases el grupo de carriles críticos es sencillo de determinar, es aquel grupo que tenga la relación (*V/s*) más alta.

En este caso se producen 2 situaciones:

1. Existirá un grupo de carriles crítico para cada fase semafórica.
2. En cada fase, el grupo de carriles crítico es aquel con mayor relación (v/s) de entre los grupos de carriles que entran en movimiento en esa fase.

3.6 NIVEL DE SERVICIO

En el LOS se estimara la demanda media en parada para cada grupo de carriles y se promedia para los accesos y para el conjunto de la intersección.

El LOS está directamente relacionado con el valor de demora, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$d = d1 * FD + d2 + d3 \quad (3.8)$$

Donde:

d = Demora en parada (seg/v)

d1 = Demora uniforme

d2 = Demora incremental

d3 = Demora por inicio de cola

FD = Factor de ajuste de la demora por la calidad de la progresión y por el tipo de regulación

3.6.1 Demora Uniforme d1

Este valor asume llegadas uniformes en flujos estables, es la demora en el caso ideal de llegadas uniformes, para valores superiores a uno de X (relación i/c) no se utilizara el cálculo de d1.

Este valor viene dado por la siguiente ecuación:

$$d1: 0.5 * C * [1 - (g/C)]^2 / [1 - \min(1, x) * (g/C)] \quad (3.9)$$

Donde:

C = Duración del ciclo

g = Tiempo efectivo de verde por grupo de carriles

$x =$ Relación (i/c) para el grupo de carriles

3.6.2 Demora Incremental d2

La demora incremental, estima demoras debido a llegadas no uniformes y a fallos de ciclos individuales. Esta ecuación es válida para valores de X inferiores a 1.0 pero se puede usar con cautela hasta 1,2 como máximo. Siempre y cuando los valores de X no excedan a 1/FHP, si esto sucede el volumen horario excederá la capacidad horaria y la ecuación de d2 no será válida.

$$d2 = 900T * [(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + (8 * k * l * x) / cT}] \quad (4.0)$$

T = Duración del periodo de análisis (h)

K = factor de la demora incremental (se usa normalmente k=0.5 o ver tabla)

L = factor de ajuste de medida (para intersección independientes se usa L=1)

c = Capacidad para el grupo de carriles

EXHIBIT 16-13, k-VALUES TO ACCOUNT FOR CONTROLLER TYPE

Unit Extension (s)	Degree of Saturation (X)					
	≤ 0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
≤ 2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0 ^a	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Pretimed or nonactuated movement	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Note:

For a given unit extension and its K_{min} value at $X = 0.5$: $k = (1 - 2K_{min})(X - 0.5) + K_{min}$, $k \geq K_{min}$, and $k \leq 0.5$.

a. For unit extension > 5.0, extrapolate to find k, keeping $k \leq 0.5$.

Tabla 7. Highway capacity manual 2010

3.6.3 Demora por inicio de cola d3

Cuando existe una cola producida por un periodo anterior al analizada (No se produjo un vacío total en la fase de verde) existe una demora adicional debido a los vehículos de la cola del anterior periodo.

Nos basamos en la siguiente fórmula para determinar este valor, cabe recalcar que la situación para que se produzca esta demora no es usual y en muchos casos se suprime este análisis en cuyo caso d3 es igual a 0.

$$d3 = 1800 \cdot Qb \cdot (1+u) \cdot t / cT \quad (4,1)$$

donde:

- Qb = Cola inicial al inicio del periodo T (veh)*
- c = capacidad del grupo de carril ajustada (veh/h)*
- T = duración del periodo de análisis (h)*
- T = duración de la demanda insatisfecha en T(h)*
- u = parámetro de demora*

$$t = 0 \text{ si } Qb = 0, \text{ sino } t = \min\{T, Qb / c \cdot [1 - \min(1, X)]\} \quad (4,2)$$

donde:

- X = grado de saturación (v/c)*

$$u = 0 \text{ si } t < T, \text{ sino } u = 1 - (cT / Qb [1 - \min (1,X)]) \quad (4,3)$$

Selection of delay model variables by case

Case No.	X	Qb	d1	d2	t	u	d3	Tc
I	< 1,0	0	Eq. 3,9	Eq. 4,0	0	0	0	T
II	> 1,0	0	Eq. 3,9	Eq. 4,0	0	0	0	TX
III	< 1,0	> 0	Eq. 4,4	Eq. 4,0	Eq. 4,2	0	Eq. 4,1	T
IV	< 1,0	> 0	Eq. 4,4	Eq. 4,0	T	Eq. 4,3	Eq. 4,1	Eq. 4,2,1
V	>1,0	> 0	Eq. 4,4	Eq. 4,0	T	1	Eq. 4,1	Eq. 4,2,1

Tabla 9. Highway capacity manual

$$d1 = ds * t/T + du * PF * (T-t)/T \quad (4,4)$$

donde:

ds = Demora Saturada ($d1 \ X= 1,0$)

du = Demora no Saturada ($d1$, Se evalúa el valor de X)

3.6.4 Factor de ajuste de la demora

Este factor toma en cuenta la progresión semafórica y el tipo de control estos dos casos son mutuamente exclusivos (es decir se analiza uno o el otro, pero no los dos). El factor de ajuste FD solo se afecta en la demora $d1$.

Para ajuste por tipo de control tenemos que determinar si el tipo de semaforización es actuada o predeterminada, dependiendo del caso podemos optar por los valores que se presentan en la tabla de FD.

De igual forma para el ajuste por progresión semafórica iremos a la tabla correspondiente, cabe mencionar que para progresiones semafóricas no se hace una distinción entre semáforos actuados o predeterminados.

tipo de llegada	intervalo de la relación de columna (R_c)	valores sustitutos por omisión (R_c)	Calidad de progresión
1	$\leq 0,5$	0,333	Muy mala
2	$>0,5$ y $\leq 0,85$	0,667	Desfavorable
3	$>0,85$ y $\leq 1,15$	1,000	Llegadas de forma aleatoria
4	$>1,15$ y $\leq 1,5$	1,333	Favorable
5	$>1,5$ y $\leq 2,00$	1,667	Altamente favorable

6	>2,00		Excepcional
---	-------	--	-------------

Tabla 9. Highway capacity manual 2010

Tipos de llegadas (AT)

Relación de verde (g/C)	tipo de llegadas (AT)					
	AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6
0,2	1,167	1,007	1,000	1	0,833	0,75
0,3	1,266	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,4	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,5	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,6	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,7	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f_c	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
R_p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

Tabla 10. Highway capacity manual 2010

3.6.5 Estimación de la demora agregada.

Una vez conocidos las demoras por vehículo por grupo de carriles, es deseable incorporar estas demoras a las demoras medias del acceso y de la intersección completa. Por tanto la demora de un acceso se calcula con la siguiente fórmula:

$$dA: \sum d_1 l_1 / \sum l_1 \quad (4.5)$$

Donde:

dA: demora para el acceso A

d1: demora por grupo de carriles en acceso A

I_1 : la intensidad ajustada para el grupo de carriles

Este valor puede promediarse para todo los acceso con lo que obtendremos la demora media de la intersección. Dada por la siguiente ecuación.

$$d_1: \frac{\sum d_A I_A}{\sum I_A} \quad (4.6)$$

Donde:

d_1 : demora media por vehículo de la intersección

I_A : Intensidad ajustada del acceso

3.6.6 Determinación del Nivel de servicio

Como anteriormente señalamos el nivel de servicio está ligado a las demoras por vehículos, una vez determinado esto podemos ir a la tabla que revisamos con anterioridad y elegir entre los 6 niveles que existen.

Nivel de servicio ($v/c < 1.0$)	Nivel de servicio ($v/c > 1.0$)	DEMORA POR PARADA POR VEHICULO (SEG)
A	F	≤ 10.0
B	F	> 10.0 y ≤ 20.0
C	F	> 20.0 y ≤ 35.0
D	F	> 35.0 y ≤ 55.0
E	F	> 55.0 y ≤ 80.0
F	F	> 80.0

Tabla 1. Highway capacity manual 2010. Capítulo 18

CAPITULO 4

4.1 Introducción a la metodología de campo.

La metodología que utilizaremos será un conteo de vehículos en las intersecciones señaladas, este conteo nos proporcionara 2 valores importantes:

1. Información necesaria para poder realizar el análisis teórico según el HCM2010.
2. Valores reales de capacidad y tiempos reales de demora por vehículo.

Adicional a esto podremos obtener valores reales de anchos de carril necesarios para una capacidad dada de flujo los cuales serán comparados con los anchos teóricos que se han venido utilizando desde hace años (aprox 3.6m).

La metodología estará separada en los siguientes puntos:

- Determinación de la hora pico
- Conteo de Vehículos y Obtención de Valores en la hora Pico.
- Comparación de resultado de Capacidad en campo y teórico.
- Conteo de vehículo (capacidad) disminuyendo el ancho de los carriles.
- Obtención de la capacidad media para intersecciones de este tipo para la ciudad de Guayaquil.

4.2 Determinación de la hora pico.

El análisis que se van a realizar serán en la ciudad de Guayaquil en la zona del centro comercial, en la intersección con vías de mayor afluencia de buses. Para este análisis lo primero que debemos determinar cuál es la hora de mayor tráfico en el día. Este valor nos permitirá saber cuál es la capacidad con la que funciona dichas intersecciones, además que nos brindara valores importantes que los necesitaremos para conocer el nivel de servicio de las mencionadas intersecciones.

Para poder obtener este rango de tiempo lo que haremos será, hacer un conteo continuo de 13 horas, con este conteo podremos visualizar el crecimiento secuencial del tráfico en la intersección y encontrar el pico de dicho crecimiento.

Este conteo solo se lo podrá realizar en días de trabajo normales para tener un conteo real.

4.3 Conteo de Vehículos en la hora pico HP

Una vez conocido la hora pico, se realizara el conteo de vehículo en determinada hora, además de realizarlo media hora antes y media hora después. Lo cual nos permitirá tener una mayor seguridad de que los valores obtenidos serán los picos absolutos de la intersección.

Este análisis se lo realizara en las 4 intersecciones elegidas.

4.4 Comparación de resultados.

Una vez obtenidos los valores necesarios para hacer el análisis mediante el HCM2010, se los compara con los valores de capacidad obtenidos en sitio.

4.5 Conteo de Vehículos disminuyendo el ancho de los carriles.

El análisis final que se hará será una verificación de los anchos de carriles para las vías en Guayaquil. Para cumplir este objetivo lo que haremos será deliberadamente disminuir el ancho de los carriles. Estos reducirán en 1.5 m. Con los carriles de menor ancho se realizara el conteo de los vehículos y se verificara las capacidades que se obtengan con las capacidad obtenida sin dicha disminución.

CAPITULO 5.

Análisis de la influencia del transporte con la salud de las personas.

5.1 Introducción.

En el contexto de conservación de energía y mejoramiento del medio ambiente, el transporte ofrece un gran potencial para la reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero, además que teniendo una política adecuada de transportación mejoraría en gran medida la calidad de vida de los habitantes, especialmente en urbes de países en vías de desarrollo. (Específicamente en urbes con desarrollos industriales exponencialmente rápidos).

5.2 Impacto del transporte en la salud.

El transporte como toda actividad social tiene impactos negativos en el medio ambiente, especialmente en la salud de las personas.

Los impactos negativos más comunes son:

- Exposición a los contaminantes del aire.
- Emisiones sonoras de vehículos motorizados.
- Riesgos y traumatismos causados por el transito.

5.2.1 Contaminación del aire.

El sector del transporte es responsable de una proporción significativa de las emisiones de CO₂ y de otros gases contaminantes a nivel mundial, contribuyendo al deterioro del medio ambiente.

Esto se acentúa mucho más en ciudades con densidad poblacional alta, ciudades como México DF, Bangkok o Beijing.

Según el estudio 2006^a de la OMS (organización mundial de la salud) entre más altos son los niveles de contaminación del aire, más grave son los problemas de salud asociados.

Cuadro 1. Resultados de salud asociados con contaminantes del aire.

<u>Problema de salud</u>	<u>Contaminante del aire</u>
Mortalidad	Humo negro, ozono, PM (material particulado)
Enfermedades respiratorias	Humo negro, ozono, dióxido de nitrógeno, gases
Enfermedades cardiovasculares	Ozono, dióxido de nitrógeno, gases de escape del diesel, PM, VOCs (compuesto orgánico volátil)
Cáncer	Dióxido de nitrógeno, gases de escape del diesel.
Resultados reproductivos adversos	Dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, gases del diesel

Uno de los componentes mas dañinos que contamina el aire es el material particulado, este material usualmente traspasa los filtros de aire en oficinas y viviendas y puede alojarse en los pulmones causando graves problemas de salud. Este material puede ser metales pesados, sulfuros, compuestos de carbono, etc.

El estudio 2011 de la OMS afirma que una reducción de 75 ug/m³ de concentración de partículas (común en muchas ciudades) a 20 ug/m³ por PM₁₀ reduciría 15% la mortalidad.

Actualmente los peores niveles de contaminación del aire se encuentran en ciudades de asía, áfrica y medio oriente.

Según kryzanowski et al. 2005 el transporte terrestre en ciudades europeas contribuye en un 30% del material particulado mas dañino en el aire. Mientras en ciudades en desarrollo la contribución llega el 69% según PNUMA/OMS 2009.

5.2.2 Emisiones sonoras de los vehículos motorizados.

Hay una creciente evidencia que el estrés inducido por el ruido aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y el ruido también puede tener efectos negativos en la salud mental.

Especialmente en los niños con influencias sonoras negativas se ha demostrado que tienen problemas de aprendizaje y bajo rendimiento en matemáticas (Ljung et al 2009).

5.2.3 Riesgos y traumatismos causados por el tránsito.

Los traumatismos causados por el tránsito causan 1.3 millones de muertes al año en el mundo (OMS 2008c) con 50 millones de personas lesionadas. Se proyecta que la carga de muertes por traumatismo de tránsito está en crecimiento de tal forma que para el 2030 será el 5% de la carga mundial de morbilidad y será la tercera causa de muerte.

Esta tasa aumenta por distintos factores. Especialmente por 3 factores.

1. Tipo de vehículo en que se transporta.

- Los vehículos motorizados de 2 ruedas (motocicletas) son los que tienen un porcentaje mayor de riesgo de lesiones graves y colisiones
- Los vehículos de transporte público son los que tienen el porcentaje más bajo de riesgo de colisiones.

2. Velocidades de movilización.

- La velocidad es un factor preponderante en la morbilidad de las colisiones. A 50 km la probabilidad de que en una colisión resulte en alguna muerte es baja. La tasa aumenta exponencialmente conforme se aumenta la velocidad.

3. Conformación del tránsito en las carreteras.

- Además de la velocidad y el tipo de vehículo, un factor importante es la conformación del tránsito, es decir, los porcentajes de cada tipo de vehículo que se transporta en las carreteras. De tal forma que en urbes con alto índice de vehículos de transporte público y alto índice de motocicletas, existe un nivel grande de accidentes viales. Esto se debe especialmente a que en estas urbes no existe carriles específicos para cada tipo de vehículo.

Adicional a estos impactos directos para la salud, existen impactos indirectos tales como:

- Limitación de la interacción social debido desconexiones del medio urbano en barrios que crucen vías de altos flujos de tránsito.
- Problemas de manejo de ira, muy común en urbes con problemas graves de tráfico extremo.
- Falta de actividad física debido a la movilidad exclusiva de transporte motorizado.

5.3 Efectos de la salud debido a la falta de actividad física.

Según la OMS2009 la falta de actividad física es responsable de 3 millones de muertes al año, debido a problemas relacionados con obesidad, hipertensión, problemas cardíacos graves, sedentarismo, etc.

En este contexto el transporte puede ser muy beneficio para disminuir dicho factor.

La OMS considera que las actividades al aire libre, tales como caminar o andar en bicicleta pueden ser particularmente importante, ya que la exposición solar adecuada puede aumentar los niveles de vitamina D, reduciendo los riesgos de enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y diabetes tipo 2.

5.4 Políticas para un transporte más saludable.

1. Mejoramiento en la planificación del uso del suelo.

- Entre los puntos más importantes en la planeación del uso del suelo está el uso mixto del suelo, senderos para peatones y ciclo vías, diseño y conectividad de calles, infraestructura de transporte que vincule áreas residenciales con comercios y de negocios (NSW centro de sobrepeso y obesidad 2005)
- Instalaciones para actividad física, alta densidad residencial, acceso rápido a los destinos.

2. Facilitar medios de transportes saludables.

- El uso de transporte público está asociado a mayor actividad física debido a que usualmente se accede al servicio caminando o mediante bicicleta.
- Mejoramiento de las redes de tránsito de bicicletas y peatones. Esto reduce el índice de accidentes de tránsito para estos vehículos.

3. Mejoramiento de vehículos y combustibles.

- El mejoramiento a combustibles más eficientes y de menor contaminación es de vital importancia para el mejoramiento de la salud. Especialmente en urbes en desarrollo donde el crecimiento vial es importante y no existe un control de las emisiones dañinas de los vehículos, especialmente de los gases del diesel.
- Estos combustibles actualmente pueden ser reemplazados por combustibles de menor daño, tales como el etanol, energía eléctrica e híbrida.

4. Inversión y provisión de espacio en la red de transporte para bus rápido/transporte público.

- Este punto es de gran importancia para limitar el uso de vehículos particulares. El estudio de la OMS 2009^a indica que la movilidad en vehículos particulares en distancias inferiores a los 20 km es 8 veces más perjudicial por número de habitantes que la movilidad en transporte público.

CAPITULO 6

ANALISIS TEORICO

6.1 Resultados del análisis teórico mediante el HCM2010.

Se realizó el conteo de las intersecciones, estos resultados fueron tabulados y analizados con el método del HCM2010, utilizando los worksheet del libro para facilitar su comprensión.

A continuación se muestra los conteos en las horas de mayor afluencia de vehículos.

6.1.1 ANALISIS SIN BLOQUEO.

CICLO DEL SEMÁFORO Y DISTANCIAS					
INTERSECCIONES	DISTANCIAS(m)	ROJO (s)	VERDE (s)	AMARILLA (s)	CICLO (s)
RUMICHACA	10.6	34	43	3	80
LUQUE	9.65	46	31	3	80
GARCIA AVILES	9.1	37	50	3	90
LUQUE	9.0	57	30	3	90
RUMICHACA	9.4	34	43	3	80
AGUIRRE	7.65	46	31	3	80
RUMICHACA	9.7	44	43	3	90
CLEMENTE BALLEEN	9.1	45	42	3	90

Conteo de vehículos sin bloqueo

HORA		Rumichaca y Clemente Ballen			
		Rumichaca		Clemente Ballen	
		LIV	PES	LIV	PES
16:15	16:30	127	77	213	27
16:30	16:45	128	71	208	17
16:45	17:00	123	66	222	14
17:00	17:15	129	84	250	17
HORA		Garcia Aviles y Luque			
		Garcia Aviles		Luque	
		LIV	PES	LIV	PES
16:00	16:15	206	46	204	27
16:15	16:30	197	46	188	33
16:30	16:45	229	55	222	26
16:45	17:00	226	37	218	29
HORA		Rumichaca y Aguirre			
		Rumichaca		Aguirre	
		LIV	PES	LIV	PES
16:15	16:30	176	101	187	30
16:30	16:45	181	93	218	26
16:45	17:00	181	81	218	27
17:00	17:15	178	112	178	33
HORA		Rumichaca y Luque			
		Rumichaca		Luque	
		LIV	PES	LIV	PES
16:00	16:15	198	109	212	43
16:15	16:30	169	110	184	45
16:30	16:45	173	92	219	37
16:45	17:00	164	84	192	42

Conteo de vehículos con equivalencia sin bloqueo.

RUMICHACA Y CLEMENTE BALLEN												
FECHA	Rumichaca						Clemente Ballen					
	IZQ		CENTRO		DER.		IZQ		CENTRO		DER.	
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.
16:15	16	0	111	77	0	0	79	17	136	10	0	0
16:30	17	0	111	71	0	0	75	10	133	6	0	0
16:45	16	0	107	66	0	0	80	9	142	5	0	0
17:00	17	0	112	84	0	0	90	10	159	6	0	0
GARCIA AVILES Y LUQUE												
FECHA	Garcia Aviles						Luque					
	IZQ		CENTRO		DER.		IZQ		CENTRO		DER.	
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.
16:00	67	6	139	41	0	0	71	4	132	24	0	0
16:15	64	6	134	41	0	0	66	5	122	28	0	0
16:30	74	7	155	48	0	0	78	4	145	22	0	0
16:45	73	4	153	33	0	0	76	4	142	25	0	0
17:00												
RUMICHACA Y AGUIRRE												
FECHA	Rumichaca						Aguirre					
	IZQ		CENTRO		DER.		IZQ		CENTRO		DER.	
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.
16:15	46	20	130	81	0	0	66	3	121	27	0	0
16:30	45	19	135	75	0	0	77	3	141	23	0	0
16:45	45	16	135	64	0	0	77	3	141	24	0	0
17:00	45	22	134	89	0	0	63	4	115	30	0	0
RUMICHACA Y LUQUE												
FECHA	Rumichaca						Luque					
	IZQ		CENTRO		DER.		IZQ		CENTRO		DER.	
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.
16:00	69	7	129	102	0	0	74	9	138	35	0	0
16:15	59	7	110	103	0	0	65	8	120	36	0	0
16:30	60	5	112	86	0	0	77	7	142	30	0	0
16:45	57	6	106	78	0	0	67	8	125	34	0	0
17:00												
EQUIVALENTE C.1												
1488						1034						
EQUIVALENTE C.2												
1492						1141						

6.1.2 ANALISIS CON BLOQUEO.

CICLO DEL SEMÁFORO Y DISTANCIAS					
INTERSECCIONES	DISTANCIAS(m)	ROJO (s)	VERDE (s)	AMARILLA (s)	CICLO (s)
RUMICHACA	9.1	34	43	3	80
LUQUE		46	31	3	80
GARCIA AVILES	7.6	37	50	3	90
LUQUE		57	30	3	90
RUMICHACA	7.9	34	43	3	80
AGUIRRE		46	31	3	80
RUMICHACA	8.2	44	43	3	90
CLEMENTE BALLEEN		45	42	3	90

Conteo de vehículos con bloqueo

HORA		Rumichaca y Clemente Ballen			
		Rumichaca		Clemente Ballen	
		LIV	PES	LIV	PES
16:15	16:30	118	72		
16:30	16:45	119	65		
16:45	17:00	114	60		
17:00	17:15	120	79		
HORA		Garcia Aviles y Luque			
		Garcia Aviles		Luque	
		LIV	PES	LIV	PES
16:00	16:15	192	43		
16:15	16:30	183	43		
16:30	16:45	213	52		
16:45	17:00	210	33		
HORA		Rumichaca y Aguirre			
		Rumichaca		Aguirre	
		LIV	PES	LIV	PES
16:15	16:30	164	93		
16:30	16:45	168	87		
16:45	17:00	168	74		
17:00	17:15	165	104		
HORA		Rumichaca y Luque			
		Rumichaca		Luque	
		LIV	PES	LIV	PES
16:00	16:15	186	101		
16:15	16:30	157	102		
16:30	16:45	162	84		
16:45	17:00	152	76		

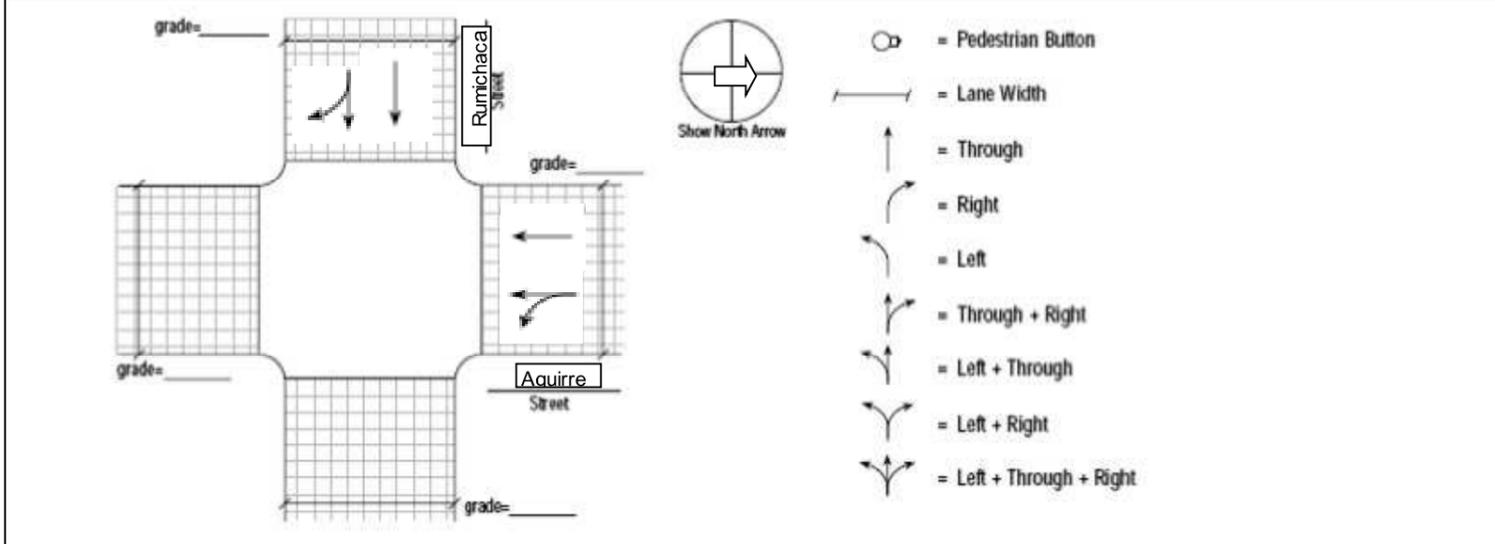
Conteo de vehículos con equivalencia sin bloqueo.

RUMICHACA Y CLEMENTE BALLEN																					
Rumichaca				Clemente Ballen				EQUIVALENTE C.1				EQUIVALENTE C.2									
FECHA	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV
16:15	15	0	103	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:30	15	0	104	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:45	15	0	99	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	16	0	104	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:15	16	0	104	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GARCIA AVILES Y LUQUE																					
Garcia Aviles				Luque				EQUIVALENTE C.1				EQUIVALENTE C.2									
FECHA	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV
16:00	62	5	130	37	0	0	70	4	125	22	0	0	0	72	205	0	78	169	0	0	0
16:15	59	5	124	38	0	0	68	5	128	25	0	0	70	200	0	78	178	0	0	0	0
16:30	69	6	144	46	0	0	75	3	139	21	0	0	81	235	0	81	181	0	0	0	0
16:45	68	4	142	29	0	0	75	4	142	25	0	0	76	200	0	84	191	0	0	0	0
17:00	68	4	142	29	0	0	75	4	142	25	0	0	299	841	0	321	719	0	0	0	0
RUMICHACA Y AGUIRRE																					
Rumichaca				Aguirre				EQUIVALENTE C.1				EQUIVALENTE C.2									
FECHA	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV
16:15	43	19	121	74	0	0	0	0	0	0	0	0	80	270	0	0	0	0	0	0	0
16:30	42	17	126	69	0	0	0	0	0	0	0	0	77	264	0	0	0	0	0	0	0
16:45	42	15	126	59	0	0	0	0	0	0	0	0	71	244	0	0	0	0	0	0	0
17:00	41	21	124	83	0	0	0	0	0	0	0	0	83	290	0	0	0	0	0	0	0
17:15	41	21	124	83	0	0	0	0	0	0	0	0	311	1068	0	0	0	0	0	0	0
RUMICHACA Y LUQUE																					
Rumichaca				Luque				EQUIVALENTE C.1				EQUIVALENTE C.2									
FECHA	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		LIV	IZQ		CEN		DER.		
	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.		LIV	PES.	LIV	PES.	LIV	PES.	LIV
16:00	65	6	121	95	0	0	0	0	0	0	0	0	77	310	0	0	0	0	0	0	0
16:15	55	6	102	96	0	0	0	0	0	0	0	0	67	295	0	0	0	0	0	0	0
16:30	57	5	105	79	0	0	0	0	0	0	0	0	67	264	0	0	0	0	0	0	0
16:45	53	5	99	71	0	0	0	0	0	0	0	0	64	240	0	0	0	0	0	0	0
17:00	53	5	99	71	0	0	0	0	0	0	0	0	275	1109	0	0	0	0	0	0	0
1384																					
0																					

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y Aguirre	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	13-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period	16:00-18:30		Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	311	1068	-	-	-	-				309	725	
% heavy vehicles % HV	23	27								5	11.3	
Peak-hour factor, PHF		0.924			-						0.95	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		362									97	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 31 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 80 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Aguirre

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	311	1068								309	725	
Peak-hour factor, PHF		0.92									0.95	
Lane group	336	1156								325	763	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1492									1088	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.23									0.3		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		4									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.83									0.883	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.787									0.898	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.638									0.871	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.989									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = S₀ N f_w f_{HV} f_g f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2569			0			0			3168	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Aguirre

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1492									1088
Saturation flow rate, s (veh/h)	2569									3168
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	42									30
Green ratio, g/C	0.53									0.38
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1349									1188
Flow ratio, v/s	1.11									0.92
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)										0.924
Total lost time per cycle L(s)										6
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)										0.999

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

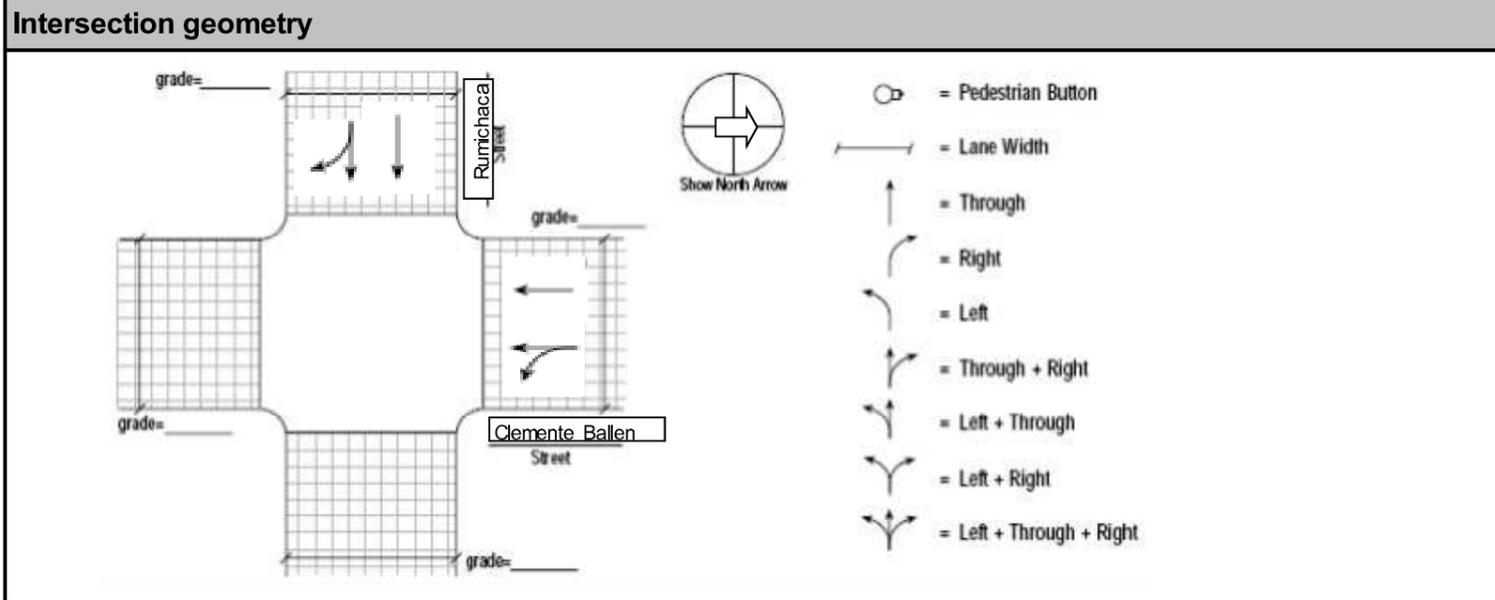
	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1492			1088
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1349			1188
v/c ratio, ² X= v/c	0.58			0.34
Total green ratio, ² g/C	0.53			0.38
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	19.0			23.8
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	59.1			12.4
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	78.1			36.2
LOS by lane group	E			D
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	78.1			36.2
LOS by approach	E			D
Approach flow rate V _A (veh/h)	1492			1088
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	60.4	Intersection LOS		E

Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y clemente ballen	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	15-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period			Analysis year	2011	



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	61	962	-	-	-	-				417	627	
% heavy vehicles % HV	1	27								5	7.2	
Peak-hour factor, PHF		0.920			-						0.912	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		280									70	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 42 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 90 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Clemente ballen

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	61	962								417	627	
Peak-hour factor, PHF		0.92									0.91	
Lane group	66.3	1046								457	688	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1112									1145	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.06									0.4		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		3									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.922									0.937	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.787									0.933	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.627									0.907	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.997									0.98	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = S₀ N f_w f_{HV} f_g f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2112			0			0			3620	

Notes

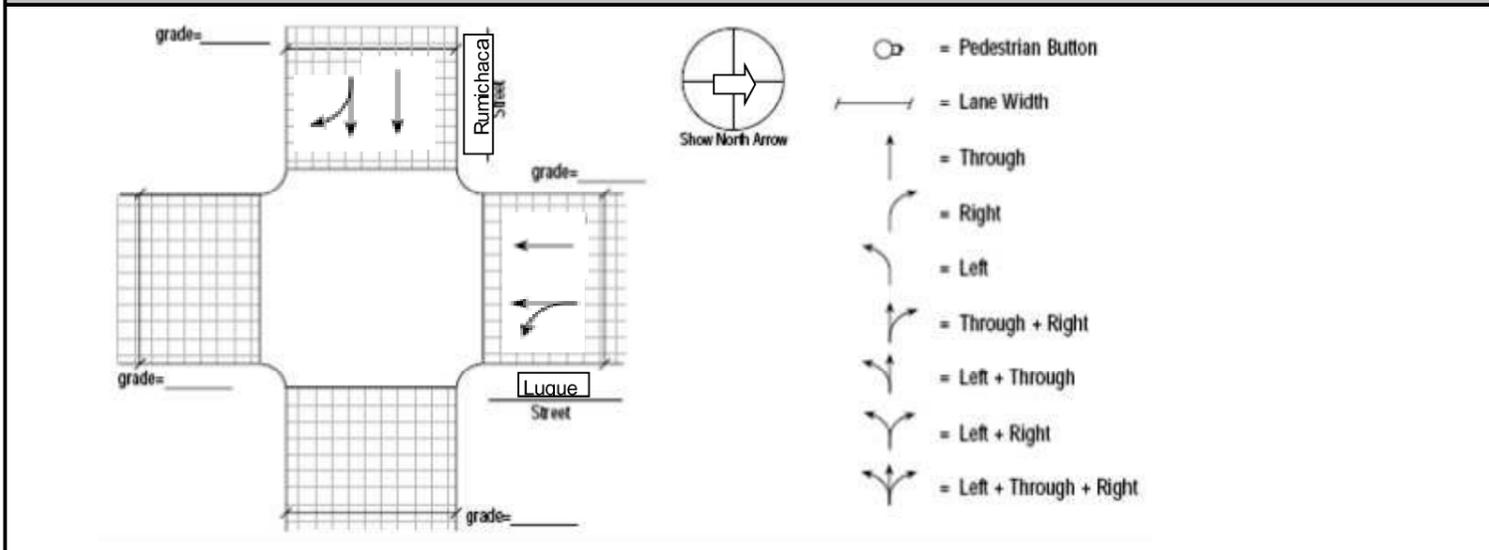
1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET											
General information											
Project Description	Av. Rumicha y Clemente ballen										
Capacity analysis											
Phase number		2								2	
Phase type		P								P	
Lane group											
Adjusted flow rate, v (veh/h)		1112								1145	
Saturation flow rate, s (veh/h)		2112								3620	
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e		4								4	
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L		43								42	
Green ratio, g/C		0.48								0.47	
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)		1009								1689	
Flow ratio, v/s		1.1								0.68	
Critical lane group/phase (v)		si								si	
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)		0.843									
Total lost time per cycle L(s)		5									
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)		0.893									
Lane group capacity, control delay, and LOS determination											
		EB		WB		NB		SB			
Lane group											
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)		1112						1145			
Lane group capacity, ² c(veh/h)		1009						1689			
v/c ratio, ² X= v/c		0.53						0.32			
Total green ratio, ² g/C		0.48						0.47			
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)		25.9						18.7			
Incremental delay calibration, ³ k		0.5						0.5			
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)		60.5						2.21			
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)		0						0			
Progression adjustment factor, PF		1						1			
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)		86.5						20.9			
LOS by lane group		F						B			
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)		86.5						20.9			
LOS by approach		F						B			
Approach flow rate V _A (veh/h)		1112						1145			
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)		53.2	Intersection LOS					C			
Notes											
<ol style="list-style-type: none"> 1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C). 2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters. 3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13. 4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min. I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections. 											

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y Luque	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	14-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period	16:00-18:30		Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	275.1	1109	-	-	-	-				345	796	
% heavy vehicles % HV	9.2	30.1								10	15	
Peak-hour factor, PHF		0.890			-						0.95	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		363									137	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 31 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 80 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y luque

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	275	1109								345	796	
Peak-hour factor, PHF		0.89									0.95	
Lane group	309	1246								363	838	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1555									1201	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.2									0.3		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		4									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.867									0.957	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.769									0.87	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.637									0.817	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.99									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = S₀ N f_w f_{HV} f_g f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2612			0			0			3123	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information
Project Description Av. Rumicha y Luque

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1555									1201
Saturation flow rate, s (veh/h)	2612									3123
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	43									31
Green ratio, g/C	0.54									0.39
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1404									1210
Flow ratio, v/s	1.11									0.99
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)									0.98	
Total lost time per cycle L(s)									6	
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)									1.059	

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1555			1201
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1404			1210
v/c ratio, ² X= v/c	0.6			0.38
Total green ratio, ² g/C	0.54			0.39
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	21.1			24.4
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	59.2			24.2
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	80.4			48.6
LOS by lane group	F			D
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	80.4			48.6
LOS by approach	F			D
Approach flow rate V _A (veh/h)	1555			1201
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	66.5	Intersection LOS		E

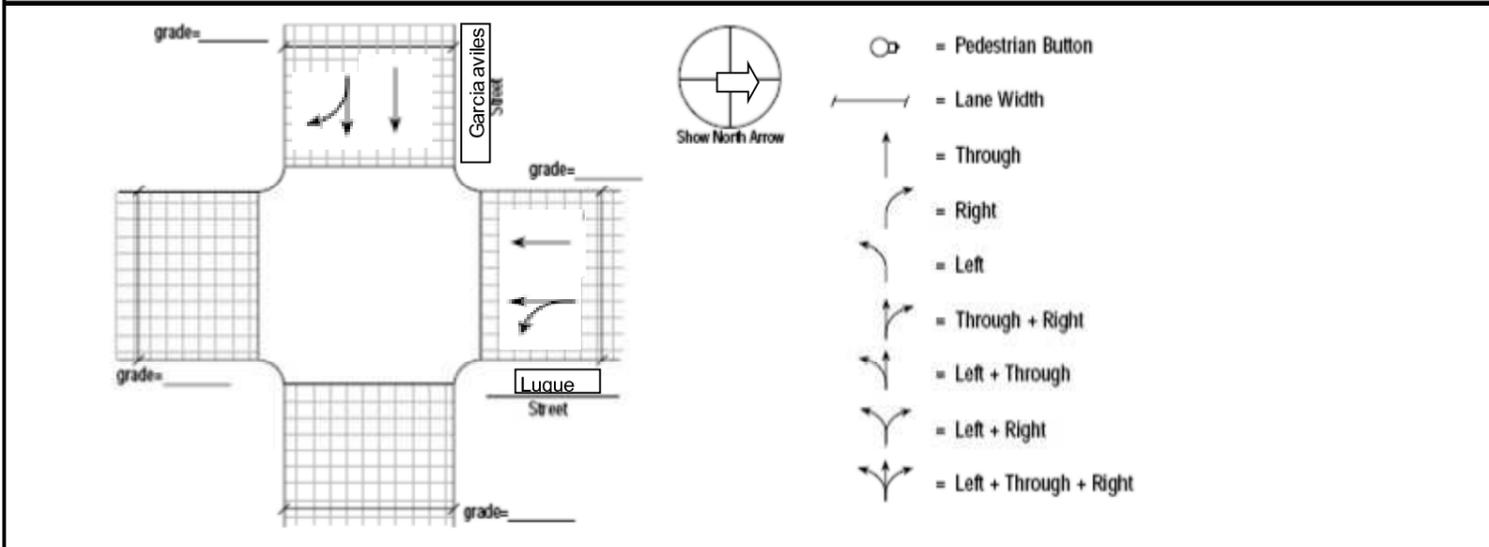
Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Garcia Aviles y Luque	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	15-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period	16:00-18:30		Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	299	841	-	-	-	-				321	719	
% heavy vehicles % HV	1	21								2	12.9	
Peak-hour factor, PHF		0.900			-						0.95	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		190									98	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 50 Y= 3	G= 30 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 90 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Garcia aviles y luque

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	299	841								321	719	
Peak-hour factor, PHF		0.9									0.95	
Lane group	332	934								338	757	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1267									1095	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.26									0.31		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		3									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.94									0.896	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.826									0.886	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.747									0.869	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.987									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) $s = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$		2657			0			0			3166	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information

Project Description Av. Garcia aviles y luque

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1267									1095
Saturation flow rate, s (veh/h)	2657									3166
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	49									29
Green ratio, g/C	0.54									0.32
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1447									1020
Flow ratio, v/s	0.88									1.07
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)									0.823	
Total lost time per cycle L(s)									10	
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)									0.926	

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1267			1095
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1447			1020
v/c ratio, ² X= v/c	0.48			0.35
Total green ratio, ² g/C	0.54			0.32
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	17.8			31.6
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	7.7			50
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	25.5			81.6
LOS by lane group	C			F
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	25.5			81.6
LOS by approach	C			F
Approach flow rate V _A (veh/h)	1267			1095
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	51.5	Intersection LOS		D

Notes

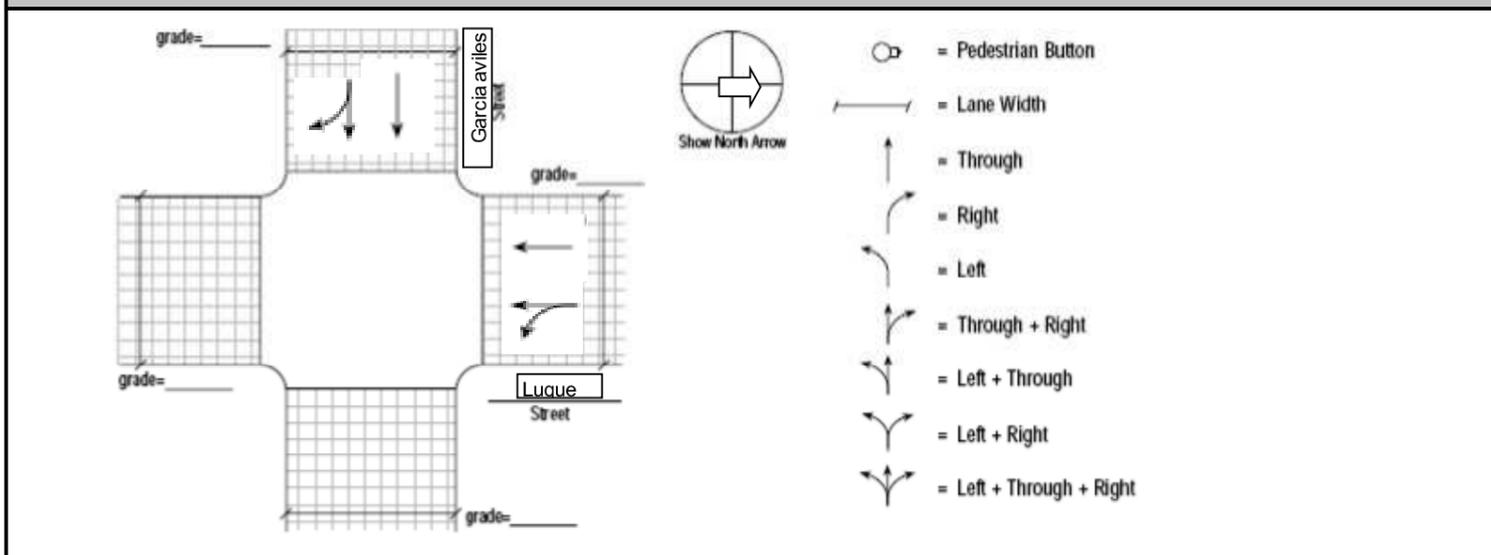
1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

WORKSHEET DEL ANALISIS SIN BLOQUEO

INPUT WORKSHEET

General Information		Site information	
Analyst	Andrei Alvarado	Intersection	Garcia Aviles y Luque
Agency or Company	UCSG	Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD <input type="checkbox"/> Other
Date performed	10-Dec-11	Jurisdiction	Guayaquil
Analyst time period	16:00-18:30	Analysis year	2011

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	322	907	-	-	-	-				326	739	
% heavy vehicles % HV	1	23								2	15	
Peak-hour factor, PHF		0.910			-						0.96	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		210									103	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 50 Y= 3	G= 30 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 90 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Garcia aviles y luque

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	322	907								326	739	
Peak-hour factor, PHF		0.91									0.96	
Lane group	354	997								340	770	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1351									1109	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.26									0.31		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		3									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.94									0.933	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.813									0.87	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.72									0.863	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.987									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = S₀ N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2522			0			0			3213	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information
Project Description Av. Garcia aviles y luque

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1351									1109
Saturation flow rate, s (veh/h)	2522									3213
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	49									29
Green ratio, g/C	0.54									0.32
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1373									1035
Flow ratio, v/s	0.98									1.07
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)									0.881	
Total lost time per cycle L(s)									10	
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)									0.991	

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1351			1109
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1373			1035
v/c ratio, ² X= v/c	0.54			0.35
Total green ratio, ² g/C	0.54			0.32
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	20.1			31.6
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	20.7			49.3
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	40.8			80.9
LOS by lane group	D			F
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	40.8			80.9
LOS by approach	D			F
Approach flow rate V _A (veh/h)	1351			1109
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A/v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	58.9	Intersection LOS		E

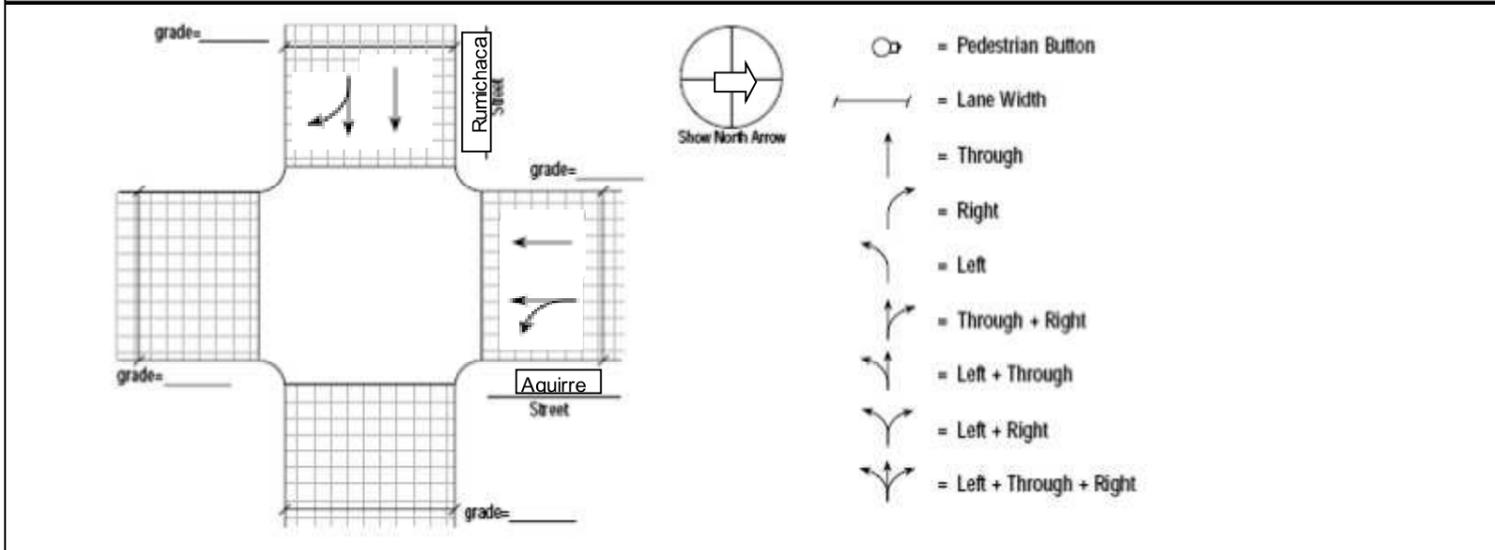
Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y Aguirre	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	22-Apr-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period	16:00-18:30		Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	335	1153	-	-	-	-				309	725	
% heavy vehicles % HV	18	26								5	11.3	
Peak-hour factor, PHF		0.930									0.95	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		362									97	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 31 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns	Permitted turns Pedestrian					Cycle length, C = 80 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Aguirre

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	335	1153								309	725	
Peak-hour factor, PHF		0.93									0.95	
Lane group	360	1240								325	763	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1600									1088	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.23									0.3		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		4									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.86									0.883	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.794									0.898	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.638									0.871	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.989									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = S₀ N f_w f_{HV} f_g f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2679			0			0			3168	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information
Project Description Av. Rumicha y Aguirre

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1600									1088
Saturation flow rate, s (veh/h)	2679									3168
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	42									30
Green ratio, g/C	0.53									0.38
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1406									1188
Flow ratio, v/s	1.14									0.92
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)									0.941	
Total lost time per cycle L(s)									6	
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)									1.017	

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1600			1088
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1406			1188
v/c ratio, ² X= v/c	0.6			0.34
Total green ratio, ² g/C	0.53			0.38
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	19.0			23.8
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	71.2			12.4
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	90.2			36.2
LOS by lane group	F			D
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	90.2			36.2
LOS by approach	F			D
Approach flow rate V _A (veh/h)	1600			1088
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A/v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	68.3	Intersection LOS		E

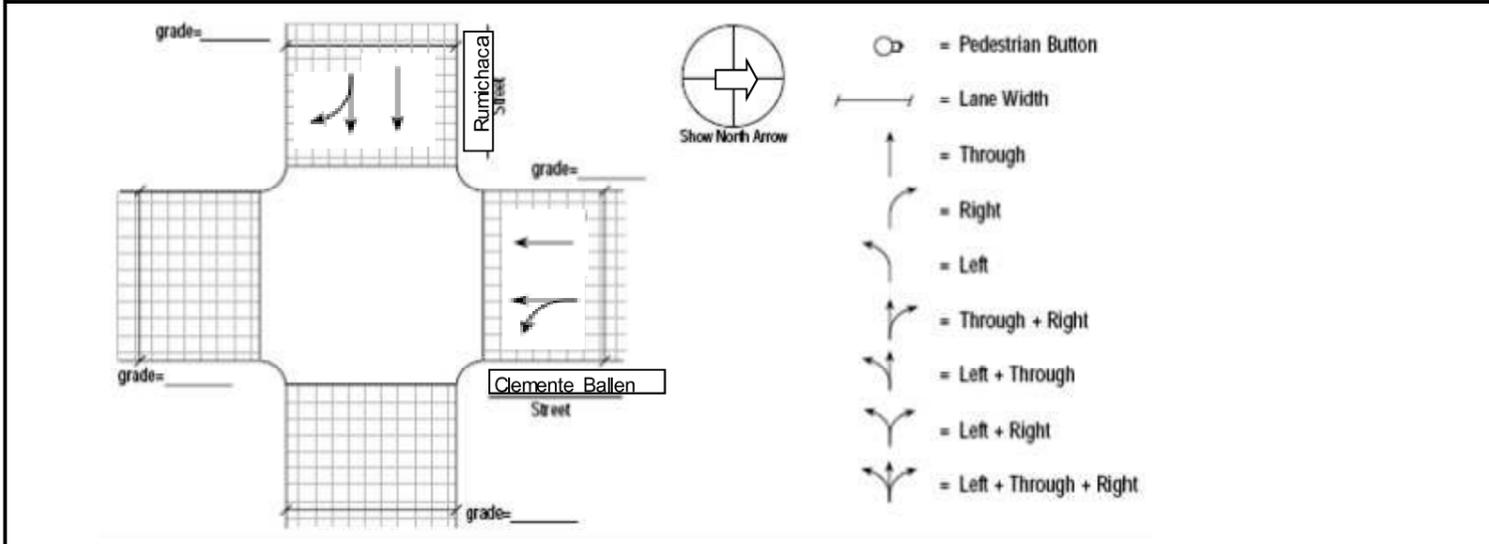
Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y clemente ballen	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	10-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period			Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	65	1037	-	-	-	-				417	627	
% heavy vehicles % HV	1	27								5	7.2	
Peak-hour factor, PHF		0.920			-						0.912	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		280									70	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 42 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 90 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Clemente ballen

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	65	1037								417	627	
Peak-hour factor, PHF		0.92									0.91	
Lane group	70.7	1127								457	688	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1198									1145	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.06									0.4		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		3									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.959									0.937	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.787									0.933	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.627									0.907	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.997									0.98	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) $s = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$		2197			0			0			3620	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Clemente ballen

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1198									1145
Saturation flow rate, s (veh/h)	2197									3620
Lost time, t _l (s), t _L = I1+Y-e	4									4
Effective green time, g (s) g= G+Y-t _L	43									42
Green ratio, g/C	0.48									0.47
Lane group capacity, c= s(g/C), (veh/h)	1049									1689
Flow ratio, v/s	1.14									0.68
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y _c Y _c = Σ (critical lane groups, v/s)										0.862
Total lost time per cycle L(s)										5
Critical flow rate to capacity ratio X _c - X _c = (Y _c)(C)/(C-L)										0.913

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, ² v(veh/h)	1198			1145
Lane group capacity, ² c(veh/h)	1049			1689
v/c ratio, ² X= v/c	0.55			0.32
Total green ratio, ² g/C	0.48			0.47
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	27.0			18.7
Incremental delay calibration, ³ k	0.5			0.5
Incremental delay, ⁴ d ₂ $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	75.3			2.21
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, d=d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	102.3			20.9
LOS by lane group	F			B
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	102.3			20.9
LOS by approach	F			B
Approach flow rate V _A (veh/h)	1198			1145
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A/v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	62.5	Intersection LOS		E

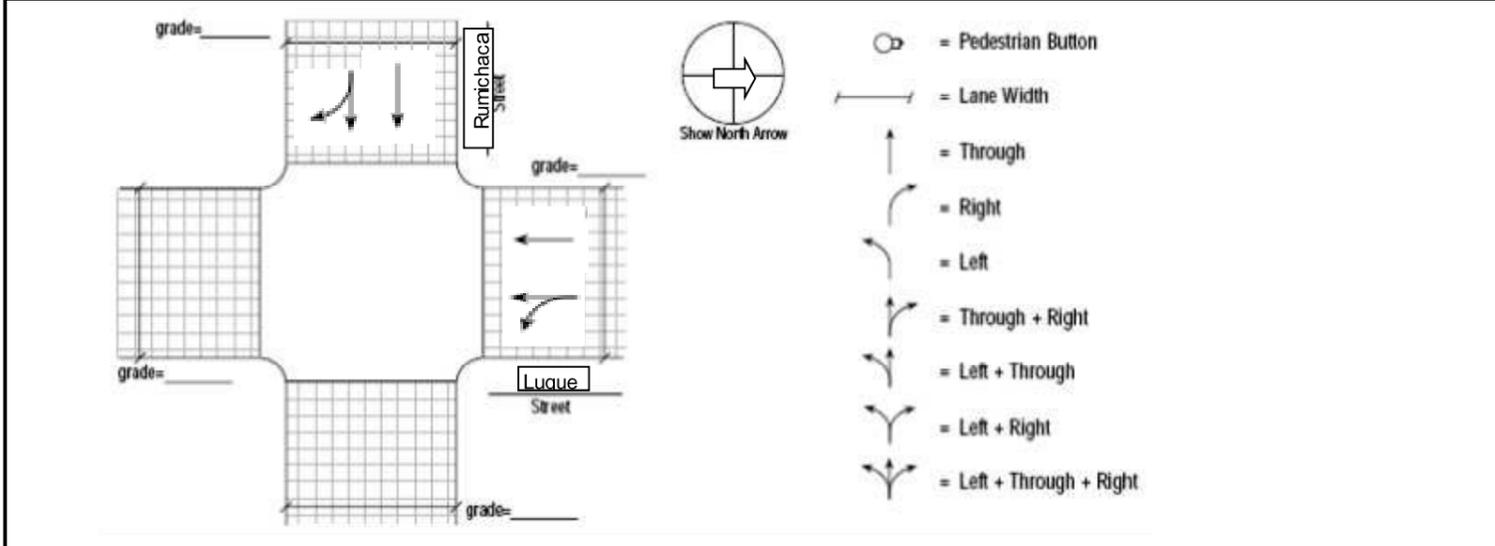
Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P_L)(3600/C).
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.
I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.

INPUT WORKSHEET

General Information			Site information		
Analyst	Andrei Alvarado		Intersection	Rumichaca y Luque	
Agency or Company	UCSG		Area type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD	<input type="checkbox"/> Other
Date performed	8-Dec-11		Jurisdiction	Guayaquil	
Analyst time period	16:00-18:30		Analysis year	2011	

Intersection geometry



Volume and timing input

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	295	1197	-	-	-	-				345	796	
% heavy vehicles % HV	22	26								10	15	
Peak-hour factor, PHF		0.900			-						0.95	
Pretimed (P) or actuated (A)		P									P	
Start-up lost time I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT		3									3	
Approach pedestrian volumen, ² V _{ped} (p/h)		100									100	
Approach bicycle volumen, ² V _{bic} (bicycles/h)		20									20	
Parking (Y or N)		N									N	
Parking maneuvers N _m (maneuvers/h)		0									0	
Bus Stopping N _b (buses/h)		367									137	
Min. Timing for pedestrians, ³ G _p (s)		14.5									19.9	

Signal Phasing Plan

DIAGRAM	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8
Timing	G= 43 Y= 3	G= 31 Y= 3	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=
Protected turns						Cycle length, C = 80 s		

Notes

1. RT volumes, as shown, exclude RTOR.
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach.
3. Refer to Equation 16-2.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Luque

Volume adjustment

	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	295	1197								345	796	
Peak-hour factor, PHF		0.9									0.95	
Lane group	328	1330								363	838	
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)		1658									1201	
Proportion ¹ of LT or RT (P _{LT} or P _{RT})	0.2									0.3		

Saturation Flow Rate

Base saturation flow, S ₀ (pc/h/ln)		1900									1900	
Number of lanes, N		4									3	
Lane width adjustment factor, f _w		0.894									0.957	
Heavy-vehicle adjustment factor, f _{HV}		0.794									0.87	
Grade adjustment factor, f _g		1									1	
Parking adjustment factor, f _p		1									1	
Bus blockage adjustment factor, f _{bb}		0.633									0.817	
Area type adjustment factor, f _a		0.9									0.9	
Lane utilization adjustment factor, f _{LU}		0.908									0.908	
Left-turn adjustment factor, f _{LT}		0.99									0.985	
Right-turn adjustment factor, f _{RT}		1									1	
Left-turn ped/bike adjustment factor f _{Lpb}		1									1	
Right-turn ped/bike adjustment factor f _{Rpb}		1									1	
Adjusted saturation flow, s (veh/h) <i>s = s₀ N f_w f_{HV} f_g f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}</i>		2763			0			0			3123	

Notes

1. P_{LT} = 1.000 for exclusive left-turn lanes, and P_{RT} = 1.000 for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET

General information

Project Description Av. Rumicha y Luque

Capacity analysis

Phase number	2									2
Phase type	P									P
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1658									1201
Saturation flow rate, s (veh/h)	2763									3123
Lost time, t_l (s), $tL = I1 + Y - e$	4									4
Effective green time, g (s) $g = G + Y - tL$	43									31
Green ratio, g/C	0.54									0.39
Lane group capacity, $c = s(g/C)$, (veh/h)	1485									1210
Flow ratio, v/s	1.12									0.99
Critical lane group/phase (v)	si									si
Sum of flow rate for critical lane groups, Y_c $Y_c = \sum$ (critical lane groups, v/s)										0.985
Total lost time per cycle L (s)										6
Critical flow rate to capacity ratio $X_c - X_c = (Y_c)(C)/(C-L)$										1.065

Lane group capacity, control delay, and LOS determination

	EB	WB	NB	SB
Lane group				
Adjusted flow rate, v (veh/h)	1658			1201
Lane group capacity, c (veh/h)	1485			1210
v/c ratio, $X = v/c$	0.6			0.38
Total green ratio, g/C	0.54			0.39
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C [1 - (g/C)]^2}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	21.4			24.4
Incremental delay calibration, k	0.5			0.5
Incremental delay, d_2 $d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	62.1			24.2
Initial queue delay, d_3 (s/veh) (Appendix F)	0			0
Progression adjustment factor, PF	1			1
Delay, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	83.5			48.6
LOS by lane group	F			D
Delay by approach, $d_A = \frac{\sum(d_i/v_i)}{\sum v_i}$ (s/veh)	83.5			48.6
LOS by approach	F			D
Approach flow rate V_A (veh/h)	1658			1201
Intersection delay, $d_I = \frac{\sum(d_A/v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)	68.8	Intersection LOS		E

Notes

1. For permitted left turns, the minimum capacity is $(1 + P_L)(3600/C)$.
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.
3. For pretimed or nonactuated signals, $k = 0.5$. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.
4. T = analysis duration (h); typically $T = 0.25$, which is for the analysis duration of 15 min.
 I = upstream filtering metering adjustment factor; $I = 1$ for isolated intersections.

CUADRO DE MOVILIDAD

INTERSECCIONES SIN BLOQUEO											
CALLE	DISTANCIAS(m)	VERDE (s)	CICLO (s)	Numero de vehiculos	% reduccion de vehiculos	saturation	LOS	Capacidad	Viajeros dentro de los vehiculos	Numero de personas por metro de carril	Capacidad de 1.5 m de ciclovia (Pers/hr)
RUMICHACA	10.6	43	80	1492	0.00%	2763	83.5 F	1485	5386	508	
LUQUE	9	30	90	1065	0.00%	3213	80.9 F	1035	3845	427	
RUMICHACA	9.4	43	80	1488	0.00%	2679	90.2 F	1406	5372	571	
RUMICHACA	9.7	43	90	1102	0.00%	2197	102.3 F	1049	3978	410	
INTERSECCIONES CON BLOQUEO											
CALLE	DISTANCIAS(m)	VERDE (s)	CICLO (s)	Numero de vehiculos	% reduccion de vehiculos	saturation	LOS	Capacidad	Viajeros dentro de los vehiculos	Numero de personas por metro de carril/hr	Capacidad de 1.5 m de ciclovia (Pers/hr)
RUMICHACA	9.1	43	80	1384	7.24%	2612	80.4 F	1404	4996	549	860
LUQUE	7.5	30	90	1040	2.35%	3166	81.6 F	1020	3754	501	600
RUMICHACA	7.9	43	80	1379	7.33%	2569	78.1 E	1349	4978	630	860
RUMICHACA	8.2	43	90	1022	7.26%	2112	86.5 F	1009	3689	450	860

Conclusiones.

Relación de la capacidad en campo en la ciudad de Guayaquil, comparada con el análisis teórico mediante el método del highway capacity manual 2010.

Concluido todos los cálculos necesarios, se puede observar que en todas intersecciones el nivel de servicio es F. Si estas intersecciones no llegaban a al capacidad no se podría continuar con el estudio debido a que se necesitaba estar en el rango más crítico del nivel de servicio.

Como se observa en el siguiente cuadro al compararlo con la capacidad teórica determinada mediante el HCM 2010 se observa que las diferencias entre el valor real obtenido en Guayaquil y el teórico son mínimas. Por tanto se concluye que el método del HCM 2010 para determinar capacidad es totalmente viable para vías en Guayaquil en el centro de Guayaquil.

Intersecciones	Calle	Capacidad en campo	Capacidad Teórica	Diferencia entre capacidad teórica y real
rumichaca y aguirre	Rumichaca	1492	1485	0.47%
Luque y García Avilés	Luque	1065	1035	2.82%
rumichaca y Luque	Rumichaca	1488	1406	5.6%
rumichaca y Clemente ballen	Rumichaca	1102	1049	4.18%

Viabilidad en colocación de ciclo vía en vías semaforizadas del centro de Guayaquil con tránsito de buses y livianos.

Después de haber realizado el bloqueo parcial de las calles para analizar su comportamiento considerando un carril exclusivo para bicicletas en las intersecciones mencionadas, se puede concluir los siguientes puntos.

1. Al realizar la disminución de 1.5 m de la vía, la capacidad se redujo ligeramente.
2. Como se puede observar en el siguiente cuadro, al utilizar el ancho de 1.5 m para la colocación de la ciclo vía, la movilidad de las personas mejoraría entre un 31.9 al 39.4 % en comparación a la movilización en vehículos motorizados (livianos y buses).

Intersecciones	Calle	Número de vehículos	Número de vehículos con la disminución de 1.5 m	Afectación del flujo de vehículos	Promedio internacional de uso de personas en vehículo (1.2)	Capacidad de ciclo vía (per/hr) en 1.5 m	Mejora de la movilidad
Rumichaca y Aguirre	Rumichaca	1492	1384	7.80%	1661	860	34.1%
Luque y García Avilés	Luque	1065	1040	2.40%	1278	600	31.9%
Rumichaca y Luque	Rumichaca	1488	1379	7.90%	1786	860	32.5%
Rumichaca y clemente ballen	Rumichaca	1102	1022	7.83%	1323	860	39.4%

3. La colocación de la ciclo vía además de mejorar la movilidad, es fundamental para la mejora del medio ambiente, disminuyendo gases tóxicos emitidos por los vehículos, especialmente por los buses, además que obliga a realizar actividad física a los usuarios de la vía. Mejorando la calidad de vida de la ciudadanía.

BIBLIOGRAFIA

- Highway capacity manual 2010 - Capitulo 10
- Ref. Estudio 2002 MIMG.
- (www.ctn.gob.ec), influencia de tráfico en Guayaquil.
- Datos de la CTG reporte 2009
- Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor. Edición 2002
- Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor. (Capitulo 8 Análisis de vías semaforizadas) edición 2002
- Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor. (Capitulo 9)
- Ingeniería de Transito. Rafael Cal y Mayor. (Capitulo 8 Análisis de vías semaforizadas)
- Highway capacity manual 2010 (Capitulo 18).
- Traffic engineering 2004 (Capitulo 4)
- Highway capacity manual 2010 – (Capitulo 15)
- Highway capacity manual 2010 (Capitulo 12).

ANEXOS.

INTERSECCIONES EN EL CENTRO DE GUAYAQUIL

RUMICHACA Y CLEMENTE BALLEEN



Intersección de rumichaca entre 10 de agosto y clemente ballen

Bloqueo del lado derecho en sentido al tráfico.

RUMICHACA Y AGUIRRE



Intersección de rumichaca entre clemente ballen y aguirre

Bloqueo del lado derecho en sentido al tráfico.

RUMICHACA Y LUQUE



Intersección de rumichaca entre Aguirre y luque.

Bloqueo del lado derecho en sentido al tráfico.

GARCIA AVILES Y LUQUE



Garcia aviles entre velez y luque

Bloqueo del lado derecho en sentido al tráfico.