

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA CIVIL



DISERTACIÓN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN  
ENTRE LA AV. VELASCO IBARRA Y AV. PICHINCHA CON  
DIRECCIÓN A LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI EN LA  
CIUDAD DE QUITO

AUTOR:

CRISTINA PAOLA GARCÍA CANDO

TUTOR:

ING. JUAN PABLO SOLÓRZANO

QUITO DM, -- DE 2022

## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar mi etapa universitaria únicamente me queda agradecer el apoyo y paciencia de toda mi familia a lo largo de la carrera, en especial el tiempo y ayuda brindado para la realización de mi trabajo de titulación, quiero hacer un agradecimiento especial a mi hermana Daniela y mi madre María Dolores ya que ellas siempre han estado conmigo en los momentos más difíciles brindándome unas palabras de apoyo, las cuales hacían que no me rindiera y siguiera adelante a pesar de que las cosas no estaban bien, también quiero agradecer a mi mascota Toby ya que él fue un fiel compañero que alegraba mis días durante las clases virtuales.

También me gustaría agradecer a mis amigos Shaden y Nicolás, a quienes los considero como hermanos por estar a mi lado en todo momento, siempre hacían que la carrera sea más llevadera con sus ocurrencias y chistes.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor Juan Pablo Solórzano, quien me ha orientado en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b> .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5. ALCANCE.....	5
1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	6
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	8
2.1. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1. FLUJO DE VEHÍCULOS .....	8
2.1.2. VOLÚMENES DE TRÁNSITO .....	10
2.1.3. CAPACIDAD VIAL .....	13
2.1.4. NIVEL DE SERVICIO .....	22
2.1.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DEL SEMÁFORO .....	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	32
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN</b> .....	37
3.1. ANTECEDENTES .....	37
3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	40
3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	41
3.4. INVENTARIO DE LA INTERSECCIÓN.....	45
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL TRÁFICO</b> .....	56
4.1. FLUJO VEHICULAR.....	56
4.1.1. VOLUMEN VEHICULAR SEMANAL.....	59
4.1.2. VOLUMEN VEHICULAR HORARIO.....	61

4.2.	COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO .....	67
4.3.	CAPACIDAD .....	70
4.4.	NIVEL DE SERVICIO .....	86
4.5.	DURACIONES DEL CICLO .....	89
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>92</b>
5.1.	CONCLUSIONES .....	92
5.2.	RECOMENDACIONES .....	96
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>100</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b>	UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN .....	2
<b>FIGURA 2:</b>	DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE OPERACIÓN .....	7
<b>FIGURA 3:</b>	INTERSECCIÓN TIPO TROMPETA .....	34
<b>FIGURA 4:</b>	ENLACE TIPO TRÉBOL .....	35
<b>FIGURA 5:</b>	DISEÑO DE LA INTERSECCIÓN TIPO TRÉBOL .....	38
<b>FIGURA 6:</b>	UBICACIÓN GEOGRÁFICA INTERSECCIÓN .....	40
<b>FIGURA 7:</b>	MOVIMIENTOS POR CARRILES EN LA AV. PICHINCHA .....	42
<b>FIGURA 8:</b>	MOVIMIENTOS POR CARRILES EN LA AV. VELASCO IBARRA .....	44
<b>FIGURA 9:</b>	SEÑALES PREVENTIVAS .....	45
<b>FIGURA 10:</b>	SEÑALES REGULATORIAS .....	46
<b>FIGURA 11:</b>	SEÑALES TRANSITORIAS .....	46
<b>FIGURA 12:</b>	SEÑALES INFORMATIVAS .....	47
<b>FIGURA 13:</b>	SEÑALES VERTICALES EN LA INTERSECCIÓN .....	49
<b>FIGURA 14:</b>	DISTRIBUCIÓN SEÑALES VERTICALES .....	49
<b>FIGURA 15:</b>	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL AV. PICHINCHA .....	50
<b>FIGURA 16:</b>	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL AV. VELASCO IBARRA (SUR-NORTE) .....	50
<b>FIGURA 17:</b>	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL AV. VELASCO IBARRA (NORTE-SUR) .....	51
<b>FIGURA 18:</b>	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL AV. VELASCO IBARRA (NORTE-SUR) .....	51
<b>FIGURA 19:</b>	DISTRIBUCIÓN DE SEMÁFOROS VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN .....	52
<b>FIGURA 20:</b>	DISTRIBUCIÓN DE SEMÁFOROS PEATONALES EN LA INTERSECCIÓN .....	54
<b>FIGURA 21:</b>	DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL .....	56
<b>FIGURA 22:</b>	FORMULARIO PARA CONTEO MANUAL .....	57

<b>FIGURA 23:</b> FOTOGRAFÍAS CONTEO MANUAL EN CAMPO .....	58
<b>FIGURA 24:</b> GRÁFICA VOLUMEN VEHICULAR EN LA MAÑANA DE LA INTERSECCIÓN .....	59
<b>FIGURA 25:</b> GRÁFICA VOLUMEN VEHICULAR EN LA TARDE DE LA INTERSECCIÓN .....	60
<b>FIGURA 26:</b> VOLUMEN VEHICULAR CADA 15 MIN (MAÑANA).....	61
<b>FIGURA 27:</b> VOLUMEN VEHICULAR CADA 15 MIN (TARDE) .....	62
<b>FIGURA 28:</b> MOVIMIENTOS EN AV. VELASCO IBARRA (MAÑANA) .....	63
<b>FIGURA 29:</b> MOVIMIENTOS EN AV. VELASCO IBARRA (TARDE) .....	63
<b>FIGURA 30:</b> MOVIMIENTOS EN AV. PICHINCHA .....	64
<b>FIGURA 31:</b> MOVIMIENTOS EN LA INTERSECCIÓN (MAÑANA).....	64
<b>FIGURA 32:</b> MOVIMIENTOS EN LA INTERSECCIÓN (TARDE).....	65
<b>FIGURA 33:</b> GRÁFICA DISTRIBUCIÓN MOVIMIENTOS (MAÑANA).....	65
<b>FIGURA 34:</b> GRÁFICA DISTRIBUCIÓN MOVIMIENTOS (TARDE) .....	66
<b>FIGURA 35:</b> VEHÍCULOS LIVIANOS .....	67
<b>FIGURA 36:</b> VEHÍCULOS PÚBLICOS .....	67
<b>FIGURA 37:</b> VEHÍCULOS PESADOS.....	68
<b>FIGURA 38:</b> MOTOCICLETA.....	68
<b>FIGURA 39:</b> CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS (MAÑANA) .....	69
<b>FIGURA 40:</b> CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS (TARDE) .....	69
<b>FIGURA 41:</b> INTERSECCIÓN CON VOLÚMENES DE LA MAÑANA .....	71
<b>FIGURA 42:</b> INTERSECCIÓN CON VOLÚMENES DE LA TARDE.....	72
<b>FIGURA 43:</b> VOLUMEN VS CAPACIDAD (MAÑANA) CON ECUACIÓN BASE.....	81
<b>FIGURA 44:</b> VOLUMEN VS CAPACIDAD (MAÑANA) CON DATOS DE CAMPO.....	82
<b>FIGURA 45:</b> VOLUMEN VS CAPACIDAD (TARDE) CON ECUACIÓN BASE.....	84
<b>FIGURA 46:</b> VOLUMEN VS CAPACIDAD (TARDE) CON DATOS DE CAMPO .....	85

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN 1:</b> VOLUMEN DE TRÁNSITO .....	10
<b>ECUACIÓN 2:</b> TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) .....	11
<b>ECUACIÓN 3:</b> TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO MENSUAL (TPDM).....	11
<b>ECUACIÓN 4 :</b> TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS).....	11
<b>ECUACIÓN 5:</b> FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA .....	12
<b>ECUACIÓN 6 :</b> FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA MODIFICADA .....	12
<b>ECUACIÓN 7:</b> TASA DE FLUJO DURANTE LOS 15 MINUTOS MÁS CARGADOS .....	12
<b>ECUACIÓN 8:</b> CAPACIDAD DEL ACCESO.....	14
<b>ECUACIÓN 9:</b> FLUJO DE SATURACIÓN EN CAMPO.....	15
<b>ECUACIÓN 10 :</b> FLUJO DE SATURACIÓN BAJO CONDICIONES PREVALECIENTES .....	15

<b>ECUACIÓN 11:</b> ECUACIÓN BASE PARA EL FLUJO DE SATURACIÓN .....	16
<b>ECUACIÓN 12:</b> AJUSTE POR ANCHO DEL CARRIL .....	17
<b>ECUACIÓN 13:</b> AJUSTE POR VEHÍCULOS PESADOS .....	17
<b>ECUACIÓN 14:</b> AJUSTE POR GRADIENTE .....	17
<b>ECUACIÓN 15:</b> AJUSTE POR MANIOBRAS DE PARQUEO.....	18
<b>ECUACIÓN 16:</b> AJUSTE POR PARADAS DE BUSES .....	18
<b>ECUACIÓN 17:</b> AJUSTE POR UTILIZACIÓN DEL CARRIL .....	19
<b>ECUACIÓN 18:</b> AJUSTE POR GIROS IZQUIERDOS EN EL GRUPO .....	19
<b>ECUACIÓN 19:</b> AJUSTE POR GIROS IZQUIERDOS EN EL GRUPO CARRIL COMPARTIDO.....	20
<b>ECUACIÓN 20:</b> AJUSTE POR GIROS IZQUIERDOS EN EL GRUPO ÚNICO .....	20
<b>ECUACIÓN 21:</b> AJUSTE POR PEATONES/BICICLETAS PARA GIRO IZQUIERDO .....	20
<b>ECUACIÓN 22:</b> AJUSTE POR PEATONES/BICICLETAS PARA GIRO DERECHO .....	20
<b>ECUACIÓN 23:</b> GRADO DE SATURACIÓN PARA EL GRUPO DE CARRILES .....	21
<b>ECUACIÓN 24:</b> RELACIÓN CRÍTICA .....	23
<b>ECUACIÓN 25 :</b> DEMORA TOTAL .....	24
<b>ECUACIÓN 26:</b> DEMORA UNIFORME.....	24
<b>ECUACIÓN 27 :</b> DEMORA POR INCREMENTOS .....	26
<b>ECUACIÓN 28 :</b> DEMORA DE LA DEMANDA RESIDUAL.....	26
<b>ECUACIÓN 29:</b> FACTOR DE AJUSTE DE DEMORA UNIFORME PARA LA CALIDAD DEL AVANCE.....	27
<b>ECUACIÓN 30 :</b> DEMORA EN EL ACCESO .....	28
<b>ECUACIÓN 31 :</b> INTERVALO DE CAMBIO DE FASE.....	29
<b>ECUACIÓN 32:</b> LONGITUD DEL CICLO .....	30
<b>ECUACIÓN 33 :</b> VERDE EFECTIVO TOTAL.....	30
<b>ECUACIÓN 34 :</b> DEMORA TOTAL MÍNIMA.....	31
<b>ECUACIÓN 35 :</b> TIEMPO VERDE REAL.....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> VALORES RECOMENDADOS DE K PARA GRUPOS DE CARRILES BAJO CONTROL ACTUADO Y A TIEMPO FIJO.....	25
<b>TABLA 2:</b> VALORES I RECOMENDADOS PARA GRUPOS DE CARRILES CON SEMÁFOROS ANTES DE LA INTERSECCIÓN .....	25
<b>TABLA 3:</b> RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE LLEGADA Y LA RAZÓN DE PELOTÓN (Rp).....	27
<b>TABLA 4:</b> FACTOR DE AJUSTE POR AVANCE (PF) .....	27
<b>TABLA 5:</b> CRITERIOS DE NIVEL DE SERVICIO PARA LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	28
<b>TABLA 6:</b> ALREDEDOR INTERSECCIÓN .....	40
<b>TABLA 7:</b> Av. PICHINCHA.....	41

<b>TABLA 8:</b> Av. VELASCO IBARRA (SUR-NORTE).....	43
<b>TABLA 9:</b> Av. VELASCO IBARRA (NORTE-SUR).....	43
<b>TABLA 10:</b> FASES Y CICLOS SEMÁFOROS VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN .....	52
<b>TABLA 11:</b> DIAGRAMA DE FASES SEMÁFOROS VEHICULARES .....	53
<b>TABLA 12:</b> FASES Y CICLOS SEMÁFOROS PEATONALES EN LA INTERSECCIÓN .....	54
<b>TABLA 13:</b> DIAGRAMA DE FASES SEMÁFOROS PEATONALES .....	55
<b>TABLA 14:</b> VOLUMEN VEHICULAR EN LA MAÑANA DE LA INTERSECCIÓN .....	59
<b>TABLA 15:</b> VOLUMEN VEHICULAR EN LA TARDE DE LA INTERSECCIÓN.....	60
<b>TABLA 16:</b> FLUJOS VEHICULARES DE LA MAÑANA POR CADA ACCESO.....	61
<b>TABLA 17:</b> FLUJOS VEHICULARES DE LA TARDE POR CADA ACCESO .....	62
<b>TABLA 18:</b> PORCENTAJE DE MOVIMIENTOS (MAÑANA).....	65
<b>TABLA 19:</b> PORCENTAJE MOVIMIENTOS (TARDE) .....	66
<b>TABLA 20:</b> MÓDULO DE AJUSTE DE VOLÚMENES .....	70
<b>TABLA 21:</b> MÓDULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN DE LA MAÑANA .....	73
<b>TABLA 22:</b> MÓDULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN DE LA TARDE .....	74
<b>TABLA 23:</b> FLUJO DE SATURACIÓN EN CAMPO (SUR-NORTE).....	75
<b>TABLA 24:</b> FLUJO DE SATURACIÓN EN CAMPO (NORTE-SUR).....	77
<b>TABLA 25:</b> FLUJO DE SATURACIÓN EN CAMPO (CENTRO NORTE-VALLE DE LOS CHILLOS).....	78
<b>TABLA 26:</b> MÓDULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD (MAÑANA).....	80
<b>TABLA 27:</b> MÓDULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD (TARDE) .....	83
<b>TABLA 28:</b> MÓDULO DEL NIVEL DE SERVICIO (MAÑANA).....	86
<b>TABLA 29:</b> MÓDULO DEL NIVEL DE SERVICIO (TARDE).....	88
<b>TABLA 30:</b> RELACIÓN FLUJOS REALES ENTRE FLUJO DE SATURACIÓN (MAÑANA) .....	89
<b>TABLA 31:</b> RELACIÓN FLUJOS REALES ENTRE FLUJO DE SATURACIÓN (TARDE).....	90
<b>TABLA 32:</b> REPARTO DE VERDES .....	91

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> CONTEO MANUAL SUR-NORTE MAÑANA.....	100
<b>ANEXO 2:</b> CONTEO MANUAL NORTE-SUR MAÑANA .....	101
<b>ANEXO 3:</b> CONTEO MANUAL CENTRO NORTE-VALLE DE LOS CHILLOS MAÑANA .....	102
<b>ANEXO 4:</b> CONTEO MANUAL SUR-NORTE TARDE.....	103
<b>ANEXO 5:</b> CONTEO MANUAL NORTE-SUR TARDE.....	104
<b>ANEXO 6:</b> CONTEO MANUAL CENTRO NORTE-VALLE DE LOS CHILLOS TARDE.....	105

## **RESUMEN**

El incremento acelerado del parque automotor y un sistema de transporte público insuficiente son problemas que confronta la capital ya que estos afectan el progreso de la ciudad y bienestar de los habitantes.

El presente trabajo de titulación denominado “Análisis de la capacidad vehicular en la intersección entre la Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a la autopista general Rumiñahui en la ciudad de Quito”, se lo realizó con la finalidad de conocer el estado en el que está operando una de las intersecciones del único enlace tipo Trébol de la capital.

Para el estudio se utilizó la metodología indicada en el Manual de Capacidad de Carreteras publicado en el año 2000, para eso se tomaron los datos en campo como es el número de carriles y su ancho, además volúmenes de vehículos por medio de cuestionarios manuales de conteo, ciclos de semáforos vehiculares y peatonales.

Con relación a la capacidad y grado de servicio el Manual de Capacidad de carreteras menciona examinar el conjunto de carriles en cada ingreso propone revisar el conjunto de carriles en cada ingreso luego por accesos y al final para la intersección.

# CAPÍTULO I: GENERALIDADES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el desarrollo de la ciudad y falta de políticas de planificación en temas de movilidad ha generado congestión vehicular, sobre todo en vías que permiten conectar con múltiples puntos de la ciudad ya que estas albergan gran cantidad de vehículos, debido a esto se resalta la importancia de comenzar estudios de tránsito vehicular en puntos que reciben alta carga vehicular en la capital con el fin de determinar la capacidad actual y nivel de servicio lo cual permitirá realizar modificaciones en beneficio de los usuarios y así mismo conocer si las vías están preparadas para la demanda actual y futura tanto de vehículos particulares como públicos.

Con respecto a la demanda se debe enfatizar que está ha cambiado ya que en los últimos años ha incrementado la población la cual se ha asentado de forma dispersa en la ciudad, al no contar con una planificación urbana adecuada y un servicio de transporte público de calidad los usuarios optaron por adquirir un vehículo, adicional la concentración de centros de estudio y empleo en el hipercentro han repercutido en la demanda automovilística dando como resultado vías saturadas.

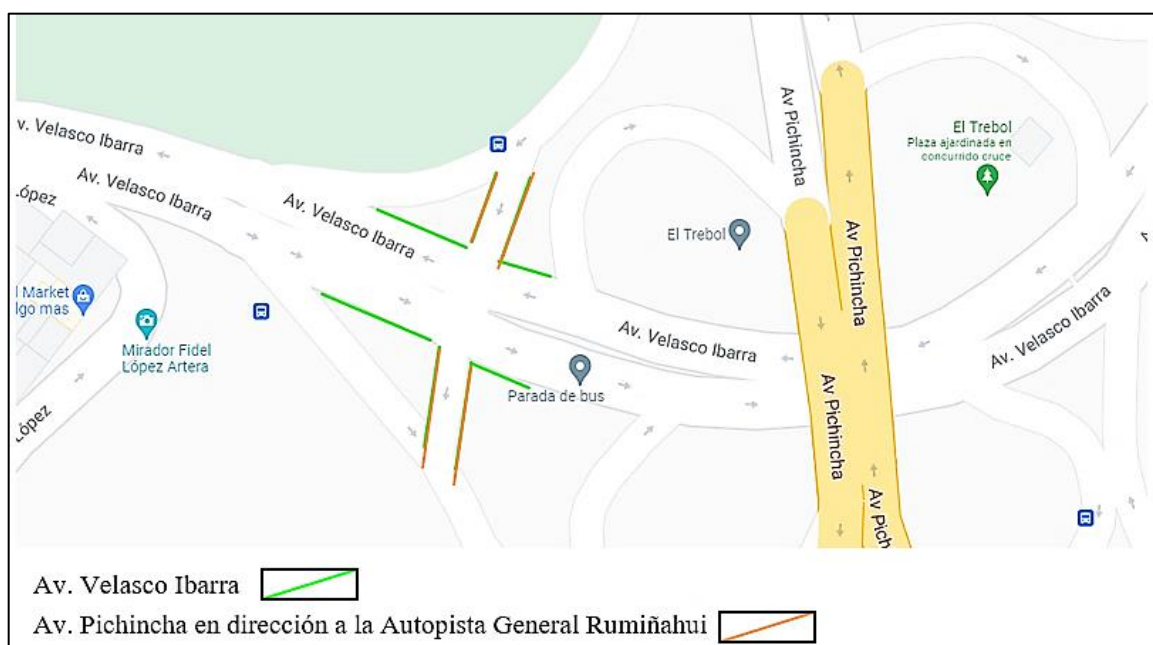
Es importante mencionar que el Manual de Capacidad de Carreteras publicado en el 2000 instituye un método o a seguir para el cálculo de capacidad y nivel de servicio para cada tipo de infraestructura vial, en seguida se enumeran los sistemas viales asignados en el manual como: “segmentos básicos de autopistas, carreteras de múltiples carriles, carreteras de dos carriles e intersecciones con semáforos” (HCM,2000), por lo que conocer el sistema vial con el que se trabaja es fundamental.

El tipo de infraestructura vial en análisis es la confluencia entre la Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a Autopista General Rumiñahui, en esta infraestructura vial la circulación es discontinua, por tanto en el presente trabajo se seguirá el procedimiento establecido para intersecciones con semáforos.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se centra en la intersección entre la Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a la Autopista General Rumiñahui en la Ciudad de Quito, la ubicación de la misma en la Figura 1, de la intersección se posee escasa información de libre acceso referente a la capacidad vehicular y grado de servicio por lo cual la ejecución de este trabajo dejará tener una iniciativa más clara sobre la verdadera situación de la intersección; por lo que contar con datos tomados en campo permitirá corroborar la percepción que tienen los usuarios de los altos niveles de congestión en este sitio.

*Figura 1: Ubicación de la intersección*



Nota. De Ubicación intersección [Fotografía], por Google Maps.

<https://www.google.com.ec/maps/search/trebol/@-0.2333959,-78.5044323,18.25z?hl=es-419&authuser=0>

La intersección mencionada anteriormente está ubicada en el enlace de cuatro tramos denominado el Trébol, el cual conecta el sur de la urbe con el norte de la ciudad y Valle de los Chillos o viceversa (Arias, 2008). Siendo este uno de los motivos para que sea uno de los puntos con más congestión vehicular durante las horas pico según Jácome (2015). Otro motivo que ocasiona los altos niveles de congestión es el crecimiento anual del parque automotor el cual oscila entre el 6% al 7% según las cifras proporcionadas por la Asociación de Empresas Automotrices de Ecuador (s. f.) en sus anuarios y boletines con cifras del sector

automotor de varios años, siendo este uno de los más alarmantes puesto que pone en riesgo el nivel de servicio de las vías, ya que estas en un futuro no tendrán la capacidad suficiente para soportar los volúmenes que se avecinan, cabe destacar que el crecimiento del parque automotor se retrasaría si existiera mejora en el sistema de transporte público.

Ahora bien con respecto a la reducida información de la intersección, probablemente no se posee información ni estudios de tránsito de la misma ya que anteriormente únicamente los proyectos de vialidad se centraba en la obra de la infraestructura a diferencia de la actualidad donde se involucra las características físicas, geométricas de la red, velocidades, tiempos de recorrido, volúmenes vehiculares, composición del tráfico, inventario de la infraestructura existente y análisis costo-beneficio para la realización de un proyecto vial (Solórzano, 2021).

En relación con la problemática expuesta anteriormente el presente trabajo busca obtener información referente a la demanda actual y nivel de servicio al que está operando la intersección, estos datos serán de utilidad ya que se los puede usar con varios fines como por ejemplo determinar con mayor precisión la demanda futura misma que puede ser usada para el diseño estructural y diseño geométrico. También es posible estimar los niveles de congestión y demoras paralelamente la información relacionada a la demanda específicamente los volúmenes durante un período determinado de acuerdo con Montoya (2005) se los realiza para la instalación de equipos de control de tránsito.

Por último, un estudio de tráfico puede ayudar a plantear soluciones apropiadas de construcción, conservación, rehabilitación y modernización de la vía (Hernández et al., 2020).

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Carrión y Erazo (2012) señalan que en los últimos 40 años Quito ha presentado un gran desarrollo y expansión urbana en el perímetro y centro de la ciudad a raíz de esto se incrementó el número de vehículos. Como consecuencia el desarrollo vial no se hizo esperar con diferentes soluciones como la realización de ejes viales tanto longitudinales como transversales los cuales permitieron conectar el centro de la urbe con los Valles y la periferia; de igual manera se hicieron obras de equipamiento como terminales terrestres, parqueaderos, túneles y pasos a desnivel.

Ahora bien, se presume que al momento de planificar las soluciones viales mencionadas anteriormente no se proveyó los escenarios que se enumeran a continuación. Escenario uno: crecimiento acelerado del parque automotor, escenario dos: desarrollo desorganizado de la ciudad en las periferias y escenario tres: concentración de población en el hipercentro según Diario La Hora (2019).

Los escenarios expuestos previamente resumen la situación actual de la capital de acuerdo con Diario La Hora (2019). Situación nada favorable para la movilidad de los ciudadanos ya que la expansión urbana de baja densidad ha ocasionado que existan zonas que no tienen cobertura al sistema de transporte público como consecuencia lo más natural fue que los usuarios adquieran un vehículo privado para movilizarse. Además, se debe mencionar que la desorganización ha hecho que los centros de estudio, negocios y empleos se concentren en el hipercentro haciendo que las vías que llevan a esta parte de la ciudad se saturan en las horas pico por la alta cantidad de usuarios (Diario La Hora, 2019).

Es conveniente recalcar que la intersección en análisis conduce al hipercentro de la ciudad y al Valle de los Chillos de tal modo que en horas pico hay una alta densidad de vehículos motorizados por lo que la cola de espera de vehículos para cruzar la intersección es larga ocasionando que el tiempo de viaje se alargue según la percepción subjetiva de los usuarios, se debe recalcar que es necesario elaborar mediciones de tiempo de recorrido para corroborar la percepción de los usuarios.

Asimismo, la alta densidad de vehículos se ve reflejada con la libertad de maniobra restringida y por último con la velocidad baja y uniforme de los usuarios. Por los motivos expuestos anteriormente es importante determinar el número más alto de automóviles que

puede alojar la intersección al igual que el tipo de vehículos que circulan por este punto debido a que esto dejará establecer el nivel de servicio al que funciona el sitio en análisis.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer la capacidad vehicular en la intersección Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a autopista general Rumiñahui en la ciudad de Quito.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la teoría de ingeniería de tránsito para el señalamiento de volúmenes de tránsito y flujo vehicular.
- Determinar las características viales de la intersección.
- Determinar el comportamiento del tránsito vehicular en base a conteos manuales en un horario establecido con el fin de establecer el tipo de vehículos que transitan por la intersección.
- Señalar la capacidad vehicular y nivel de servicio de la intersección Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a autopista general Rumiñahui en la ciudad de Quito.

## **1.5. ALCANCE**

El alcance de este trabajo es determinar la porción máxima de vehículos que pueden circular al igual que el nivel de servicio al que está operando esta intersección y también el tipo de vehículos que circulan en las horas más críticas entre la Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha con dirección a autopista general Rumiñahui.

En este análisis se determinará el número de automotores que transitan por la intersección en la mañana de 6:20 am a 9:20 am y de 4:05 pm a 7:05 pm en la tarde, mediante el conteo manual clasificado teniendo en cuenta el ciclo del semáforo y la variación de flujo en las horas señaladas anteriormente.

El procedimiento se efectuará en campo a través de observaciones con el uso formularios de conteo, personal voluntario, asimismo, cronómetros para tomar el tiempo de los conteos y período de los semáforos por último un flexómetro para tomar las medidas de la intersección.

Por otro lado, con respecto a la capacidad vial, el cálculo de esta se realizará manualmente siguiendo el procedimiento propuesto por Cal y Mayor & Cárdenas (2007) y Garber & Hoel (2007) para intersecciones semaforizadas.

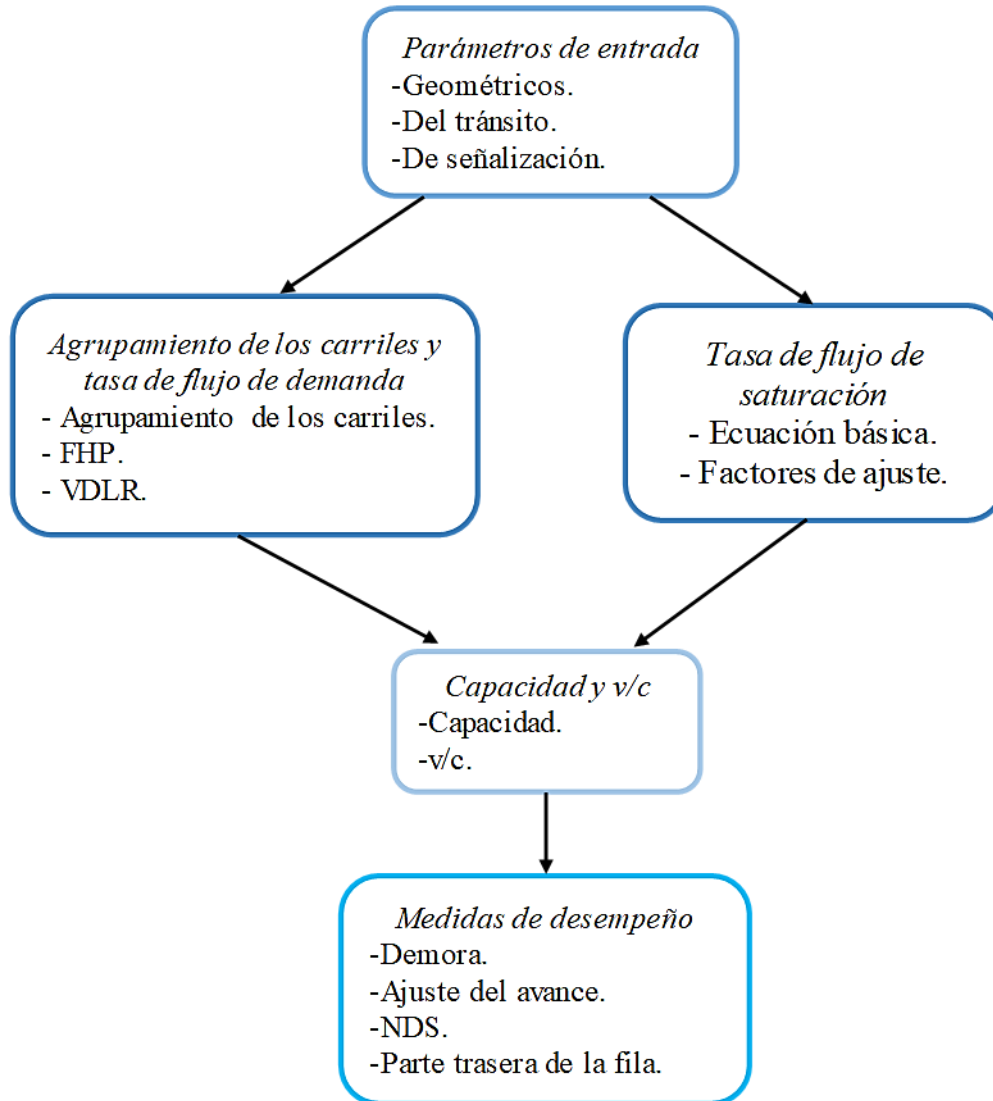
## **1.6. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La metodología empleada para este trabajo fue la toma de datos en campo, mediante formularios de conteos los cuales fueron llenados con soporte de personal voluntario, así mismo se recopiló información bibliográfica y aplicó conceptos de ingeniería de tránsito para la investigación del tráfico.

Para la toma de datos se tuvo tres estaciones de conteo, una a lado de la Av. Pichincha, una segunda en la mitad de la Av. Velasco Ibarra sentido sur-norte y una tercera a lado de la Av. Velasco Ibarra sentido norte-sur se levantó la información en el horario de 6:15 am a 9:15 am y de 4:05 pm a 7:05 pm. Con la información recopilada se obtuvo información detallada de la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la intersección.

Con relación a la capacidad y nivel de servicio del sitio en estudio se usó el esbozo metodológico propuesto por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM,2000) para intersecciones semaforizadas, se adjunta a continuación, en el esquema las tareas están divididas en cinco módulos: El primero abarca los parámetros de entrada, en el segundo se definen los grupos de carriles y la tasa de flujo de demanda, tercer módulo es la tasa de flujo de saturación, cuarto módulo el cual analiza la capacidad por último el quinto módulo es el de nivel de servicio.

**Figura 2:** Diagrama de flujo para el procedimiento de análisis de operación



Nota. Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual). Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1. FLUJO DE VEHÍCULOS**

Las mediciones de tráfico permiten determinar la magnitud de movimientos y tipos de vehículos motorizados que circulan en una determinada área de estudio, el flujo de vehículos permitirá identificar las horas críticas en un día, semana o temporada así mismo señalar la influencia de cada tipo de vehículo en el sitio de estudio (Fernández, 2014).

“El tiempo de medición dependerá del tipo de conteo que se requiera y el uso que se hará la información recolectada, teniendo dos tipos: continuos y periódicos” (Fernández Aguilera, 2014).

Conteo continuo en este se registran los flujos durante todas las horas del día, mientras que los conteos periódicos únicamente se realiza períodos críticos definidos previamente (Fernández Aguilera, 2014).

En el presente de trabajo se usó conteos periódicos durante 3 días en las horas de mayor flujo.

#### **MÉTODOS DE MEDICIÓN**

Para la realización de conteos vehiculares Fernández (2014) menciona en su libro los métodos manuales o automáticos.

##### **MÉTODO MANUAL DE CONTEO**

Es recomendado cuando se necesita registrar información asociada a la clasificación de vehículos, movimientos. Estos conteos se realizan en intervalos que pueden variar entre los 5, 10 o 15 minutos, habitualmente se los realiza los martes, miércoles o jueves. Es importante aclarar no se realiza los lunes y viernes en horas pico ya que los volúmenes vehiculares son muy elevados. Estos conteos pueden ser efectuados a través de formularios, tableros mecánicos o tableros electrónicos, de los mencionados anteriormente el medio más simple son los formularios en los cuales se registran marcas en formulario elaborado y previamente también socializado con el personal de apoyo, adicional se debe contar con un reloj para medir el intervalo de tiempo deseado (Fernández Aguilera, 2014).

## MÉTODO AUTOMÁTICO

Fernández (2014) recomienda este método cuando se necesita registrar un patrón horario, diario o de largos períodos ya que se realiza mediciones de larga estadía normalmente 24 horas por días, varios días. En este método se usan detectores superficiales como detectores de neumáticos, de contacto eléctrico, radar, magnético, ultrasónico y analítica de video. Los dispositivos mencionados anteriormente detectan los vehículos que circulan, esta información se transmite a un registrador ubicado al costado de la vía.

A continuación, se brindará un breve explicación del funcionamiento de estos métodos, el método de detectores neumáticos registran la diferencia de presión que la rueda ejerce sobre la manguera con el cual se asume el paso de un eje, método de dispositivos magnéticos estos aparatos detectan distorsiones en el campo magnético debido al paso del vehículo, por último se tiene dispositivos de radar los cuales detectan el efecto Doppler, “los cuales comparan la frecuencia de la señal transmitida con la frecuencia de la señal recibida” (Fernández Aguilera, 2014) de este último método se debe exaltar que los datos obtenidos son más precisos que los obtenidos con otros dispositivos para aforo.

Finalmente, también existen contadores permanentes los cuales son similares a los portátiles, lo único que los diferencia que su ubicación debe ser permanente y contar con conexión a energía, así mismo permiten transmitir la información mediante conexión física, USB, Wireless, bluetooth (Fernández Aguilera, 2014).

En el proyecto se usó el método manual de conteo para la obtención de flujo de vehículos por simplicidad y practicidad así mismo para conocer la composición del tránsito.

## 2.1.2. VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Los volúmenes de tránsito se usan en varios campos como en la planeación de un proyecto para la selección sistemática de redes de carreteras, análisis económicos, estimaciones de la calidad de aire y consumo de combustibles, requerimientos de nuevas carreteras, aplicación a normas de proyecto geométrico, análisis de superficies de rodamiento.

Otro campo en el que se usa los volúmenes de tránsito es la ingeniería de tránsito para el análisis de capacidad y nivel de servicio, zonificación de velocidades, necesidad de dispositivos para el control de tránsito, estudio de estacionamientos, caracterización de flujos vehiculares, calcular índices de accidentes y mortalidad, evaluar mejoras, estudios sobre medio ambiente y energía. Por último, en el campo comercial el impacto que tendrá en el tránsito la construcción de un nuevo hotel, restaurante, autoservicio o actividades deportivas y recreacionales (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

Volumen de tránsito es el número de vehículos que atraviesan por un punto durante un período de tiempo, los volúmenes son expresados en función del tiempo y se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (1)}$$

Donde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período).

N: Número de vehículos que circulan (vehículos).

T: Período (unidad de tiempo)

Ahora bien, la Ecuación 1 tendrá variaciones ya que los volúmenes de tránsito dependen de la unidad de tiempo, a continuación, se detalla el uso que tiene cada uno según la unidad de tiempo usado.

- ***Volumen de tránsito anual (TA)***

Este volumen se usa para determinar patrones de viaje en un área geográfica determinada, estimar gastos de usuarios, señalar variaciones y tendencias de volúmenes de tránsito. Por definición el volumen de tránsito anual es el número de

vehículos que circulan durante un año, aquí  $T=1$  año (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.153)

- ***Volumen de tránsito promedio diario (TPD)***

Este volumen permite medir la demanda presente en calles, evaluación de flujos de tránsito actuales, definir el sistema arterial de calles, así mismo se emplea para la localización de áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o realizar mejoras en la ciudad, también este volumen es el número total de vehículos que pasan durante un período dado igual o menor a un año y mayor que un día, de acuerdo con el número de días se presentan los siguientes volúmenes de tránsito, los cuales se expresan en (veh/día) (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.169).

*Tránsito promedio diario anual (TPDA)*

$$TPDA = \frac{TA}{365 \text{ días}} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (2)}$$

*Tránsito promedio diario mensual (TPDM)*

$$TPDM = \frac{TA}{30 \text{ días}} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (3)}$$

*Tránsito promedio diario semanal (TPDS)*

$$TPDS = \frac{TA}{7 \text{ días}} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (4)}$$

- ***Volúmenes de tránsito horario (TH)***

Los volúmenes de tránsito horario se usan en la determinación de la longitud y períodos de máxima demanda, colocación de señales, semáforos, marcas viales, sentidos de circulación y rutas de tránsito, rediseño geométrico de calles e intersecciones y evaluación deficiencias de capacidad. Este volumen se define como el número total de vehículos que pasan durante una hora, siendo  $T=1$  hora (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.153).

- **Tasas de flujo ( $q$ )**

Se ocupan para el análisis de flujos máximos así mismo para el análisis de las variaciones de flujo en las horas de mayor demanda al igual en limitaciones de capacidad en el flujo y por último el análisis de volúmenes máximos. Se define a la tasa de flujo como el número total de vehículos que pasan durante un período menor a una hora, siendo  $T < 1$  describe (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.153).

- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD).**

“La definición es el número máximo de vehículos que cruzan por un punto durante 60 minutos seguidos” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.155).

- **Factor de la hora de máxima demanda (FHMD).**

“Indicativo de las características del flujo de tránsito así mismo muestra la distribución de los flujos máximos dentro de la hora” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.164).

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q \text{ máx})} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (5)}$$

Donde:

N: Es el número de períodos durante la hora máxima de demanda, se usará 4 si los períodos son de 15 minutos, mientras que se usará 12 si son períodos son de 5 minutos.

$$FHMD = \frac{VHMD}{[4(Q \text{ máx}15)] \text{ o } [12(Q \text{ máx}5)]} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (6)}$$

En el proyecto se tienen tres accesos por lo que para el análisis, los accesos fueron divididos en grupos de carriles, con el fin de agilizar los cálculos de capacidad y nivel de servicio en la intersección, se debe recalcar que los grupos de carriles se agrupan de acuerdo con los movimientos de la intersección.

Al momento de determinar la tasa de flujo se debe convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo durante 15 minutos mediante el factor de la hora de máxima demanda según HCM (2000).

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (7)}$$

Donde:

V<sub>p</sub>: Tasa de flujo durante los 15 minutos más cargados (veh/h).

VHMD: Volumen horario de máxima demanda (veh/h).

FHMD: Factor de la hora de máxima demanda.

### **2.1.3. CAPACIDAD VIAL**

Es el máximo número de vehículos que cruzan por un tramo de un carril en un intervalo de tiempo determinado así mismo la capacidad permite medir la eficiencia con la que un sistema vial satisface la demanda vehicular así mismo determina la calidad del servicio prestado en una sección específica. En una gran parte del análisis de capacidad se usa un intervalo de 15 minutos, se toma este intervalo porque es más corto y puede mostrar un flujo estable.

Es importante mencionar que así sea un calle o carretera la circulación puede ser continua o discontinua, en caso de ser un sistema vial de circulación continua este no tendrá elementos fijos externos al tránsito que produzcan interrupciones como por ejemplo semáforos mientras que un sistema de circulación discontinua presenta elementos fijos que ocasionan interrupciones periódicas del flujo de tránsito, como es el caso de semáforos, señales de alto u otro tipo de señal de regulación (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.327)

El procedimiento para el cálculo de la capacidad dependerá del tipo de infraestructura a analizar por otra parte la capacidad se define para condiciones prevalecientes es decir que si una de estas se modifica la capacidad cambiará. En cuanto a las condiciones prevalecientes mencionadas previamente existen tres generales que se muestran a continuación:

Condiciones de infraestructura vial. – Se refiere a las características físicas y geométricas de la calle dentro de las físicas se encuentra el tipo de circulación, control en accesos, si presenta divisiones, el número de carriles; mientras que a características geométricas hace referencia al ancho de carriles, obstrucciones laterales, velocidad del proyecto, restricciones para el rebase, tipo de terreno.

Condiciones de tránsito. – Tiene que ver con la repartición del tránsito en el tiempo y espacio, así mismo con el tipo de vehículos que circulan como livianos, pesados, públicos, etc.

Condiciones de control. – Corresponde a dispositivos para el control del tránsito, por ejemplo, semáforos, señales verticales y horizontales (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, pp. 327-328).

### **2.1.3.1. CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMFORIZADAS**

En intersecciones con semáforo la capacidad se define para cada acceso la tasa de flujo máximo que puede pasar por la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito. Se mide en vehículos por hora en base a flujos que tienen períodos de 15 minutos.

En relación con las condiciones prevalecientes se destacan los volúmenes por tipo de movimiento, composición vehicular, maniobras de estacionamiento, paradas de autobuses, número de carriles, ancho de carriles, pendientes, uso de carriles, en este tipo de intersecciones también se considera las condiciones prevalecientes del semáforo como la secuencia de fases, asignación de tiempos.

Para el análisis de la capacidad se calcula la relación volumen sobre capacidad, dividiendo el flujo actual en intervalos de 15 minutos del acceso o grupo de carriles entre su capacidad. Al tener en la intersección de estudio un grupo de carriles se debe usar el flujo de saturación ( $s$ ), este se define como la tasa máxima de flujo en un acceso, que puede circular por la intersección, suponiendo que dicho acceso tiene 100% del tiempo disponible como verde efectivo y se lo expresa como vehículos por hora (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.363).

$$C = \underline{S} \left( \frac{g}{C} \right) \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007) (8)}$$

Donde:

C: Capacidad del acceso o grupo de carriles (vph).

$\underline{S}$ : Flujo de saturación del acceso o grupo de carriles (vphv).

g: Tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles (s).

C: Ciclo del semáforo (s).

g/C: Relación de verde para el acceso o grupo de carriles.

### 2.1.3.2. FLUJO DE SATURACIÓN

Flujo de saturación se genera después del cuarto vehículo que cruza la línea de pare cuando está la luz verde del semáforo y al volumen generado se le denomina tasa de flujo de saturación, este flujo brinda una idea de la cantidad de vehículos que pueden atravesar por carril de una sección semaforizada en una hora, suponiendo que la luz verde se mantiene permanente, así los vehículos no tendrían interrupciones ni se presentarían flujos de saturación demasiados largos (Torres & Alvarado, 2018).

#### *MEDICIÓN EN CAMPO*

Se dice que hay saturación a partir de 10-14 segundos después de inicio del verde, la medición se hace únicamente con los vehículos en fila es decir no se toma en cuenta aquellos que lleguen después. La medida de campo se obtiene registrando el eje delantero del primer vehículo que cruza la línea de parada es decir cuando ingresa a la intersección, pero para la obtención del flujo de saturación debe medirse después de que el cuarto vehículo haya cruzado la línea de parada y haya ingresado a la intersección, se debe recalcar que los puntos de referencia se deben mantener constantes para todas las mediciones. Para hacer uso de este método se debe realizar al menos 15 ciclos y como mínimo 8 vehículos en la cola (Torres & Alvarado, 2018).

$$S = \frac{t_u - t_4}{n - 4} \quad (\text{Torres \& Alvarado, 2018}) \quad (9)$$

Donde:

$S$ : Flujo de saturación (vph).

$t_u$ : Tiempo del último vehículo (s).

$t_4$ : Tiempo del cuarto vehículo (s).

$n$ : Cantidad total de vehículos.

Flujo de saturación bajo condiciones prevalecientes es igual a 3600 sobre  $S$ .

$$\underline{S} = \frac{3600}{S} \quad (\text{Torres \& Alvarado, 2018}) \quad (10)$$

## **ECUACIÓN BASE PARA EL FLUJO DE SATURACIÓN**

“La ecuación base tiene factores de ajuste los cuales simulan el efecto que ejercen las condiciones prevalecientes sobre las ideales, el flujo de saturación también denominado intensidad de saturación se obtiene por grupo de carriles” (Highway Capacity Manual, 2000) el cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$S = S_o * N * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (11)$$

Donde: (Solórzano, s. f.)

*S*: Flujo de saturación ajustado para el grupo de carriles  $\left(\frac{veh}{h}\right)$ .

*S<sub>o</sub>*: Flujo de saturación base (veh /h/carril ).

*N*: Número de carriles en el grupo.

*f<sub>w</sub>*: Ajuste por ancho del carril.

*f<sub>HV</sub>*: Ajuste por vehículos pesados.

*f<sub>g</sub>*: Ajuste por gradiente.

*f<sub>p</sub>*: Ajuste por maniobras de parqueo.

*f<sub>bb</sub>*: Ajuste por paradas de buses.

*f<sub>a</sub>*: Ajuste por ubicación (zona).

*f<sub>LU</sub>*: Ajuste por utilización del carril.

*f<sub>LT</sub>*: Ajuste por giros izquierdos en el grupo.

*f<sub>RT</sub>*: Ajuste por giros derechos en el grupo.

*f<sub>Lpb</sub>*: Ajuste por peatones/bicicletas para giro izquierdo.

*f<sub>Rpb</sub>*: Ajuste por peatones/bicicletas para giro derecho.

- **FLUJO DE SATURACIÓN BASE ( $S_0$ )**

El valor de flujo de saturación base es de 1900 veh/h/carril, se debe enfatizar que el valor de flujo predeterminado puede variar debido a las mediciones en campo. Se debe tener en cuenta que si los accesos tienen “velocidades de acercamiento bajas menores de 50 km/h el flujo de saturación base es de 1800 veh/h/carril, mientras si las velocidades en el acceso son mayores a 80 km/h el flujo de saturación base es de 1900 veh/h/carril” (Highway Capacity Manual, 2000).

- **AJUSTE POR ANCHO DEL CARRIL ( $F_W$ )**

Carril mínimo 2.4m, carril máximo 4.8m.

$$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (12)$$

Donde:

$W$ : Ancho del carril (m).

- **AJUSTE POR VEHÍCULOS PESADOS ( $F_{HV}$ )**

Al tratarse de vehículos pesados se considera los automóviles que tienen más de cuatro neumáticos en contacto con la superficie de la carretera.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV (E_T - 1)} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (13)$$

Donde:

$\%HV$ : Porcentaje vehículos pesados.

$E_T$ : Factor de equivalencia (2).

- **AJUSTE POR GRADIENTE ( $F_G$ )**

Este factor toma en cuenta las pendientes del sitio en donde se realice el estudio.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (14)$$

Donde:

$\%G$ :  $-6 \leq G \leq +10$

- **AJUSTE POR MANIOBRAS DE PARQUEO (FP)**

Factor por estacionamiento se toma en cuenta 75 m antes de la línea de pare.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (15)$$

Donde:

N: Número de carriles en el grupo.

Nm: Número de maniobras de parqueo en la hora (8-16 doble vía, 16-32 una vía).

$F_p \geq 0.05$ .

$F_p = 1$  (Cuando hay prohibición de parqueo).

- **AJUSTE POR PARADAS DE BUSES (FBB)**

El siguiente factor se relaciona estrechamente con el transporte público en el área de investigación, las estaciones de buses se encuentran “a menos de 75 metros y después de la intersección, donde recogen o dejan pasajeros, es importante mencionar que este factor se calcula si la parada de bus genera tráfico en el grupo de carriles de estudio”(Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * N_B}{3600}}{N} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (16)$$

Donde:

N: Número de carriles en el grupo.

Nb: Número de buses que paran en la hora (< 250).

$F_{bb} \geq 0.05$

- **AJUSTE POR UBICACIÓN (FA)**

De acuerdo con HCM (2000) el factor por ubicación se toma en cuenta cuando se genera un incremento en el número de vehículos debido al diseño geométrico, tráfico vehicular o flujo de peatones o todos los anteriores, es importante mencionar que el incremento puede llegar a afectar la capacidad de la intersección.

$$f_a = 0.90 \text{ ZONAS CENTRALES}$$

$$f_a = 1.0 \text{ RESTO DE ZONAS}$$

- **AJUSTE POR UTILIZACIÓN DEL CARRIL (FLU)**

Este factor tiene en cuenta la distribución no homogénea del tráfico en el grupo de carriles que tienen más de una línea.

$$f_{LU} = \frac{Vg}{Vg1 * N} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (17)$$

Donde:

Vg: Demanda no ajustada en el grupo.

Vg1: Demanda en el carril más utilizado.

N: Número de carriles.

- **AJUSTE POR GIROS IZQUIERDOS EN EL GRUPO (FLT)**

Cal y Mayor & Cárdenas (2007) indica que este factor toma en cuenta los vehículos que curvan hacia la izquierda, se debe recalcar que se toman en cuenta los giros porque estos disminuyen la velocidad en los usuarios produciendo demoras y aumento de embotellamientos.

Carril exclusivo ( $FLT=0.95$ )

Carril compartido, giro protegido:

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 * P_{LT}} \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (18)$$

Donde:

$P_{LT}$ : Proporción de vehículos girando.

- **AJUSTE POR GIROS DERECHOS EN EL GRUPO (FRT)**

Este factor toma en cuenta los movimientos a la derecha desde un carril exclusivo o compartidos. Se debe resaltar que el factor será igual a “la unidad cuando en el grupo de carriles no se produce ningún giro hacia la derecha”(Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

Carril exclusivo ( $FRT=0.85$ ).

*Carril compartido*

$$(FRT = 1 - 0.15 * PRT) \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (19)$$

*Carril único*

$$(FRT = 1 - 0.135 * PRT) \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (20)$$

Donde:

PRT= Proporción de vehículos girando.

- **AJUSTE POR PEATONES/BICICLETAS PARA GIRO IZQUIERDO (FLPB)**

$$f_{Lpb} = 1 - P_{LT} * (1 - A_{pbT})$$
$$(1 - P_{LTA}) = 1 - P_{LT} * (1 - A_{pbT}) \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (21)$$

Donde:

$P_{LT}$ : Proporción de vehículos girando.

$A_{pbT}$ : Ajuste de fase permitido.

$P_{LTA}$ : Proporción de vehículos girando en el verde efectivo.

- **AJUSTE POR PEATONES/BICICLETAS PARA GIRO DERECHO (FRPB).**

$$f_{Rpb} = 1 - P_{RT} * (1 - A_{pbT})$$
$$(1 - P_{RTA}) = 1 - P_{RT} * (1 - A_{pbT}) \quad (\text{HCM, 2000}) \quad (22)$$

Donde:

$P_{RT}$ : Proporción de vehículos girando.

$A_{pbT}$ : Ajuste de fase permitido.

$P_{RTA}$ : Proporción de vehículos girando en el verde efectivo.

Anteriormente se mostró la determinación del flujo de saturación tanto en campo y mediante la ecuación base, en el presente proyecto se usará los datos del flujo de saturación tomados en campo y se contrastara con los datos que se obtengan de la ecuación base para el flujo de saturación ya que esta ecuación toma un flujo de saturación base y lo ajusta con factores que toman en cuenta el número de carriles, ancho de carril, porcentaje de vehículos pesados, pendiente del acceso, actividad de estacionamiento, etc.

Después de calcular el flujo de saturación mediante ambos métodos, se calculará la capacidad con la siguiente ecuación para cada grupo de carriles:

$$X_i = \frac{V_i}{C_i}$$

(Cal y Mayor &  
Cárdenas, 2007) (23)

Donde:

$X_i$ : *Grado de saturación para un grupo de carriles.*

$V_i$ : *Volumen en el grupo i.*

$C_i$ : *Capacidad en el grupo i.*

#### **2.1.4. NIVEL DE SERVICIO**

Garber & Hoel (2007) señala que el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas se usa como elemento de control la demora, la demora indica la cantidad de tiempo perdido en un viaje y también es una medida de incomodidad y frustración de los usuarios. Se describen los niveles de servicio según la demora promedio por vehículo, los cuales van del mejor al peor:

- **Nivel A**

Nivel de operación en el cual la demora promedio por vehículo es igual o menor a 10 segundos. Este nivel representa una circulación a flujo libre, los usuarios tienen gran libertad para realizar cualquier tipo de maniobra al igual que seleccionar la velocidad deseada dentro del tránsito aquí tanto el nivel de comodidad del conductor como del pasajero es excelente (Garber & Hoel, 2007).

- **Nivel B**

La demora por vehículo en este nivel es mayor que 10 segundos, pero no mayor a 20 segundos. La circulación en este nivel representa un flujo estable, pero se observa que más vehículos se integran a la circulación, la libertad para seleccionar velocidades y realizar maniobras bajas un poco con relación al nivel de servicio A de acuerdo con Garber & Hoel (2007).

- **Nivel C**

En este nivel el flujo es estable, pero debido a la presencia de más usuarios la operación individual se ve afectada por tanto la libertad de operación es restringida. Hay un decremento notable de la comodidad y conveniencia adicional la demora por vehículo en este nivel está en el rango de 20 a 35 segundos (Garber & Hoel, 2007).

- **Nivel D**

Garber & Hoel (2007) indica que la demora por auto es mayor que 35 segundos, pero no excede los 55 segundos así mismo la densidad en este nivel es elevada, aunque estable, queda restringida la velocidad y poder de maniobra, la comodidad percibida por los usuarios es inferior. Es importante resaltar que pequeños incrementos de flujo habitualmente traen complicaciones de funcionamiento, en este nivel las razones (v/c) son altas.

- **Nivel E**

La velocidad de los usuarios en este nivel es baja y uniforme, el accionar de los usuarios se complica por tanto los niveles de comodidad decrecen, los conductores y peatones tienen elevada frustración. La circulación es inestable y la demora por vehículo es mayor que 55 segundos, pero no sobrepasa los 80 segundos como expresa Garber & Hoel. (2007).

- **Nivel F**

En este nivel la demora por vehículo es mayor a 80 segundos, siendo un flujo forzado, esto quiere decir que el número de vehículos que circula por el lugar rebasa la cantidad de automotores que puede pasar por ahí. “En estos sitios se forman colas donde los movimientos se caracterizan por fases de parada y arranque” (Garber & Hoel, 2007).

Con los resultados obtenidos de volúmenes ajustados, flujo de saturación y capacidad se procede a determinar la demora promedio por vehículo en cada grupo de carriles para así determinar la demora en el acceso y finalmente en la intersección.

## **DEMORA TOTAL**

La demora total está dada por:

$$d_i = d_{1i} * PF + d_{2i} + d_{3i} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) \quad (24)$$

Donde:

*d<sub>i</sub>*: Demora promedio por vehículo para un grupo de carriles dado.

*d<sub>1i</sub>*: Demora uniforme.

*PF*: Factor de ajuste de demora uniforme para la calidad de avance.

*d<sub>2i</sub>*: Demora por incrementos.

*d<sub>3i</sub>*: Demora de la demanda residual.

- **Demora uniforme**

La demora uniforme supone que el grupo de “vehículos llegan con una distribución uniforme y no se presenta la saturación durante cualquier ciclo” (Garber & Hoel, 2007), esta demora se determina con la siguiente ecuación:

$$d1i = 0.50C * \frac{\left(1 - \frac{g_i}{C}\right)^2}{1 - \left(1 - \frac{g_i}{C}\right) * [\text{mín}(X_i, 1)]} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) \quad (25)$$

Donde:

*d1i: Demora uniforme (segundos/vehículo) para el grupo de carriles i .*

*C: Duración del ciclo (segundos) .*

*g<sub>i</sub>: Tiempo efectivo de luz verde para el grupo de carriles i (segundos) .*

*X<sub>i</sub>: Razón (v/c) para el grupo de carriles i .*

- **Demora por incrementos**

Esta demora considera que las llegadas son aleatorias y no uniformes, se debe resaltar que en algunos ciclos existirá sobreflujo, está dada como:

$$d2i = 900T * \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8 * k_i * I_i * X_i}{c_i * T}} \right] \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) \quad (26)$$

Donde:

*d2i: Demora por incrementos (segundos/vehículo) para el grupo de carriles i .*

*c<sub>i</sub>: Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/hora) .*

*T: Duración del período de análisis (horas) .*

*k<sub>i</sub>: Factor de demora por incrementos depende de las órdenes del controlador (Tabla 1).*

*I<sub>i</sub>: Factor de ajuste de la permeabilidad o filtración antes de la intersección, que considera el efecto de las llegadas (para intersecciones aisladas, I=1; para intersecciones no aisladas usar Tabla 2).*

*X<sub>i</sub>: Razón v/c para el grupo de carriles i .*

Se debe enfatizar que los datos de flujo de saturación de campo se usaron para determinar la extensión unitaria ya que se tomó el espacio mínimo en segundos entre vehículos, teniendo como resultado un valor de 2.5 segundos entre vehículos.

**Tabla 1:** Valores recomendados de  $k$  para grupos de carriles bajo control actuado y a tiempo fijo

<b>Extensión unitaria (UE) (segundos)</b>	<b>Grado de saturación (X)</b>					
	$\leq 0.50$	0.60	0.70	0.80	0.90	$\geq 1.0$
$\leq 2.0$	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 <sup>1</sup>	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Movimiento a tiempo fijo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Nota: Para una UE dada y su valor de  $k_{\min}$  para  $X=0.5$ ;  $k = (1-2 * k_{\min}) (X-0.5) + k_{\min}$ ;  $k \geq k_{\min}$   $k \leq 0.5$ .

<sup>1</sup>Para UE > 5.0, extrapolar para encontrar  $k$ , conservando  $k \leq 0.5$ .

**Tabla 2:** Valores  $I$  recomendados para grupos de carriles con semáforos antes de la intersección

	<b>Grado de saturación en la intersección antes del acceso, <math>X_u</math></b>						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	$\geq 1.0$
<b>I</b>	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

Nota:  $I = 1.0 - 0.91 * X_u^{2.68}$  y  $X_u \leq 1.0$ .

- **Demora de la demanda residual**

Según Garber & Hoel (2007) esta demora se presenta como resultado de una demanda de vehículos no satisfecha  $Qb$  presente al inicio del período de análisis  $T$ . Para el cálculo de la demanda residual se aplica los siguientes cinco casos:

*Caso 1:*  $Qb=0$ , el período de análisis es no saturado.

*Caso 2:*  $Qb=0$ , el período de análisis es saturado.

*Caso 3:*  $Qb > 0$  y  $Qb$  puede ser totalmente servido durante el período de análisis  $T$ , es decir, la demanda no satisfecha  $Qb$  y la demanda total en el período  $T(qT)$  deben ser menores que la capacidad  $cT$ ; es decir,  $Qb + qT < cT$ .

*Caso 4:*  $Qb > 0$ , pero  $Qb$  disminuye, es decir, la demanda en el tiempo  $T$ , ( $qT$ ) es menor que la capacidad  $cT$ .

*Caso 5:*  $Qb > 0$ , y la demanda en el tiempo  $T$ , sobrepasa a la capacidad  $cT$ .

La demanda residual se obtiene como:

$$d3i = \frac{1800 * Qbi * (1 + ui) * ti}{ci * T} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) (27)$$

Donde:

$Qbi$ : Demanda no satisfecha al inicio del período  $T$  vehículos por grupo de carriles  $i$ .

$ci$ : Capacidad del grupo de carriles ajustada por vehículos/hora.

$T$ : Duración del período de análisis (horas).

$ti$ : Duración de la demanda no satisfecha en  $T$  para el grupo de carriles  $i$  (horas).

$ui$ : Parámetro de demora para el grupo de carriles  $i$ .

- **Factor de ajuste de demora uniforme para la calidad del avance**

Este factor se lo obtiene mediante la razón de pelotón, esta se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Rp = flu = \frac{vg}{vgl * N} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) (28)$$

Donde:

$Vg$ : Demanda no ajustada en el grupo.

$Vg1$ : Demanda en el carril más utilizado.

$N$ : Número de carriles.

Una vez obtenida se procede a establecer el tipo de llegada con la tabla de a continuación:

**Tabla 3:** Relación entre el tipo de llegada y la razón de pelotón (Rp)

Tipo de llegada	Rango de la razón de pelotón (Rp)	Valor por omisión (Rp)	Calidad del avance
1	≤ 0.50	0.333	Muy mala
2	> 0.50 y ≤ 0.85	0.667	Desfavorable
3	> 0.85 y ≤ 1.15	1.000	Llegadas aleatorias
4	> 1.15 y ≤ 1.50	1.333	Favorable
5	> 1.50 y ≤ 2.00	1.667	Muy favorable
6	> 2.00	2.000	Excepcional

Sabiendo el tipo de llegada de cada carril se podrá establecer el factor PF.

**Tabla 4:** Factor de ajuste por avance (PF)

Razón de luz verde (g/C)	Tipo de llegada (TLL)					
	AT-1	AT-2	AT-3	AT-4	AT-5	AT-6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.3136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
Por omisión, fp	1.00	0.93	1.000	1.15	1.00	1.000
Por omisión, Rp	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

$PF = (1-P) * fp / (1-g/C)$

Nota: 1. La tabulación se hace con base en los valores por omisión de fp y Rp.

2.  $P = Rpg/C$  (no deben sobrepasar a 1.0).

3. El PF no debe a 1.0 para AT-3 hasta AT-6.

Habiendo determinado las demoras el siguiente paso será calcular la demora total o demora promedio para grupo de carriles, las demoras promedio permitirán calcular la demora en el acceso.

### DEMORA EN EL ACCESO

Es el promedio ponderado de las demoras de todos los grupos de carriles de ese acceso, la demora está dada como:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{ia} v_i)}{\sum_{i=0}^{n_A} v_i} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) \quad (29)$$

Donde:

$d_A$ : Demora para el acceso A (segundos/vehículo).

$d_{ia}$ : Demora ajustada para el grupo de carriles  $i$  en el acceso  $A$  (segundos/vehículo).

$v_i$ : Tasa de flujo para el grupo de carriles  $i$  (vehículos/hora).

$n_A$ : Número de grupos de carriles en el acceso  $A$ .

El nivel de servicio se determina con la siguiente tabla:

**Tabla 5:** Criterios de nivel de servicio para las intersecciones semaforizadas

<i>Nivel de servicio</i>	<i>Demora por vehículo (segundos)</i>
A	$\leq 10.0$
B	$>10.0$ y $\leq 20.0$
C	$>20.0$ y $\leq 35.0$
D	$>35.0$ y $\leq 55.0$
E	$>55.0$ y $\leq 80.0$
F	$>80.0$

## DEMORA EN LA INTERSECCIÓN

Se realiza de igual manera que en la demora en el acceso la diferencia es que el promedio ponderado se realiza con la demora de todos los accesos, está dada como:

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^{A_n} (d_A v_A)}{\sum_{A=0}^{A_n} v_A} \quad (\text{Garber \& Hoel, 2007}) \quad (30)$$

Donde:

$d_I$ : Demora promedio para la intersección (segundos/vehículo).

$d_A$ : Demora ajustada para el acceso  $A$  (segundos/vehículo).

$v_A$ : Tasa de flujo ajustada para el acceso  $A$  (vehículos/hora).

$A_n$ : Número accesos en la intersección.

### 2.1.5. DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DEL SEMÁFORO

En una intersección semaforizada, el número de vehículos que llega a cada uno de sus accesos debe ser repartido en diferentes fases de movimiento, donde cada fase tendrá un movimiento específico, para tener un mínimo de demoras en cada fase del semáforo se debe tener en cuenta el mayor número de movimientos simultáneos, con el fin de permitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. Se debe enfatizar que la distribución de los tiempos en cada fase debe tener relación a los volúmenes de tránsito de cada movimiento (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.395).

Para el cálculo de los tiempos del semáforo y su reparto en las diferentes fases se debe tener en cuenta: El intervalo de cambio de fase, longitud del ciclo, y asignación de tiempos verdes.

#### INTERVALO DE CAMBIO DE FASE

La función principal de este intervalo es alertar a los usuarios de un cambio de fase a los usuarios que van a ingresar a la intersección, este intervalo es la suma del amarillo más todo rojo.

$$y = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W + L}{v} \right) \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007)} \quad (31)$$

Donde:

*y*: Intervalo cambio de fase (amarillo + todo rojo) (seg).

*t*: Tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1 seg).

*v*: Velocidad de aproximación de los vehículos (m/s).

*a*: Tasa de aceleración (valor usual 3.05 m/s<sup>2</sup>).

*w*: Ancho de la intersección (m)(perpendicular al movimiento).

*L*: Longitud del vehículo (usualmente 6.10m).

## LONGITUD DEL CICLO

Basado en observaciones de campo y simulaciones de tránsito Webster indicó que se puede obtener el ciclo óptimo con la siguiente ecuación:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} \quad (\text{Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007}) \quad (32)$$

Donde:

$C_o$ : *Tiempo óptimo de ciclo (seg).*

$L$ : *Tiempo total perdido por ciclo (seg).*

$Y_i$ : *Máximo valor de la relación entre el flujo actual y de saturación.*

$\varphi$ : *Número de fases.*

## ASIGNACIÓN DE TIEMPOS VERDES

“El verde efectivo total  $g_T$ , es el tiempo disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.405).

$$g_T = C - L \quad (\text{Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007}) \quad (33)$$

Donde:

$g_T$ : *Tiempo verde efectivo total por ciclo.*

$C$ : *Longitud actual del ciclo (redondeado  $C_o$  a los 5 segundos más cercanos).*

### DEMORA TOTAL MÍNIMA

“Es la distribución del verde efectivo total entre las diferentes fases en proporción a las relaciones entre el flujo actual y el flujo de saturación” (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007, p.406).

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} (g_T) \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007)}$$

(34)

Donde:

$g_T$ : *Tiempo verde efectivo total por ciclo.*

$Y_i$ : *Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso.*

$$G_i = g_i + I_i - A_j - TR_j \quad \text{(Cal y Mayor \& Cárdenas, 2007)}$$

(35)

Donde:

$G_i$ : *Tiempo verde real.*

$I_i$ :  $y_i = A_j + TR_j$ .

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Capacidad vehicular.** - La capacidad hace referencia a la fracción máxima de flujo vehicular que se puede producir en una sección de la vía, de forma aproximada. Tomando en cuenta que no se puede dañar el nivel de servicio que anteriormente se debió implantar en la línea base (HCM, 2000).

**Condiciones de señalización.** –“Este término se usa para describir los detalles de operación del semáforo, secuencia de fases, tiempo de fases y avance de las señales en cada acceso” (Garber & Hoel, 2007).

**Condiciones geométricas.** – “Término que se usa para describir las características de las vías de acceso, se incluyen el número, ancho de carriles, pendientes, y ubicación de los carriles para diferentes usos, como designación de un carril de estacionamiento” (Garber & Hoel, 2007).

**Ciclo.**–“Un ciclo es el tiempo necesario para que se dé una sucesión completa de indicaciones en los semáforos conectados a un mismo regulador, cada una de las combinaciones de indicaciones permiten uno o varios movimientos simultáneos en la intersección” (Valdés et al, 2008).

**Estudios de tránsito.** – Este tipo de estudios se agrupan en tres categorías:

1) Inventarios: Proporcionan una lista de la información existente, como ancho de calle, sitios de estacionamiento, rutas y reglamentos de tránsito.

2) Estudios administrativos: Se emplean los registros existentes de ingeniería los cuales están disponibles en las dependencias del gobierno, estos estudios son resultados de encuestas, mediciones de campo, fotografías aéreas o ambos.

3) Estudios dinámicos: Recolectan datos de condiciones operativas como estudios de velocidad, volumen de tránsito, tiempo, demoras de viaje, choques, los estudios dinámicos permiten evaluar las condiciones presentes y desarrollar soluciones (Garber & Hoel, 2007).

**Estudios de volumen.** – Estos estudios se hacen para recopilar detalles del número de vehículos o peatones que circulan por un determinado lugar de estudio durante un lapso específico de tiempo, donde el lapso varía desde 15 minutos hasta un año dependiendo del uso anticipado de los datos. Los datos recolectados pueden

clasificarse en subcategorías como: movimiento direccional, tasas de ocupación, clasificación de vehículos (Garber & Hoel, 2007).

**Extensión unitaria (UE).** - Es el espacio mínimo en segundos, entre los vehículos sucesivos que se mueven en una aproximación a una intersección señalizada, la extensión unitaria depende de la velocidad promedio de los vehículos que se aproximan y de la distancia entre los detectores y la línea de alto como expresa Garber & Hoel (2007).

**Factor hora pico.** – Este factor mide la variación de la demanda durante la hora de mayor afluencia, es el cociente del volumen durante la hora pico, entre la tasa máxima de flujo durante un período de tiempo dado, dentro de la hora pico, en intersecciones el período que se recomienda usar es de 15 minutos de igual manera este factor puede usarse en el diseño de la sincronización del semáforo para compensar la posibilidad de que las tasas de llegada del pico, para períodos cortos durante la hora pico, pueden ser mucho más mayores que el promedio para la hora completa (Garber & Hoel, 2007).

**Fases.** – “Son los movimientos que pueden darse simultáneamente, los cuales no están sujetos a reglas fijas, sino que van a depender de las características del tráfico y geometría de la intersección”(Valdés et al., 2008).

**Flujo de saturación.** – Es el volumen máximo de tránsito que cabe en la intersección semaforizada si el semáforo estuviese siempre en verde, en “realidad, cuando los vehículos desarrollan su máxima velocidad normal al entrar en la intersección, partiendo generalmente del reposo en una cola” (Muñoz et al., 2010, p. 4).

**Grupo de carriles.** – “Consta de uno o más carriles que tienen una línea de alto en común, llevan un conjunto de flujos vehiculares, y cuya capacidad es compartida por todos los vehículos del grupo”(Garber & Hoel,2007).

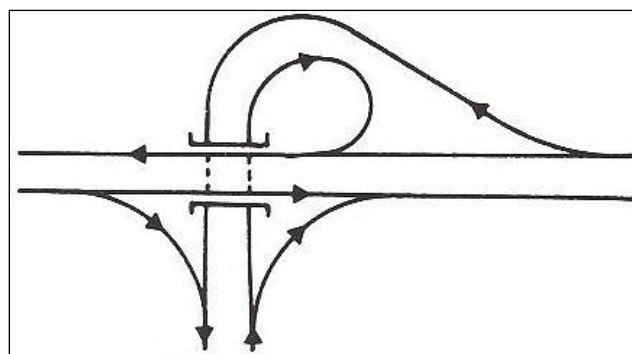
**Intersección.** – También denominados nudos donde concurren varias carreteras o calles constituyen puntos críticos de las redes viarias, ya que por estas circulan vehículos con distintas trayectorias, originando puntos de conflicto en los puntos de encuentro de estas, para reducir en lo posible los puntos de conflicto se hace que en la zona de confluencia las distintas vías estén a niveles diferentes, teniendo así intersecciones al mismo nivel, intersecciones a desnivel (enlaces) e intersecciones

semaforizadas, a continuación se brindará información de cada una (Kraemer et al., 2003).

- Intersecciones al mismo nivel.- Generalmente presentan isletas divisorias que permiten encauzar adecuadamente las trayectorias que cambian de dirección, las isletas se las diferencia porque en su interior hay un cebrado o por un desnivel, adicional las isletas tienen varias funciones como determinar los ángulos de cruce o convergencia, crear zonas de protegidas de espera para vehículos que van a girar a la izquierda, separar las corrientes de tráfico por último las plataformas brindan refugio para peatones también alojan señales, semáforos y alumbrado (Papazian & Agosta, 2013).
- Intersecciones a desnivel (enlaces). – Estos pueden ser de tres o cuatro tramos:

*Tres tramos.*- Dos de los tramos constituyen una vía principal, el tercer tramo suele ser una vía secundaria un ejemplo de este tipo es la intersección tipo Trompeta la cual resuelve los giros a la izquierda con un lazo y un ramal semidirecto, tiene una obra de paso y se lo usa en la bifurcación de una autopista con una carretera convencional (Kraemer et al., 2003).

**Figura 3:** Intersección tipo trompeta



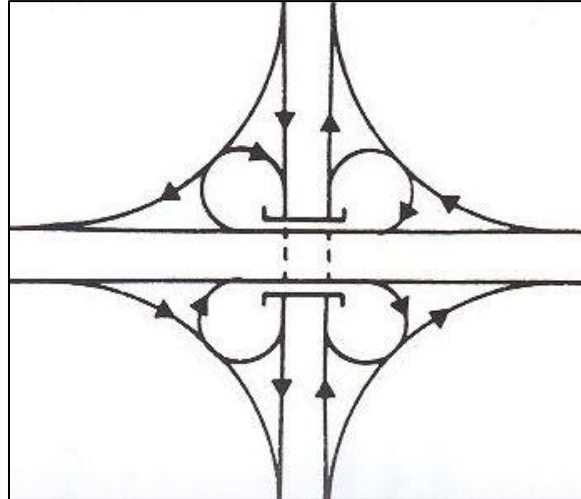
Nota. De Intersección tipo trompeta [Fotografía], por PIARC.

(<https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/69685-es-enlace%20tipo%20trompeta>)

*Cuatro tramos.*- Según Papazian & Agosta (2013) generalmente los cuatro tramos se agrupan dos a dos formando dos vías, las intersecciones tipo trébol y tipo diamante son claros ejemplos, en ambos tipos de intersecciones hay

una obra de paso ambos resuelven los giros izquierdos, pero únicamente el tipo trébol resuelve los giros a la derecha con ramales directos.

*Figura 4: Enlace tipo trébol*



Nota. De Enlace tipo trébol [Fotografía], por PIARC.

(<https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/69688-es-enlace%20tipo%20tr%C3%A9bol> )

- Intersección semaforizada. -Permiten la regulación del tránsito, su correcto funcionamiento brinda seguridad y eficiencia en la circulación, este tipo de intersección separa los movimientos de cruce por medio de ciclos de espera para la luz verde (García et al., 2015).

**Nivel de servicio.** – “Medida cualitativa que describe las condiciones operativas dentro de un flujo de tráfico, basada en medidas de servicio como la velocidad y el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones del tráfico, la comodidad y la conveniencia” (Manual de Capacidad vial, 2000).

**Reparto.** – “Porcentaje de la longitud del ciclo a cada una de las diversas fases” (Valdés et al., 2008).

**Relación Volumen-Capacidad.** – Una vía funciona adecuadamente cuando el volumen de tráfico que circula es menor que la capacidad del sistema, en otras palabras, la vía tiene la capacidad suficiente para abastecer el flujo vehicular el cual se presenta sin ocurrir demoras exorbitantes, en este caso se puede decir que el sistema vial no ha colapsado y la relación velocidad versus capacidad es menor a 1. Por otra parte, cuando los valores de los flujos vehiculares están muy cercanos a la capacidad, el tránsito se vuelve inestable ocasionando congestión vehicular, la situación se torna más compleja cuando los flujos vehiculares circulan a densidades altas y velocidades bajas, debido a que estas condiciones son de operación forzada aquí la relación  $v/c$  el sitio en estudio es igual o cercano a 1 (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

**Volúmenes de tránsito.** – Se los obtiene mediante observaciones en campo, registradores automáticos o se puede combinar ambas, tienen como finalidad determinar el volumen de tráfico vehicular que circula por un tramo de vía (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007).

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN**

### **3.1. ANTECEDENTES**

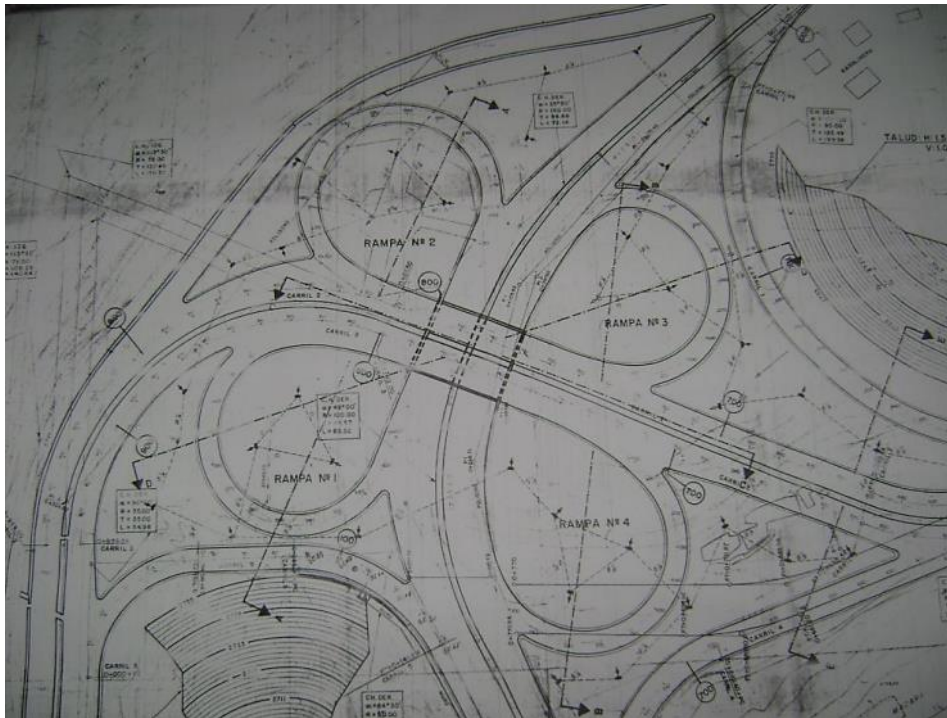
El desarrollo vial en la ciudad se dio a raíz de la expansión y desarrollo de esta, durante este período de desarrollo vial se realizaron obras como: ejes longitudinales, transversales, intercambiadores, puentes, etc. (Carrión y Erazo, 2012)

De acuerdo con Arias (2008) una obra a resaltar que se realizó durante ese período es la intersección de cuatro tramos tipo Trébol es cual se llama así mismo, ya que este permitió satisfacer el tráfico que provenía desde el norte de Quito se dirigía hacia el sur de la ciudad y hacia el valle de Los Chillos y viceversa, aparentemente en el diseño de este intercambiador no se contempló una demanda futura como lo es el incremento paulatino del tráfico vehicular de los últimos 20 años.

La intersección tipo trébol nombrada el “Trébol”, está situado en el sector centro oriental de la ciudad, fue construido hace 38 años sobre un relleno realizado en un tramo del río Machángara. En el año de 1968 aún no existía este intercambiador sino únicamente una prolongación a la Av. Oriental que conectaba el sur de la ciudad con el norte, la ciudad con el valle de los Chillos y viceversa para la realización de esta prolongación se construyó un túnel de 60m de longitud y 5m de ancho y alto, el mismo permitía desviar el río, una vez terminado el túnel se colocó el relleno sobre este, según Arias (2008).

A raíz del crecimiento de la ciudad, incrementó el tráfico vehicular motivo para iniciar el montaje de la autopista al valle de los Chillos, en 1983 se construye la intersección de cuatro tramos el “Trébol”, esta obra requería de gran espacio físico por lo que se realizó “un embaulamiento del río Machángara desde el portal de entrada del túnel construido en 1968mencionado anteriormente” (Arias, 2008), hasta unos 150 m aguas arriba conservando las dimensiones de ancho y alto, sobre el embaulamiento se coloca un relleno compactado con materiales limo-arenosos, terminado el relleno y con el espacio adecuado se empieza la construcción del enlace tipo Trébol, a continuación se adjunta la forma del mismo ver figura 5.

*Figura 5: Diseño de la intersección tipo trébol*



Nota. De *Diseño intersección* [Fotografía], por la EMAAP-Q, 1984, IAN.

<https://core.ac.uk/download/pdf/143427973.pdf>

El 31 de Marzo del 2008 esta intersección de cuatro tramos sufrió un gran hundimiento en uno de sus tramos específicamente la que está cercana a la Av. Velasco Ibarra más conocida como Oriental y Av. Pichincha, el hundimiento fue ocasionado por la afectación del embaulamiento del río Machángara (Arias, 2008).

Toulkeridis et al. (2016) menciona que producto del hundimiento se modificó el sentido de circulación pasando de Trébol a Girasol para recuperar los giros que tenía el enlace tipo trébol, en el año 2019 se empezaron los trabajos para que este tomé su sentido original de circulación de un trébol vial, actualmente ya se cambió el sentido de circulación siendo este el resultado:

Los vehículos que provienen del sur pueden curvar desde el lado nororiental del paso deprimido para dirigirse al centro de Quito, también se habilitó la curva del sector sur adicional se ubicarán dos paradas de taxi: una a la salida de la autopista General Rumiñahui en dirección a la Av. Velasco Ibarra y otra en la Av. Pichincha, en sentido sur. (Diario Últimas Noticias, 2019).

Es importante mencionar que el hundimiento ocurrido en 2008 no afectó a la intersección en la que se enfoca este trabajo, por otro lado, actualmente por la intersección en estudio circulan vehículos privados y vehículos públicos, a continuación, se detallará las compañías de transporte que circulan en la Av. Pichincha y Av. Velasco Ibarra , con respecto a esta última se debe exaltar las compañías que operan por esta vía como por ejemplo:

Compañía de Transportes en Colectivos Quito C.A. Colectrans, Empresa de Transportes Lujoturissa S.A., Transporte de Pasajeros Metrotrans Transpasmetrotrans S.A, Compañía Nacional de Transportes y Comercio S.A., Transalfa SA, Compañía Transportes Latinos Translatinos SA, Transportes Zeta "Transzeta C.A.", CATUV Compañía Anónima de Transportes Urbanos Victoria (Secretaría de Movilidad, s.f.).

Ahora con relación a la Av. Pichincha las que compañías de transporte que circulan por esta ruta son Transportes Reino de Quito S.A, Libertadores del Valle de Conocoto, Termas Turis, Transportes Vingala C.A., Cooperativa de Transportes "General Pintag", Cooperativa De Transporte San Pedro De Amaguaña, (Secretaría de Movilidad, s.f.).

Actualmente la intersección tiene una superficie de rodadura de pavimento flexible, con respecto al señalamiento vertical se encuentran señales restrictivas como prohibido girar hacia la derecha asimismo cuenta con señalamiento horizontal y semaforización.

### 3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

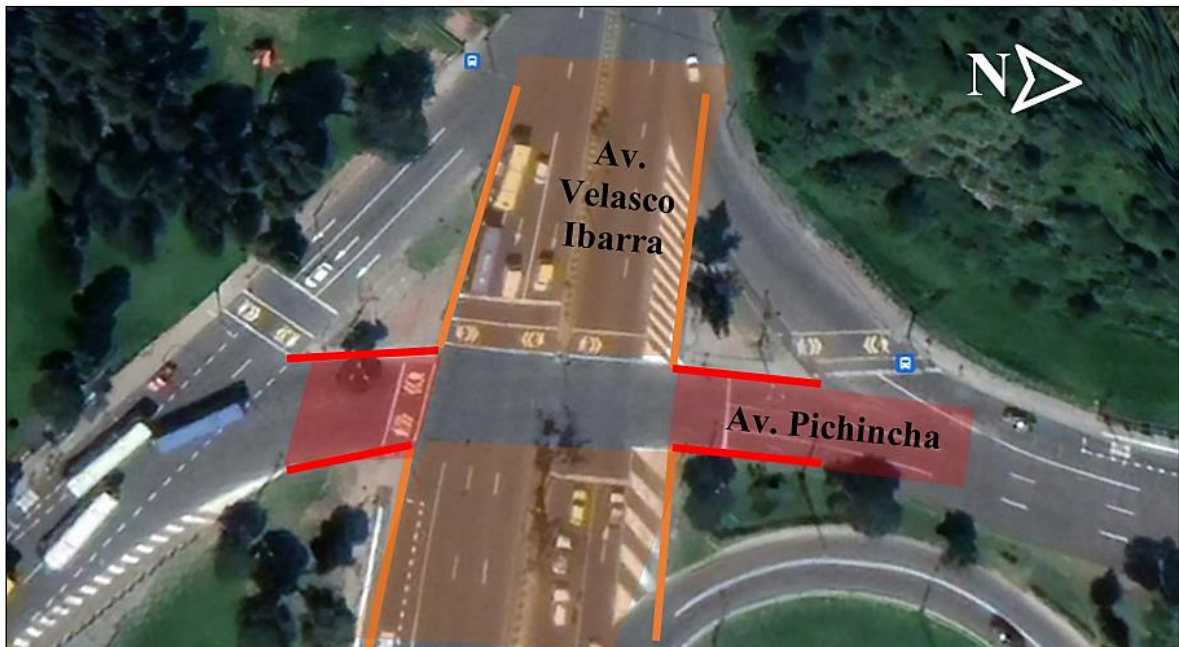
La intersección en análisis es parte del intercambiador el Trébol, el cual está ubicado en el sector centro oriental de la ciudad. En la intersección converge la avenida Velasco Ibarra y Pichincha.

Primero se hará énfasis en la avenida Velasco Ibarra la cual une el sur con el norte de la ciudad y el sur con el centro de la ciudad en este sentido, mientras que el sentido norte-sur conecta en el sentido mencionado anteriormente pero también une el norte de la capital con el Valle de los Chillos. Ahora bien, la avenida Pichincha conecta el centro y norte de la capital con el Valle de los Chillos. En los alrededores de la intersección existen:

*Tabla 6: Alrededor intersección*

<i>Avenida Velasco Ibarra Sentido Sur- Norte</i>	Parada de bus. Estacionamiento de taxis.
<i>Avenida Velasco Ibarra Sentido Norte- Sur</i>	Parada de bus. Ciclovía.
<i>Avenida Pichincha</i>	Parada de bus.

*Figura 6: Ubicación geográfica intersección*



Nota. De Ubicación intersección [Fotografía], por Google Maps.

(<https://www.google.com.ec/maps/search/trebol/@-0.2326663,78.5044767,166m/data=!3m1!1e3?hl=es-419&authuser=0>)

### 3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

La convergencia de la Av. Velasco Ibarra y Av. Pichincha da como resultado la intersección en estudio, así mismo se encuentra en el enlace de cuatro tramos denominado el Trébol el cual recibe ese nombre por su forma.

La intersección no cuenta con pasos a desnivel, ni giros izquierdos ni giros derechos, las avenidas mantienen un solo sentido, así mismo se cuenta con semáforos, señalización vertical y horizontal con el fin de mantener la seguridad de los usuarios.

Con relación a la distribución del tráfico se realiza de la siguiente manera:

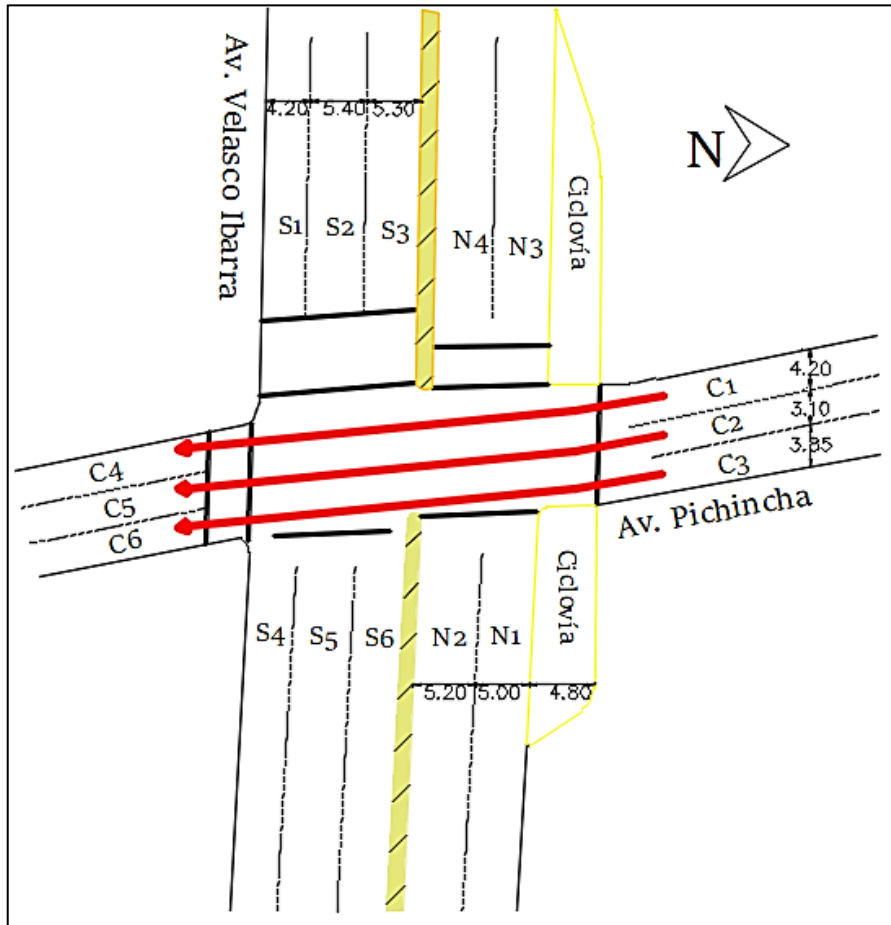
#### Av. Pichincha:

- Un carril de tránsito vehicular de ancho de 4.20 m en dirección centro-norte hacia Valle de los Chillos, la mayoría de motorizados que circulan por este carril son buses, el tránsito es controlado por semáforos.
- Un carril de tránsito vehicular de ancho de 3.10 m, en este carril comparten la circulación los automóviles con buses, los movimientos se ejecutan con control semafórico en dirección centro-norte hacia Valle de los Chillos
- Un carril de tránsito vehicular de ancho de 3.82 m en dirección centro-norte hacia Valle de los Chillos, en este carril circulan buses y automóviles y los movimientos se realizan con el control del semáforo.

*Tabla 7: Av. Pichincha*

<i>Dirección</i>	<i>Código</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Ancho de carril (m)</i>	<i>Número de carriles</i>
Norte-Centro	C1-C4	+7%	4.20	1
hacia valle de los	C2-C5	+6%	3.10	1
Chillos	C3-C6	+6%	3.85	1

**Figura 7: Movimientos por carriles en la Av. Pichincha**



**Av. Velasco Ibarra (Sur-Norte)**

- Un carril de ancho de 4.20 m, en este carril comparten la circulación los automóviles con buses, los movimientos se realizan con control semafórico en dirección sur-norte.
- Un carril de ancho de 5.40 m en dirección sur hacia el norte, en este carril circulan buses y automóviles los movimientos son controlados por el semáforo.
- Un carril de ancho de 5.30 m, en este carril la mayoría de motorizados en circular son automóviles, los movimientos se realizan con control semafórico en dirección sur-norte.

### Av. Velasco Ibarra (Norte-Sur)

- Un carril de circulación vehicular de ancho de 5.00 m, en este carril comparten la circulación los automóviles con buses, los movimientos se realizan con control semafórico en dirección norte-sur.
- Un carril de circulación vehicular de ancho de 5.20 m en dirección norte hacia el sur, en este carril circulan buses y automóviles y los movimientos son regulados por el semáforo.
- Un carril exclusivo para bicicletas de ancho de 4.80 m, los movimientos se realizan con control semafórico en dirección norte-sur.

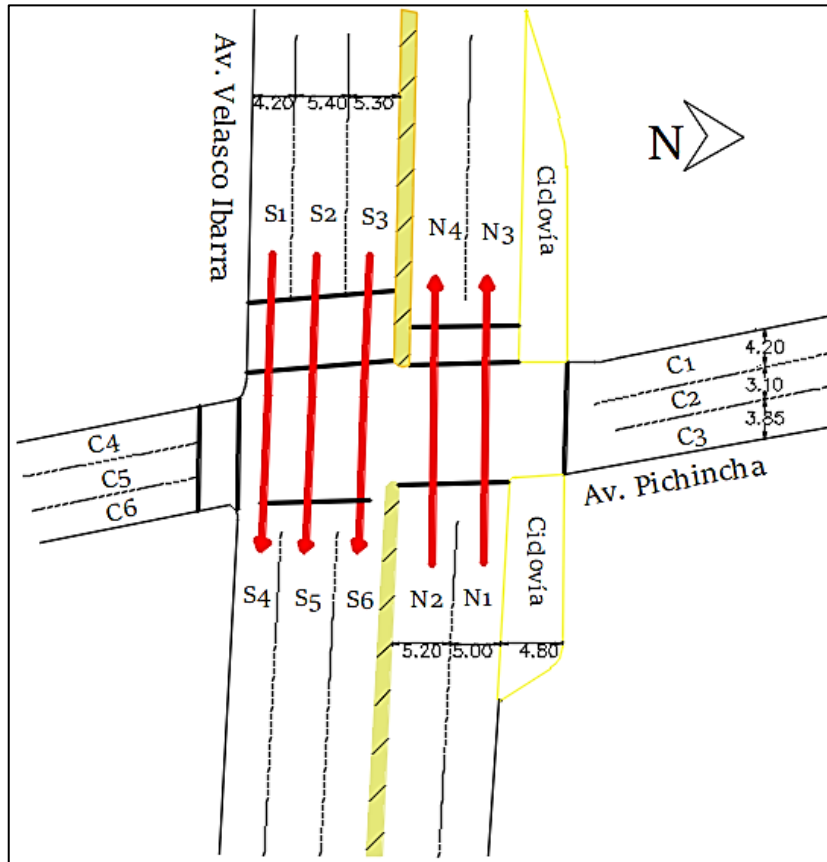
**Tabla 8:** Av. Velasco Ibarra (Sur-Norte)

<i>Dirección</i>	<i>Código</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Ancho de carril (m)</i>	<i>Número de carriles</i>
Sur-Norte Sur-Centro	S1-S4	+5%	4.20	1
Sur-Norte	S2-S5	+5%	5.40	1
Sur-Norte	S3-S6	+4%	5.30	1

**Tabla 9:** Av. Velasco Ibarra (Norte-Sur)

<i>Dirección</i>	<i>Código</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Ancho de carril (m)</i>	<i>Número de carriles</i>
Norte-Sur	CICLOVIA	-6%	4.80	1
Norte-Sur	N1-N3	-6%	5.00	1
Norte-Sur	N2-N4	-6%	5.20	1

**Figura 8:** Movimientos por carriles en la Av. Velasco Ibarra



### 3.4. INVENTARIO DE LA INTERSECCIÓN

Las señales de tránsito son fundamentales para mantener el orden, control y dirección del tránsito también brindan seguridad, al igual que mejoran la circulación y comodidad tanto de conductores, peatones y pasajeros, estas se dividen en dos grupos: verticales y horizontales como menciona Ubillús (2019).

#### SEÑALES VERTICALES

Se clasifican en preventivas, reglamentarias, transitorias e informativas, se diferencian entre ellas por el color.

*Señales preventivas:* “Su finalidad es advertir a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma” (INEN, 2011), son de color amarillo, las letras o símbolos que contiene son de color negro y regularmente tienen forma de diamante, se usa la letra P para identificarlas .

*Figura 9: Señales preventivas*



Nota. De *Señales preventivas* [Fotografía], por Ley y señales de tránsito, (s. f.).  
([https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html))

*Señales regulatorias:* “Las señales regulatorias se encargan de controlar el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta de cumplimiento de estas constituye una infracción de tránsito” (INEN, 2011), su color característico es el rojo y el mensaje o símbolo color negro, dentro de la norma se usa la letra R para identificarlas.

**Figura 10: Señales regulatorias**



Nota. De *Señales reglamentarias* [Fotografía], por Ley y señales de tránsito, (s. f.).  
([https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html))

*Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales:* Estas señales tienen como objetivo “advertir e informar a los usuarios de la vía a transitar con seguridad sitios de trabajos en las vías y aceras, este tipo de señales también alertan las condiciones temporales y peligrosas que podrían causar daños a los usuarios”(INEN,2011), su color característico es el anaranjado y las letras y símbolos que contiene negros de acuerdo con, así mismo se usa letra T para su identificarlas.

**Figura 11: Señales transitorias**



Nota. De *Señales reglamentarias* [Fotografía], por Ley y señales de tránsito, (s. f.).  
([https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html))

*Señales informativas:* Este tipo de señales “informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico” (INEN, 2011), el color de estas puede ser verde, azul, café con símbolos y letras de color blanco adicional el código las identifica con el código I.

**Figura 12:** Señales informativas



Nota. De *Señales reglamentarias* [Fotografía], por Ley y señales de tránsito, (s. f.).  
([https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html))

## SEÑALES HORIZONTALES

La señalización horizontal debe cumplir con un tamaño, contraste, retroreflectividad que llame la atención de los usuarios, su legibilidad y tamaño deben permitir un tiempo adecuado de reacción por otra parte la función de esta señalización es organizar la circulación, avisar o guiar a los usuarios de la vía, por lo que son elementos imprescindibles para la seguridad y gestión del tránsito (INEN,2011).

Esta señalización se clasifica en:

*Líneas longitudinales:* Estas líneas tienen varios usos como “determinar carriles y calzadas, indicar zonas con o sin prohibición de adelantar, zonas con prohibición de parqueo y por último para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos” (INEN, 2011).

*Líneas transversales:* Fundamentalmente se usan en “cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse, adicional para señalar rutas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas” (INEN, 2011).

*Símbolos y leyendas:* Estos regulan la circulación de los usuarios, guían y advierten a estos, dentro de “este tipo de señalización se incluye flechas, triángulos ceda el paso y leyendas como Pare, Bus, Carril exclusivo, Solo trole, Taxis, entre otros” (INEN, 2011).

*Chevrones:* “Esta señalización se usa para indicar que el tránsito converge o diverge, generalmente se encuentran en accesos o salidas en enlaces, canalizaciones e islas centrales” (INEN, 2011).

## **SEMÁFOROS**

“Proporcionan protección a los usuarios de la vía, regulando los diferentes flujos vehiculares y peatonales, separando en tiempo y espacio a varios movimientos de acuerdo con la trayectoria del viaje” (INEN,2011) de igual manera los semáforos brindan seguridad y control para peatones y vehículos, y estos se clasifican en:

*Vehiculares:* “Están compuestos por tres módulos donde a estos se les puede acoplar virajes hasta tres módulos más, estos tienen tres colores de luces circulares instalados verticalmente siguen el orden rojo, amarillo o ámbar y verde” (INEN, 2011).

*Peatonales:* Estos semáforos suelen tener lentes circulares, cuadrados o circulares, su propósito es controlar con seguridad el cruce de peatones, con relación a las luces en la parte superior la figura de color rojo y en la parte inferior la figura de color verde y estos pueden tener imágenes dinámicas o imágenes fija (INEN, 2011).

Teniendo en cuenta la información anterior la intersección cuenta con señales verticales, horizontales, semáforos y en horas de mayor tráfico vehicular con agentes de tránsito.

- **SEÑALIZACIÓN VERTICAL EN LA INTERSECCIÓN**

En la intersección se encuentran las siguientes señales reglamentarias e informativa:

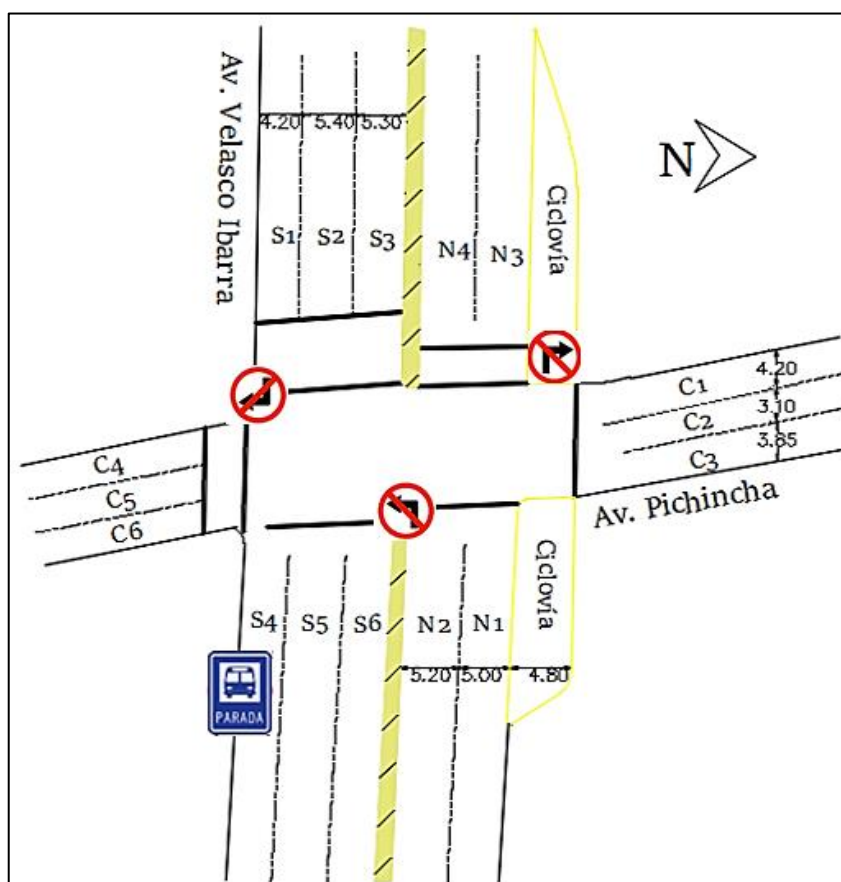
*Figura 13: Señales verticales en la intersección*



Nota. De *Señales verticales* [Fotografía], por Ley y señales de tránsito, (s. f.).  
[https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html)

Las señales anteriores se distribuyen en la intersección de la siguiente manera:

*Figura 14: Distribución señales verticales*



- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL EN LA INTERSECCIÓN

*Figura 15: Señalización horizontal Av. Pichincha*



*Figura 16: Señalización horizontal Av. Velasco Ibarra (Sur-Norte)*



*Figura 17: Señalización horizontal Av. Velasco Ibarra (Norte-Sur)*

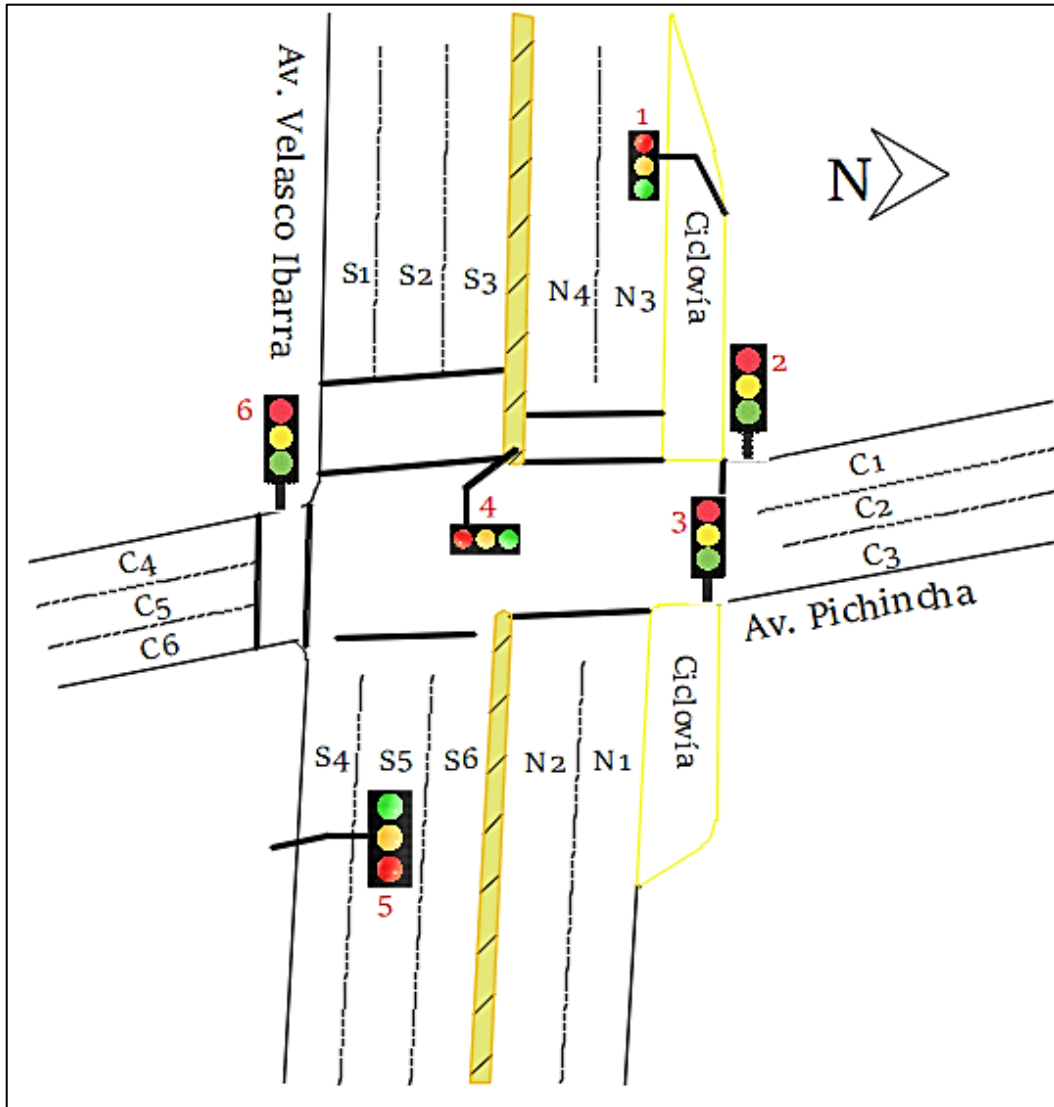


*Figura 18: Señalización horizontal Av. Velasco Ibarra (Norte-Sur)*



- SEMÁFOROS VEHICULARES

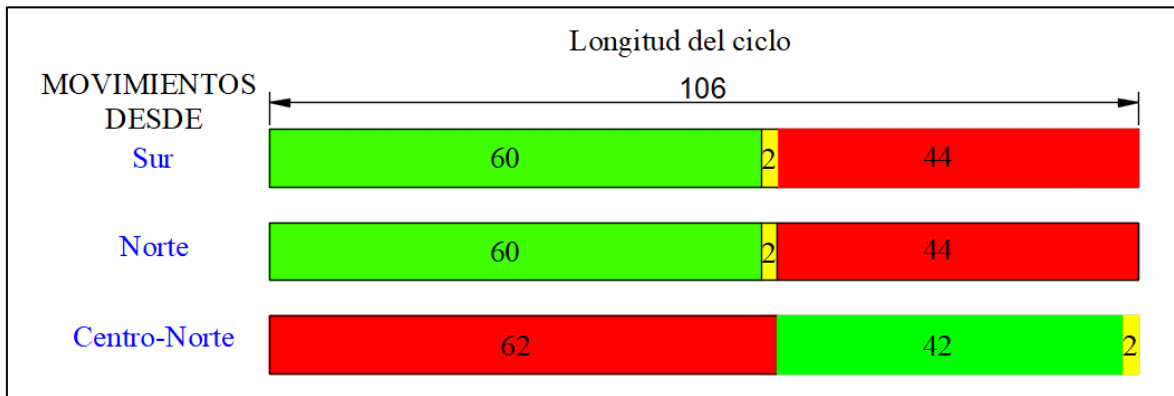
*Figura 19: Distribución de semáforos vehiculares en la intersección*



*Tabla 10: Fases y ciclos semáforos vehiculares en la intersección*

UBICACIÓN	NÚMERO	SENTIDO	TIEMPO DE FASES (Segundos)		
			ROJO	AMARILLO	VERDE
Av. Pichincha	2	Centro-norte hacia Valle de los Chillos	62	2	42
Av. Velasco Ibarra	6	Sur-Norte	44	2	60
Av. Velasco Ibarra	4	Centro-norte hacia Valle de los Chillos	60	2	44
Av. Velasco Ibarra	5	Sur-Norte	44	2	60
	3	Norte-Sur	44	2	60
	1	Norte-Sur	44	2	60

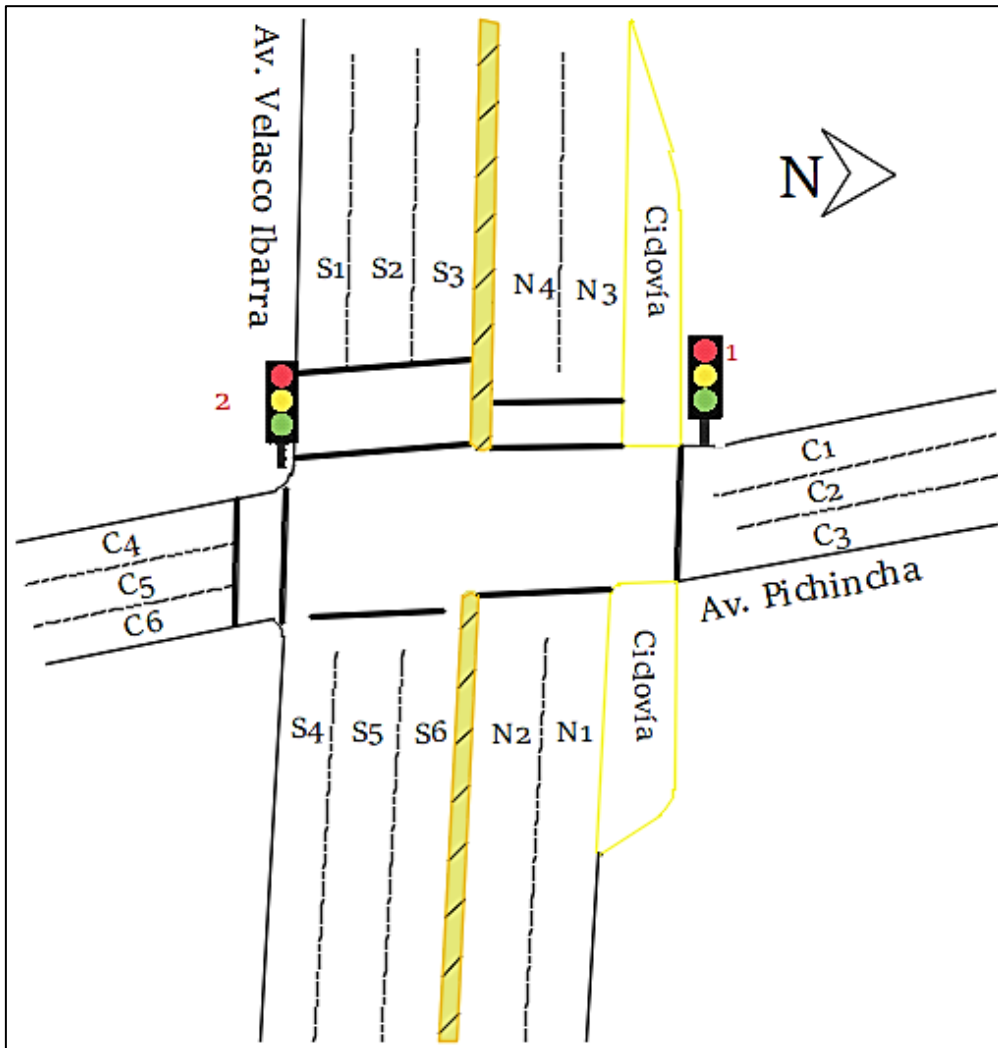
**Tabla 11:** Diagrama de fases semáforos vehiculares



Los ciclos mostrados anteriormente se mantienen constantes durante todo el día a pesar de que durante las horas pico estos no se toman en cuenta ya que el tránsito es controlado por agentes de tránsito.

- SEMÁFOROS PEATONALES

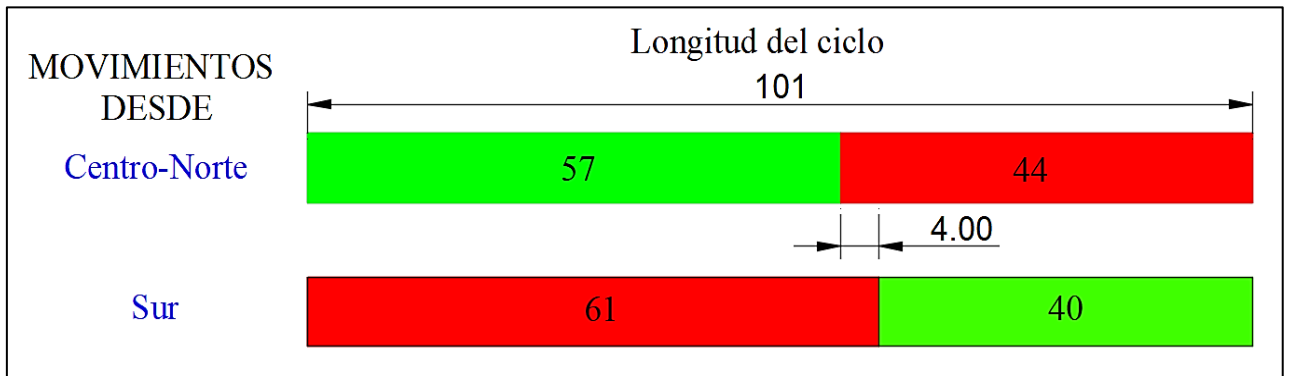
*Figura 20: Distribución de semáforos peatonales en la intersección*



*Tabla 12: Fases y ciclos semáforos peatonales en la intersección*

UBICACIÓN	NÚMERO	SENTIDO	TIEMPO DE FASES (Segundos)	
			ROJO	VERDE
Av. Pichincha	1	Centro-norte hacia Valle de los Chillos	44	57
Av. Velasco Ibarra	2	Sur-Norte	60	40

**Tabla 13: Diagrama de fases semáforos peatonales**



Los ciclos mostrados anteriormente se mantienen constantes durante todo el día a pesar de que durante las horas pico estos no se toman en cuenta ya que el tránsito es controlado por agentes de tránsito.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL TRÁFICO

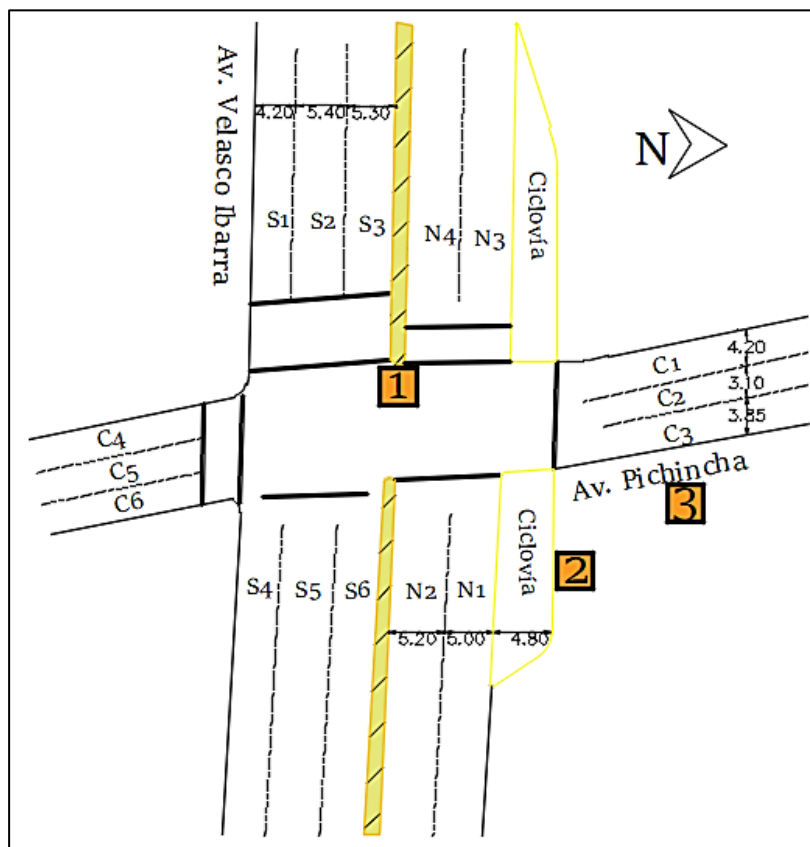
### 4.1. FLUJO VEHICULAR

Para la obtención del flujo vehicular se realizaron conteos manuales 3 días de la semana, primero el martes 31 de mayo, segundo miércoles 1 de julio y por último el jueves 2 de julio del presente año, en las horas de mayor tráfico vehicular. En la mañana de 6:20 a 9:20 y en la tarde de 16:05 a 19:05 en ambos horarios se usaron intervalos de 15 minutos.

La toma de datos se hizo con la ayuda de personal voluntario capacitado con anterioridad, al cual se le proporcionó los siguientes materiales: tablas de apoyo para escribir, formulario, portaminas, chaleco reflectivo y un cronómetro. Al equipo de trabajo se lo distribuyó en tres estaciones:

- 1) Partere central de la Av. Velasco Ibarra, con el fin de visualizar mejor los vehículos en sentido Sur-Norte.
- 2) Junto a la ciclovia en la Av. Velasco Ibarra, con el fin de tomar los datos en sentido Norte-Sur.
- 3) Junto Av. Pichincha, para así recopilar la información del sentido Centro-Norte hacia Valle de los Chillos.

*Figura 21: Distribución del personal*



**Figura 22:Formulario para conteo manual**

CONTEO VEHICULAR MANUAL										
PUCE	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN ENTRE LA AV. VELASCO IBARRA Y AV. PICHINCHA PARA IR EN DIRECCIÓN A AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI EN LA CIUDAD DE QUITO									
FECHA:		DÍA:								
ESTACIÓN:		SENTIDO:								
UBICACIÓN:	EL TRÉBOL		DESCRIPCIÓN:							
ELABORADO POR:	CRISTINA GARCÍA		CALLE ANALIZADA:							
HORA	INTERVALO	A (Automóviles)	B (Buses)	T (Taxis)	C (Camiones)	P (Pesados)	E (Escolares)	M (Motos)	V (Bicicletas)	VOLUMEN TOTAL
06:20-07:20	06:20-06:35									
	06:35-06:50									
	06:50-07:05									
	07:05-07:20									
07:20-08:20	07:20-07:35									
	07:35-07:50									
	07:50-08:05									
	08:05-08:20									
08:20-09:20	08:20-08:35									
	08:35-08:50									
	08:50-09:05									
	09:05-09:20									

Los formularios realizados en campo de las tres estaciones de conteo de la intersección en estudio se encuentran en ANEXOS.

*Figura 23: Fotografías conteo manual en campo*

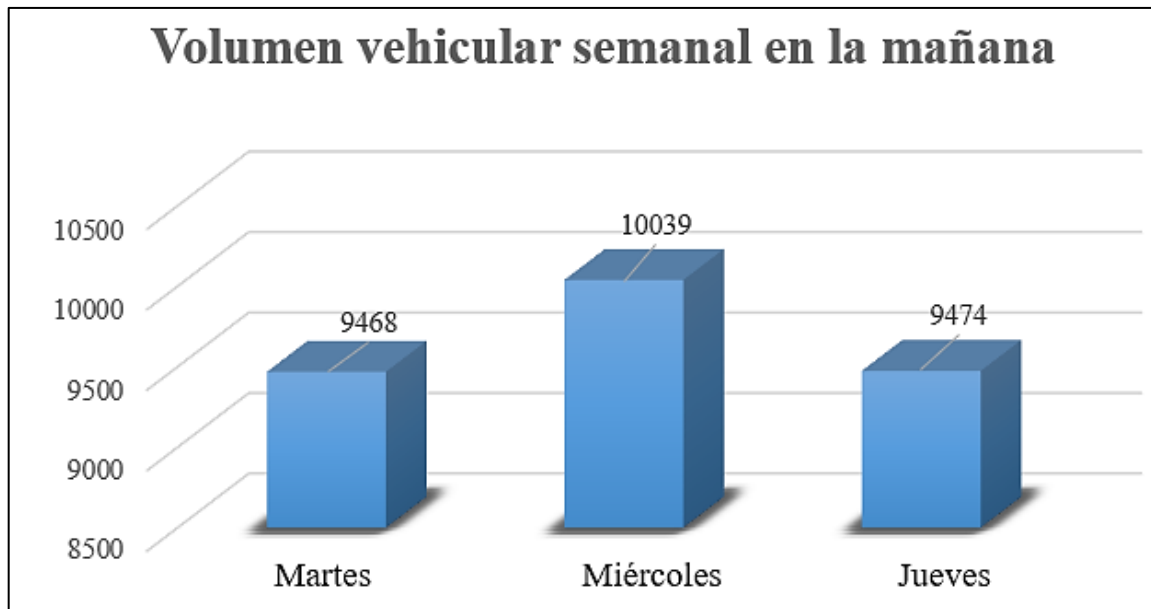


#### 4.1.1. VOLUMEN VEHICULAR SEMANAL

*Tabla 14: Volumen vehicular en la mañana de la intersección*

<b>HORA</b>	<b>MARTES 31/05/2022</b>	<b>MIÉRCOLES 01/06/2022</b>	<b>JUEVES 02/06/2022</b>
<b>6:20-7:20</b>	3088	3701	3317
<b>7:20-8:20</b>	3522	3497	3320
<b>8:20-9:20</b>	2858	2841	2837
<b>TOTAL DÍA</b>	9468	10039	9474
<b>TOTAL 3 DÍAS</b>	28981		

*Figura 24: Gráfica volumen vehicular en la mañana de la intersección*

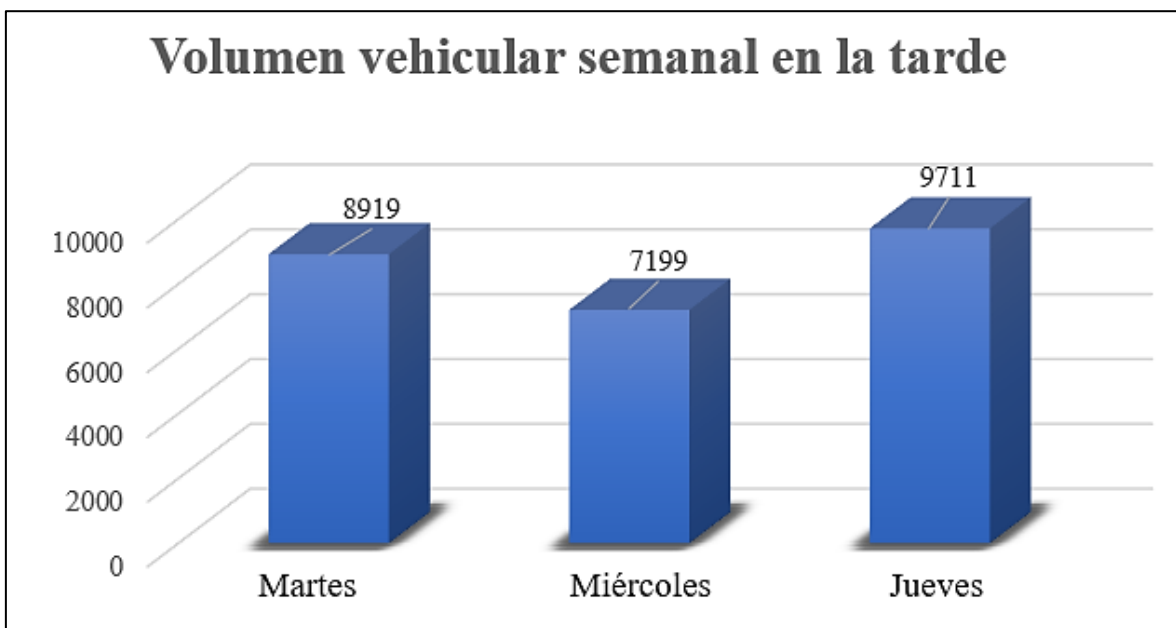


De la figura anterior, es conveniente recalcar que el día con mayor flujo vehicular en la mañana durante las horas de análisis fue el miércoles mientras que el día con menor flujo vehicular fue el martes. En consecuencia, para el análisis únicamente se considerará el miércoles en el horario de 6:20am a 7:20am ya que es la hora en la que más automotores cruzaron por la intersección.

*Tabla 15: Volumen vehicular en la tarde de la intersección*

HORA	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
	31/05/2022	01/06/2022	02/06/2022
16:05-17:05	2970	2602	3280
17:05-18:05	3001	2191	3166
18:05-19:05	2948	2406	3265
<b>TOTAL DÍA</b>	<b>8919</b>	<b>7199</b>	<b>9711</b>
<b>TOTAL 3 DÍAS</b>	<b>25829</b>		

*Figura 25: Gráfica volumen vehicular en la tarde de la intersección*



De la gráfica anterior, es importante exaltar que el día con mayor flujo vehicular en la tarde durante las horas de análisis fue el jueves mientras que el día con menor flujo vehicular fue el miércoles. Tal que para el análisis únicamente se considerará el jueves en el horario de 16:05pm a 17:05pm ya que es el intervalo en el que más vehículos cruzaron por la intersección.

#### 4.1.2. VOLUMEN VEHICULAR HORARIO

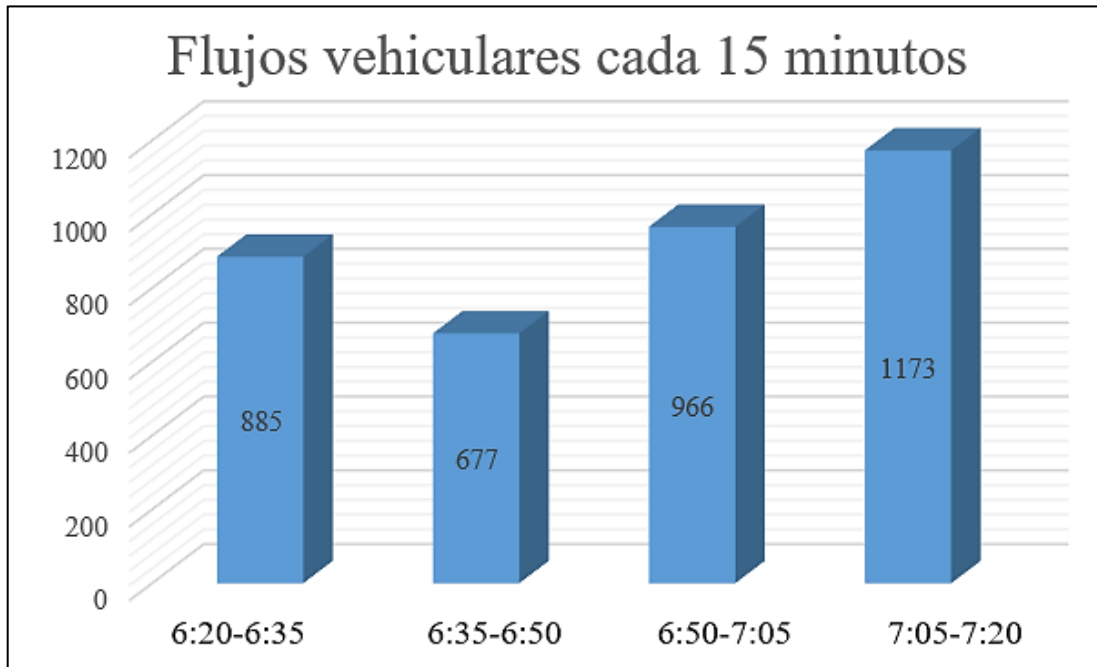
Los resultados de los conteos reflejan que el volumen de tránsito se altera a cada hora y día adicional el tráfico no es el mismo en todas las calles a pesar de que el análisis se lo lleve a cabo en una misma hora.

Previamente se mencionó el día y el horario en las que hubo mayor cantidad de vehículos tanto en la mañana como el de noche, ahora se presentará el volumen de vehículos mixtos que cruzan por cada uno de los accesos en el día y la hora con más carga vehicular.

**Tabla 16:** Flujos vehiculares de la mañana por cada acceso

<b>Miércoles 01/06/2022</b>				
<i>HORA</i>	<i>ACCESOS</i>			<i>TOTAL</i>
	<i>S-N</i>	<i>N-S</i>	<i>CN-VDC</i>	
6:20-6:35	668	160	57	885
6:35-6:50	383	174	120	677
6:50-7:05	609	164	193	966
7:05-7:20	761	214	198	1173

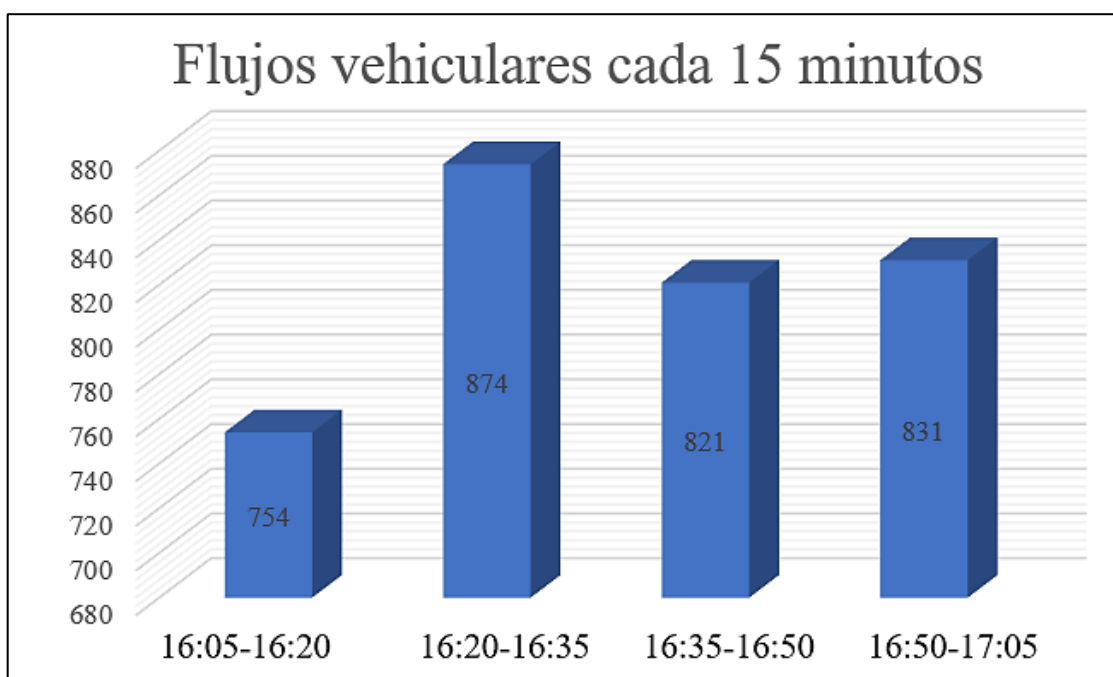
**Figura 26:** Volumen vehicular cada 15 min (Mañana)



**Tabla 17:** Flujos vehiculares de la tarde por cada acceso

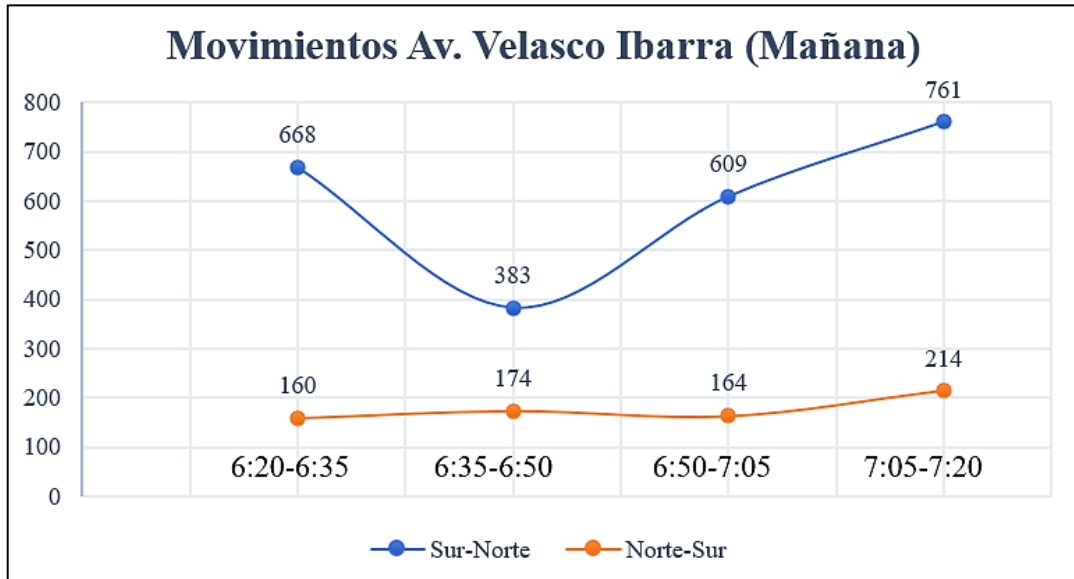
<b>Jueves 02/06/2022</b>				
<i>HORA</i>	<i>ACCESOS</i>			<i>TOTAL</i>
	<i>S-N</i>	<i>N-S</i>	<i>CN-VDC</i>	
16:05-16:20	287	385	82	754
16:20-16:35	342	435	97	874
16:35-16:50	356	382	83	821
16:50-17:05	340	406	85	831

**Figura 27:** Volumen vehicular cada 15 min (Tarde)



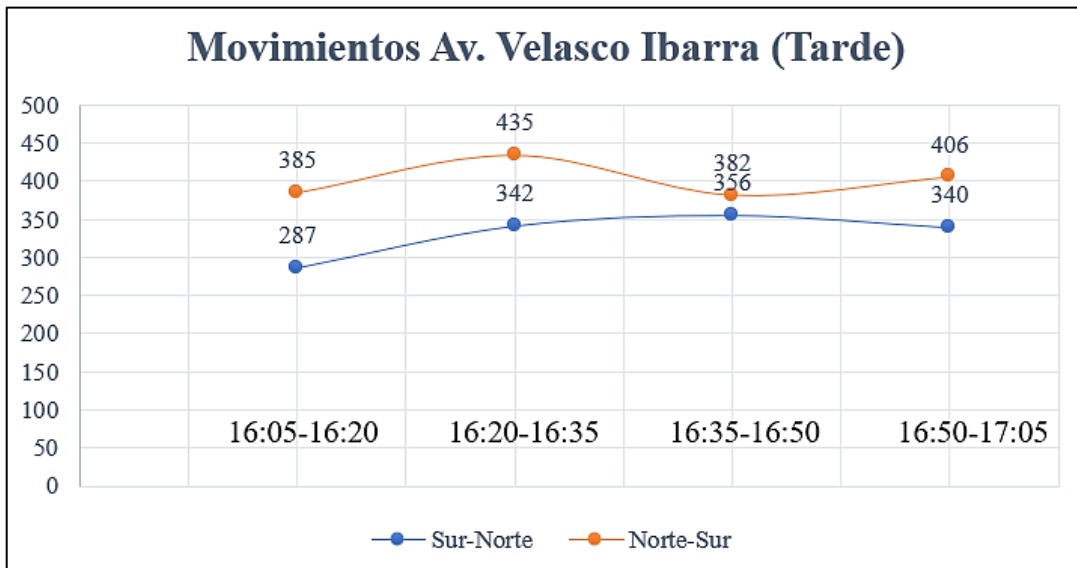
De las gráficas anteriores, se aprecia que en el horario de 7:05 am a 7:20 am presenta mayor carga vehicular en este lapso el acceso Sur-Norte tiene más movimientos, mientras que en la tarde el intervalo más cargado es el de 16:20 pm a 16:35 pm en este período el acceso Norte-Sur muestra más movimientos.

**Figura 28:** Movimientos en Av. Velasco Ibarra (Mañana)



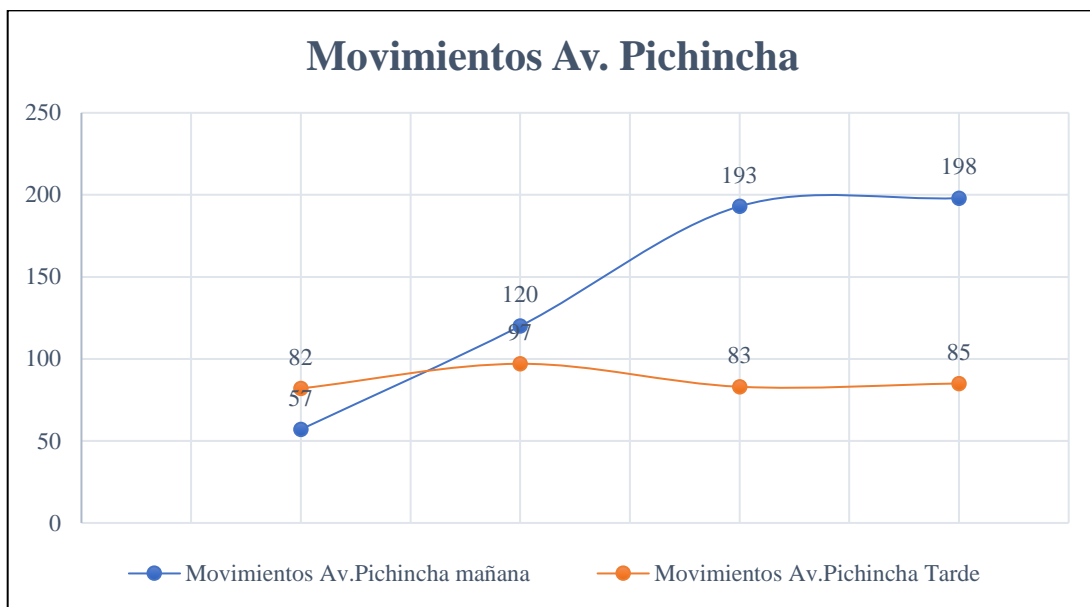
En Av. Velasco Ibarra se pueden realizar dos movimientos, el que predomina en la mañana es en el sentido Sur-Norte.

**Figura 29:** Movimientos en Av. Velasco Ibarra (Tarde)



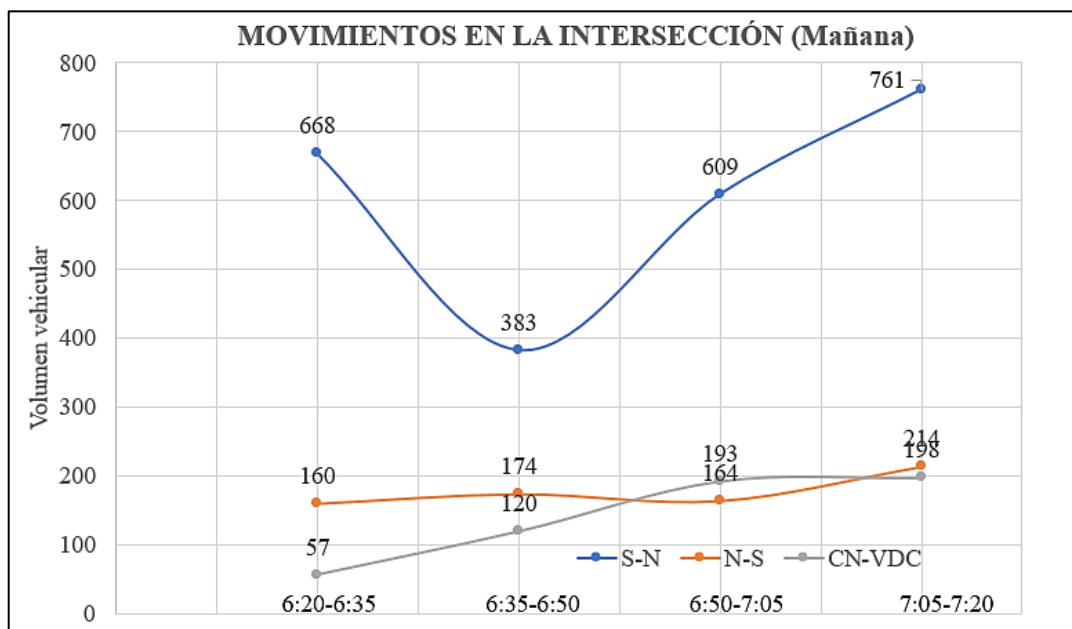
En la tarde el movimiento que predomina es en el sentido Norte-Sur sin embargo se puede apreciar que la cantidad de movimientos en ambos sentidos son similares.

**Figura 30: Movimientos en Av. Pichincha**



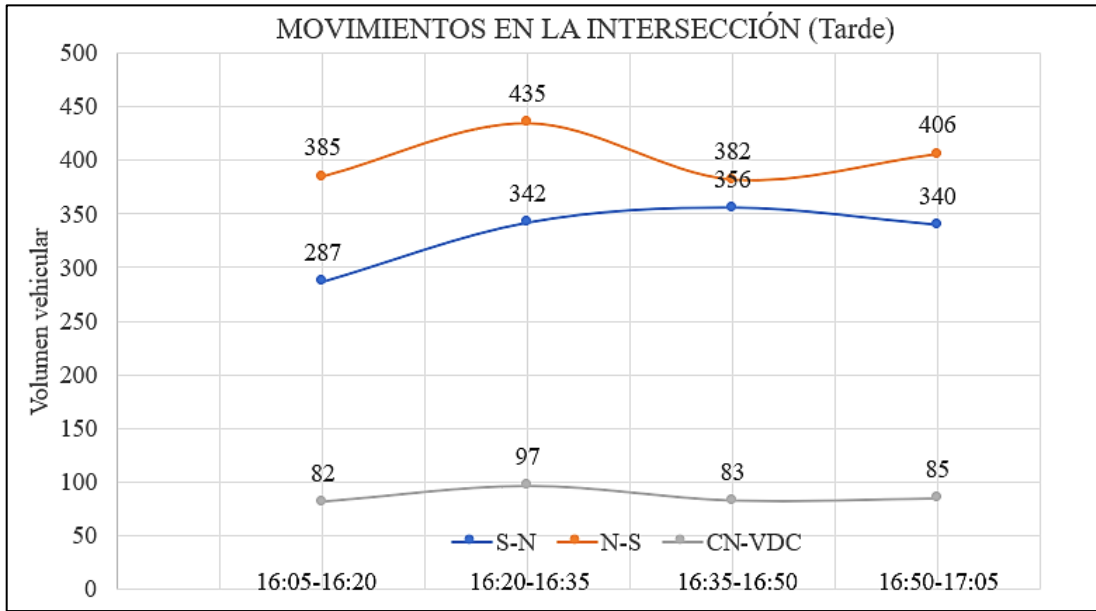
Debido a que en Av. Pichincha únicamente hay un movimiento se va a contrastar entre los movimientos de la mañana y la noche, donde se visualiza que en el horario de la mañana hay más vehículos circulando por esta vía.

**Figura 31: Movimientos en la intersección (Mañana)**



En la gráfica anterior se juntan los movimientos de los accesos en el horario de la mañana, siendo el intervalo de 7:05 a 7:20 el que tiene mayor número de vehículos mixtos, siendo los movimientos del acceso Sur-Norte los que prevalecen, por el contrario el acceso Centro Norte hacia Valle de los Chillos tiene menor número de movimientos.

**Figura 32: Movimientos en la intersección (Tarde)**



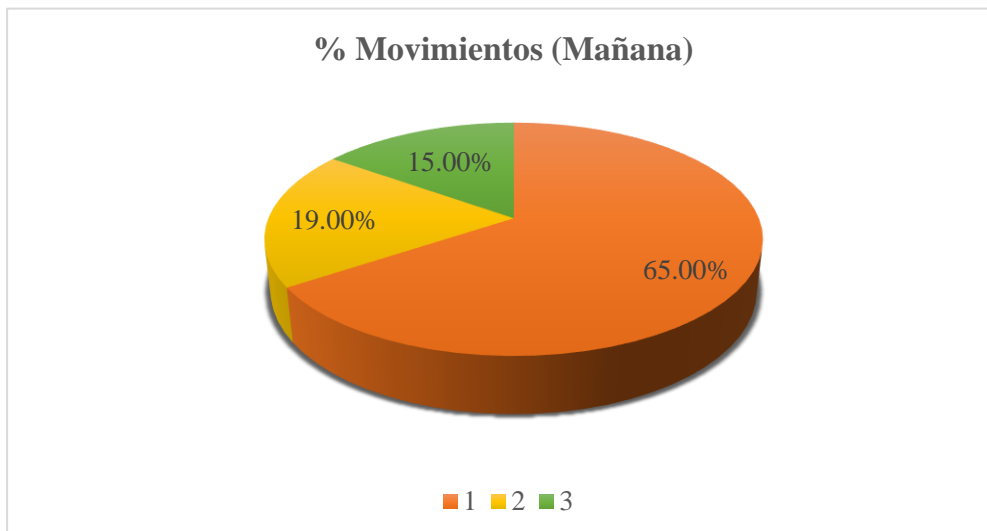
En la gráfica se juntan todos los movimientos de los accesos, donde el movimiento imperativo es en el sentido Norte-Sur, y al igual que en la gráfica anterior de la mañana el acceso con menores movimientos es el que lleva al Valle de los Chillos. Además se debe señalar que el intervalo con más vehículos es el de 16:20 pm a 16:35 pm.

Por otro lado, en base a los volúmenes vehiculares obtenidos se puede obtener los porcentajes de distribución de los movimientos tanto de la mañana como de la tarde.

**Tabla 18: Porcentaje de Movimientos (Mañana)**

	S-N	N-S	CN-VDC
% Movimientos	65.00%	19.00%	15.00%

**Figura 33: Gráfica distribución movimientos (Mañana)**

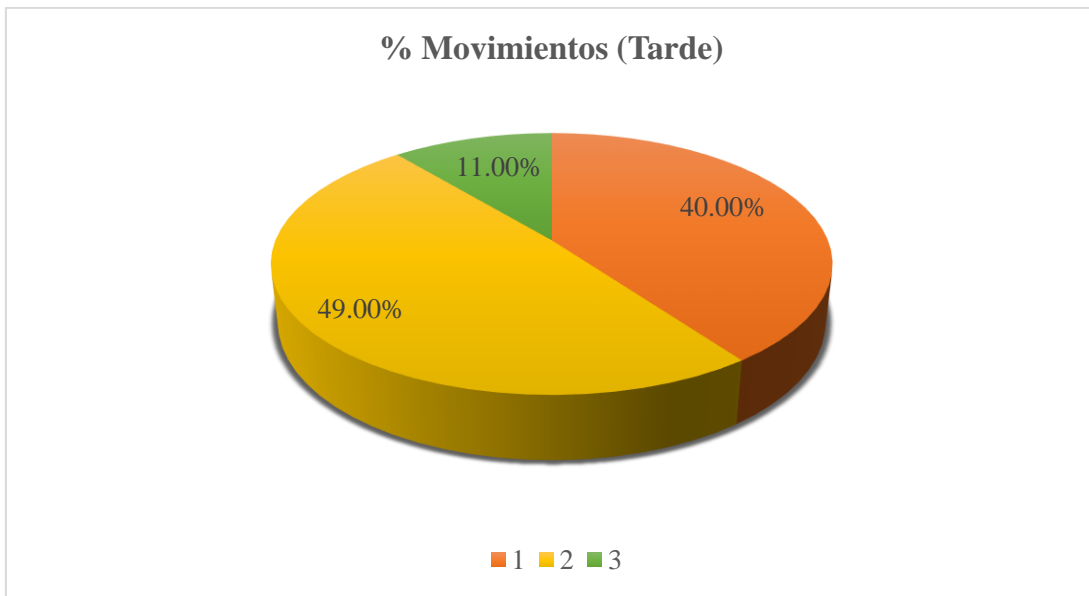


Debe señalarse que en la hora con mayor flujo vehicular en la mañana, un 65% de los movimientos se realizan con sentido Sur-Norte, debido a que los usuarios se dirigen al hipercentro de la ciudad, ya que aquí se encuentran centros educativos como universidades, escuelas, colegios además es una de las zonas donde más se concentran los empleos como es el caso del sector la Carolina, Mariscal y Centro histórico.

**Tabla 19:** Porcentaje Movimientos (Tarde)

	S-N	N-S	CN-VDC
<b>% Movimientos</b>	40.00%	49.00%	11.00%

**Figura 34:** Gráfica distribución movimientos (Tarde)



En la tarde los movimientos en los accesos Norte-Sur y Sur-Norte son algo similares, pero no los mismos, destacando el sentido Norte-Sur debido a que los usuarios especialmente empleados regresan del hipercentro a sus hogares en cuanto al sentido Sur-Norte se puede decir que también presenta carga vehicular ya que algunos usuarios se dirigen a lugares de entretenimiento o estudios.

## 4.2. COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Producto de los conteos manuales se logró determinar la composición del tráfico que circula por la intersección, teniendo la siguiente clasificación sugerida por ZOILORÍOS (2021).

*Livianos:* En esta clasificación se encuentran automóviles, camionetas, furgonetas, este tipo de vehículos se caracterizan por transportar mercancías y personas donde el peso máximo no debe exceder de las 6 toneladas (ZOILORÍOS, 2021).

*Figura 35: Vehículos livianos*



*Públicos:* Se considera el transporte urbano e interparroquial.

*Figura 36: Vehículos públicos*



*Pesados:* “Dentro de este tipo de vehículos se tiene volquetas, tráileres, camiones, estos vehículos se caracterizan por llevar mercancías cuyo peso máximo autorizado sea superior a 6 toneladas y cuya capacidad de carga exceda de 3,5 toneladas” (ZOILORÍOS, 2021).

**Figura 37:** Vehículos pesados

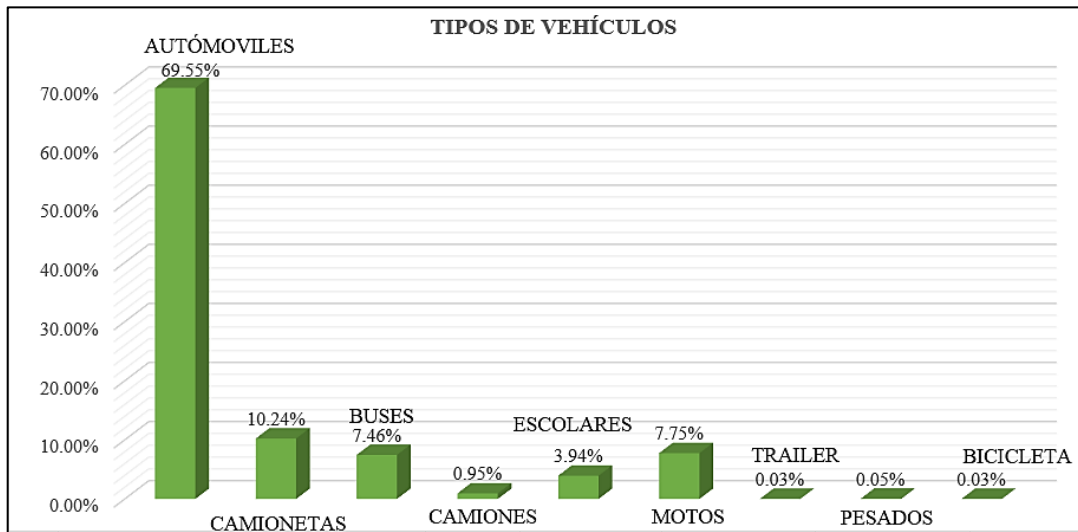


*Bicicletas y motocicletas:* Se asemejan a los vehículos sin motor.

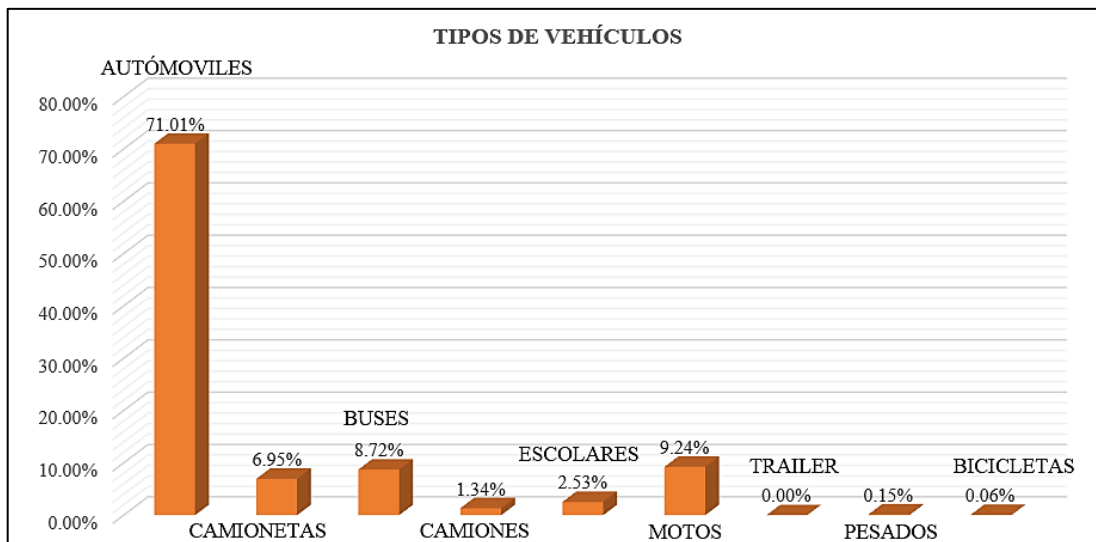
**Figura 38:** Motocicleta



**Figura 39: Clasificación de vehículos (Mañana)**



**Figura 40: Clasificación de vehículos (Tarde)**



En las horas con mayores volúmenes se visualiza que tanto en la mañana como en la tarde los automóviles y camionetas son los más usados por los usuarios, le siguen las motos las cuales son más usadas en la tarde que en la mañana lo mismo ocurre con los buses. Por otra parte se evidencia que las bicicletas son escasas.

### 4.3. CAPACIDAD

La capacidad se determinó siguiendo la metodología propuesta por el Manual de Capacidad de Carreteras del año 2000 para intersecciones semaforizadas, en este manual se exponen cuatro módulos los cuales se exponen a continuación: Primero módulo de ajuste de volúmenes, segundo el módulo del flujo de saturación, tercero módulo de análisis de capacidad y por último el módulo del nivel de servicio el cual se tratará en el siguiente punto.

#### 1) MÓDULO DE AJUSTE DE VOLÚMENES

##### *SIMBOLOGÍA EMPLEADA*

S-N: Sentido del flujo vehicular hacia el Norte (Acceso Sur).

N-S: Sentido del flujo vehicular hacia el Sur (Acceso Norte).

CN-VDC: Sentido del flujo vehicular hacia el Valle de los Chillos (Acceso Centro-Norte).

##### *SIMBOLOGÍA GRUPO DE CARRILES*

F: Movimiento frontal.

**Tabla 20:** Módulo de ajuste de volúmenes

<b>Accesos</b>	<b>SUR</b>	<b>NORTE</b>	<b>CENTRO-NORTE</b>
<i>Sentido del flujo vehicular</i>	<b>S-N</b>	<b>N-S</b>	<b>CN-VDC</b>
<i>Movimientos</i>	F	F	F
<i>Grupo de carriles</i>	F	F	F
<i>Número de carriles: N</i>	3	2	3
<b>MAÑANA</b>			
<i>Volúmenes: V (veh/h)</i>	2421	712	568
<i>FHMD</i>	0.795	0.832	0.717
<i>Flujo ajustado: Vp (veh/h)</i>	3045	856	792
<i>Flujo del grupo: Vi (veh/h)</i>	3045	856	792
<b>TARDE</b>			
<i>Volúmenes: V (veh/h)</i>	1325	1608	347
<i>FHMD</i>	0.93	0.924	0.894
<i>Flujo ajustado: Vp (veh/h)</i>	1425	1740	388
<i>Flujo del grupo: Vi (veh/h)</i>	1425	1740	388

Figura 41: Intersección con volúmenes de la mañana

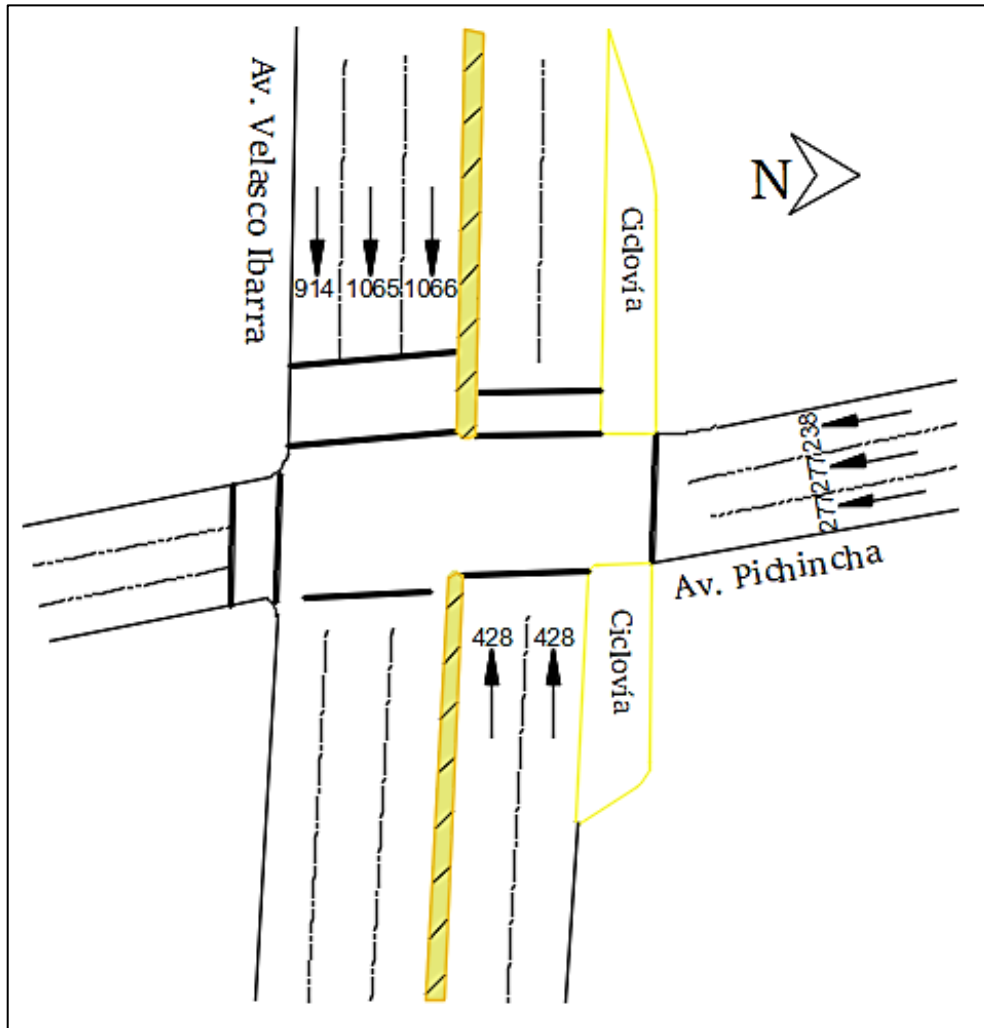
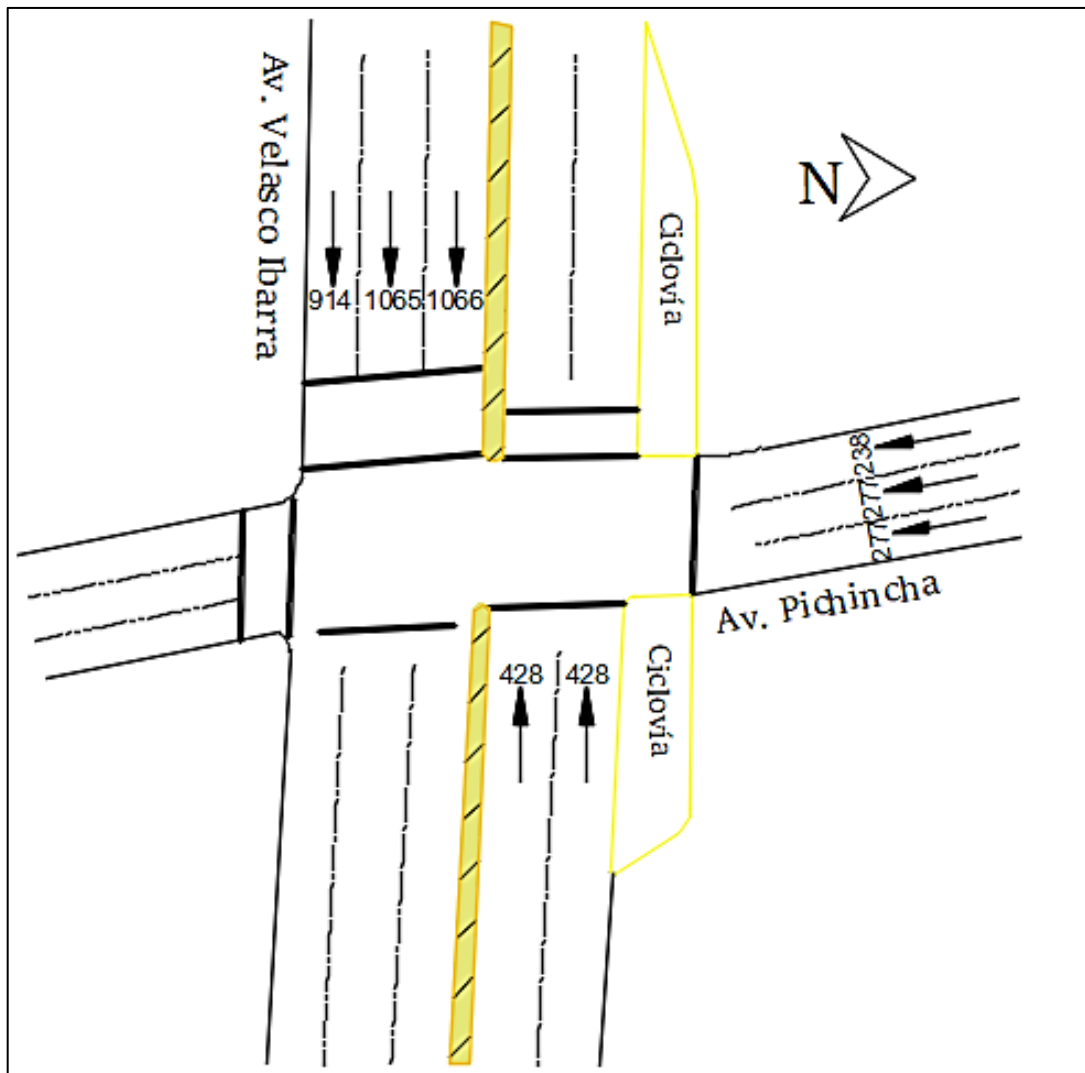


Figura 42: Intersección con volúmenes de la tarde



A continuación se mostrará el flujo de saturación medido en campo y calculado con la ecuación base, con relación al flujo de saturación en campo este se tomó en horas con alta carga vehicular, se midió 15 ciclos por cada carril, para tener un valor representativo de este se realizó un promedio entre los ciclos, donde se despreciaron los valores mínimos y máximos de vehículos por hora.

## 2) MÓDULO DEL FLUJO DE SATURACIÓN

### 2.1) FLUJO DE SATURACIÓN CON ECUACIÓN BASE

*Tabla 21: Módulo del flujo de saturación de la mañana*

Accesos	SUR			NORTE		CENTRO-NORTE			
	Sentido del flujo vehicular			S-N		N-S		CN-VDC	
<b>Flujo de saturación base</b>	<b>So (veh/h)</b>	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Se usa este valor debido que la velocidad de acercamiento es menor o igual a 50km/h									
<b>ANCHO CARRILES (m)</b>									
		Acceso norte			Acceso sur		Acceso Valle de los Chillos		
		<i>S1-S4</i>	<i>S2-S5</i>	<i>S3-S6</i>	<i>N4-N2</i>	<i>N3-N1</i>	<i>C1-C4</i>	<i>C2-C5</i>	<i>C3-C6</i>
<b>Factores de ajuste</b>		4.200	5.400	5.300	5.200	5.050	4.200	3.100	3.850
<b>Fw</b>	<b>Ajuste por ancho de carril</b>	1.067	1.200	1.189	1.178	1.161	1.067	0.944	1.028
	<b>%HV</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004
<b>FHV</b>	<b>Ajuste por vehículos pesados</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	<b>%G</b>	0.050	0.050	0.040	-0.060	-0.060	0.070	0.060	0.060
<b>FG</b>	<b>Ajuste por gradiente</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Fp</b>	<b>Ajuste por maniobras de parqueo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>FBB</b>	<b>Ajuste por parada de buses</b>	0.907	1.000	1.000	1.000	1.000	0.947	0.947	1.000
<b>Fa</b>	<b>Ajuste por ubicación</b>	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
<b>FLU</b>	<b>Ajuste por utilización del carril</b>	0.981	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.951	0.951
<b>FLT</b>	<b>Ajuste por giros izquierdo en el grupo</b>	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
<b>FRT</b>	<b>Ajuste por giros derecho en el grupo</b>	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
<b>FLPB</b>	<b>Ajuste por peatones/ciclistas giro izquierdo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>FRPB</b>	<b>Ajuste por peatones/ciclistas giro izquierdo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>S (veh/h)</b>	<b>Intensidad de saturación por carril</b>	1241.000	1569.000	1555.000	1541.000	1519.000	1321.000	1112.000	1279.000

Tabla 22: Módulo del flujo de saturación de la tarde

Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
<i>Sentido del flujo vehicular</i>		S-N			N-S		CN-VDC		
Flujo de saturación base	So (veh/h)	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Se usa este valor debido que la velocidad de acercamiento es menor o igual a 50km/h									
<b>ANCHO CARRILES (m)</b>									
		Acceso norte			Acceso sur		Acceso Valle de los Chillos		
		<i>S1-S4</i>	<i>S2-S5</i>	<i>S3-S6</i>	<i>N4-N2</i>	<i>N3-N1</i>	<i>C1-C4</i>	<i>C2-C5</i>	<i>C3-C6</i>
<b>Factores de ajuste</b>		4.200	5.400	5.300	5.200	5.050	4.200	3.100	3.850
<b>Fw</b>	<b>Ajuste por ancho de carril</b>	1.067	1.200	1.189	1.178	1.161	1.067	0.944	1.028
		<b>%HV</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004
<b>FHV</b>	<b>Ajuste por vehículos pesados</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		<b>%G</b>	0.050	0.050	0.040	-0.060	-0.060	0.070	0.060
<b>FG</b>	<b>Ajuste por gradiente</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Fp</b>	<b>Ajuste por maniobras de parqueo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>FBB</b>	<b>Ajuste por parada de buses</b>	0.947	1.000	1.000	0.990	1.000	0.960	0.963	1.000
<b>Fa</b>	<b>Ajuste por ubicación</b>	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
<b>FLU</b>	<b>Ajuste por utilización del carril</b>	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.956	0.956
<b>FLT</b>	<b>Ajuste por giros izquierdo en el grupo</b>	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
<b>FRT</b>	<b>Ajuste por giros derecho en el grupo</b>	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
<b>FLPB</b>	<b>Ajuste por peatones/ciclistas giro izquierdo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>FRPB</b>	<b>Ajuste por peatones/ciclistas giro izquierdo</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>S (veh/h)</b>	<b>Intensidad de saturación por carril</b>	1294.000	1569.000	1555.000	1526.000	1519.000	1339.000	1136.000	1285.000

## 2.2) FLUJO DE SATURACIÓN TOMADO EN CAMPO

*Tabla 23: Flujo de saturación en campo (Sur-Norte)*

DIA		JUEVES						CARRIL				1				
SENTIDO		SUR-NORTE						UNIDAD				Segundos				
# VEH	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	
1	0.45	1.21	0.79	0.8	0.55	0.89	0.35	0.45	0.29	0.55	0.89	0.48	0.79	1.03	0.58	
4	6.4	7.46	7.19	6.29	7	8.59	8.29	7.99	8	7.78	6.2	7.69	7.2	6.59	7.19	
8	15.51	16.76	15.49	16.3	15.45	16.99	16.36	17.39	17.49	18.39	16.8	15.6	16.2	13.39	16.4	
12			22.3	21.09	22.59		25.5	23.52	24.59	25.49	24.6	26.3	24.3	20.3	25.1	
16											29.3	33.1	34.6	29.7	31.09	
20													42.32	36.33	37.6	
24															44.5	
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>		1580	1548	1906	1946	1847	1714	1674	1855	1736	1626	1870	1700	1640	1937	1929

DIA		JUEVES						CARRIL				2			
SENTIDO		SUR-NORTE						UNIDAD				Segundos			
# VEH	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO	CICLO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1	0.79	0.59	0.45	0.59	0.7	0.25	0.29	0.78	0.59	1	0.59	0.69	1.1	1	1.2
4	8.6	7.87	7.35	6.7	7.14	6.8	7.29	9.48	6.89	8.3	7.23	7.59	7.89	6.99	8.78
8	16.2	15.3	17.6	13.69	14.2	16.5	12.54	17.88	13.44	16.7	14.62	16.3	14.77	15.29	14.38
12				20.49	22.89	22.89	21.39	22.89	19.89	24.5	22.54	24.49	24.37	24.38	22.7
16				26.89	30.1	27.87	28.88	30	28.99	31.62	30.33	32.8	30.9		28.9

<b>20</b>				33.35	36.4	34.46	36.1	38.1	36.38	43.62	39.2		38.48		38.5
<b>24</b>				45.8	45.25	46.1	46.1	47	45.29						45.1
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>	1895	1938	1405	1841	1889	1832	1855	1919	1875	1630	1802	1713	1883	1656	1982
<b>DIA</b>	<b>JUEVES</b>							<b>CARRIL</b>			<b>3</b>				
<b>SENTIDO</b>	<b>SUR-NORTE</b>							<b>UNIDAD</b>			<b>Segundos</b>				
<b># VEH</b>	<b>CICLO 1</b>	<b>CICLO 2</b>	<b>CICLO 3</b>	<b>CICLO 4</b>	<b>CICLO 5</b>	<b>CICLO 6</b>	<b>CICLO 7</b>	<b>CICLO 8</b>	<b>CICLO 9</b>	<b>CICLO 10</b>	<b>CICLO 11</b>	<b>CICLO 12</b>	<b>CICLO 13</b>	<b>CICLO 14</b>	<b>CICLO 15</b>
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
<b>1</b>	0.78	1.1	0.99	0.59	1.45	0.78	0.77	1.1	0.9	1.03	1.1	0.89	1.2	0.98	0.89
<b>4</b>	6.88	7.79	7.9	5.38	6.89	7.8	6.39	7.2	7.7	7.23	8.9	8.15	7.9	7.2	7.59
<b>8</b>	14.3	15.79	14.88	13.69	15.3	16.33	14.6	17.15	17.5	15.61	16.84	17.69	15.15	14.45	16.6
<b>12</b>	22.5	21.9	22.95	20.54	22.25	23.4		23.8	26.89	22.9	25.39	24.8	23.65	21.25	24.9
<b>16</b>	29.6	28.58	30.3	27.68	29.7	30.8		29.9		29.8		30.72	29.65	28.1	32.55
<b>20</b>	37.88	36.3	37.38	34.9	35.5	37.45		37.9		36.8		37.73	38.5	36.45	39.69
<b>24</b>		43.88	44.9	41.4	42.9							44.23		43.98	44.15
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>	1858	1994	1946	1999	1999	1943	1754	1876	1501	1948	1747	1996	1882	1958	1969

Tabla 24: Flujo de saturación en campo (Norte-Sur)

DIA		JUEVES										CARRIL		2	
SENTIDO		NORTE-SUR										UNIDAD		Segundos	
# VEH	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 5	CICLO 6	CICLO 7	CICLO 8	CICLO 9	CICLO 10	CICLO 11	CICLO 12	CICLO 13	CICLO 14	CICLO 15
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1	1	1	3.1	2.15	0.68	2.08	0.6	1.66	1.97	2.38	3.1	0.88	1.33	0.87	1.59
4	6.59	7.28	9.05	9.4	7.38	9.35	7.82	8.43	8.62	9.27	9.5	6.92	8.77	5.41	7.87
8	14.9	15.93	16.35	19.75	16.51	16.63	15.07	15.95	16.48	18.8	16.35	15.4	16.97	12.03	18.91
12		22.75	25.7	26.66	23.17	24.52	22.48	23.55			25.7	21.87	24.15	19.96	24
16		29.9													
20															
FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)	1732	1910	1730	1668	1824	1899	1964	1905	1832	1511	1778	1926	1872	1979	1786

DIA		JUEVES										CARRIL		3	
SENTIDO		NORTE-SUR										UNIDAD		Segundos	
# VEH	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 5	CICLO 6	CICLO 7	CICLO 8	CICLO 9	CICLO 10	CICLO 11	CICLO 12	CICLO 13	CICLO 14	CICLO 15
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1	2	3.05	2.4	2.18	1.8	0.99	2.25	1.2	1.95	1.5	2.45	1.4	2.1	1	2.6
4	8.44	8.94	8.63	9.47	8.33	6.85	10.65	7.35	8.82	7.37	8.75	7.26	7.27	6.06	8
8	16.23	16.37	15.27	15.95	16.29	13.34	17.28	18.26	17.15	15.13	16.22	16.38	15.63	13.28	13.2
12	25.59	23.39	24.35	25.1	25.57	21.35	25.92	25.48	24.44	22.8	25.19	22.36	21.63	22.1	23.52
16			30.25										29.7		29.75
20															
FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)	1679	1993	1998	1842	1671	1986	1886	1589	1843	1866	1752	1907	1926	1796	1986

*Tabla 25: Flujo de saturación en campo (Centro Norte-Valle de los Chillos)*

DIA		JUEVES							CARRIL			1			
SENTIDO		CENTRO-NORTE HACIA VALLE DE LOS CHILLOS							UNIDAD			Segundos			
# VEH	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 5	CICLO 6	CICLO 7	CICLO 8	CICLO 9	CICLO 10	CICLO 11	CICLO 12	CICLO 13	CICLO 14	CICLO 15
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1	4.05	3.69	5.15	3.04	2.63	4.16	3.33	4.48	5.07	4.6	2.1	3.19	2.59	2.98	3.2
4	16.45	9.38	8.1	9.83	7.7	8.63	10.04	9.86	9.35	14.55	9.79	9.54	10.59	7.79	9.9
5	19.08									17.58					14.29
6		13	13.11			12.03	13.74	12.91	13.54	21.02					
7				15.4		14.56						16.8	16.6	15.6	
8					18.48			17.66	18.04		17.08				
9				20.14											
10															
11															
12					25.49										
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>	1369	1989	1437	1746	1619	1821	1946	1846	1657	1113	1975	1488	1797	1383	820

DIA		JUEVES							CARRIL			2			
SENTIDO		CENTRO-NORTE HACIA VALLE DE LOS CHILLOS							UNIDAD			Segundos			
# VEH	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 5	CICLO 6	CICLO 7	CICLO 8	CICLO 9	CICLO 10	CICLO 11	CICLO 12	CICLO 13	CICLO 14	CICLO 15
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1	4.33	2.52	4.05	4.44	2.49	2.34	1.33	3.56	1.53	1.72	1.59	5.35	4.05	2.93	2.99
4	9.9	8.81	8.41	13.53	8.46	8.81	6.34	8.58	4.72	7.77	6.88	13.69	13.14	9.97	10.13
5	13.31		13.25	17.39	10.64	11.34		11.44	8.19	11.23	9.18	16.02	17.05	12.57	13.1

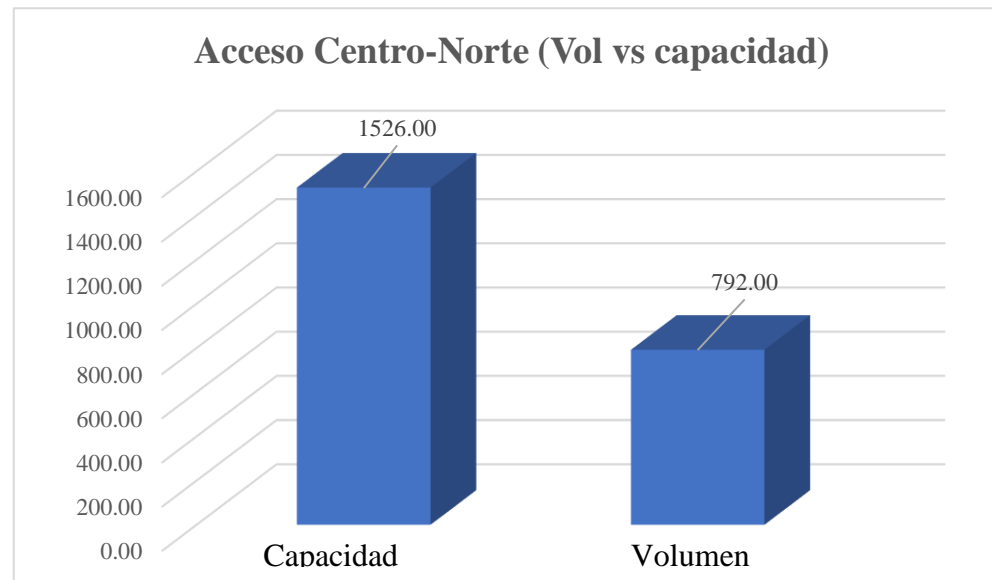
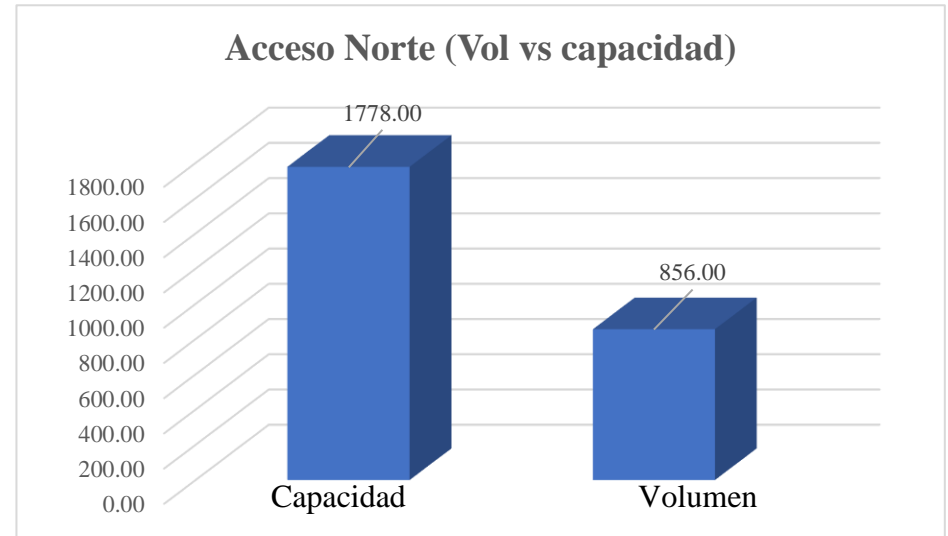
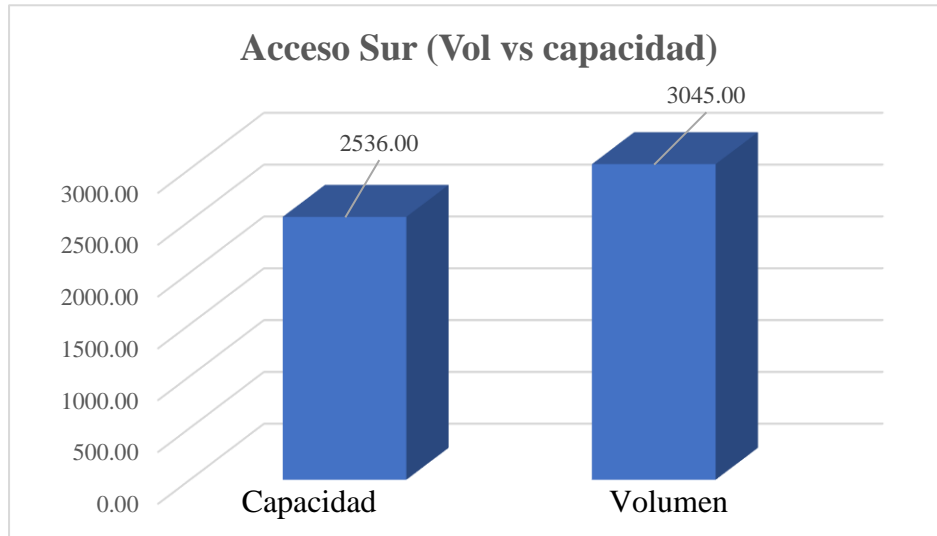
<b>6</b>	16.04	15.9		19.05	12.68		10.82				13.42	19.88			14.97					
<b>7</b>					14.81					15.91										
<b>8</b>											16.53				17.76					
<b>9</b>											19.09				21.06					
<b>10</b>											21.86									
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>	1173	1016	744	1304	1701	1423	1607	1259	1037	1533	1474	1163	921	1385	1647					
<b>DIA</b>	<b>JUEVES</b>							<b>CARRIL</b>					<b>3</b>							
<b>SENTIDO</b>	<b>CENTRO-NORTE HACIA VALLE DE LOS CHILLOS</b>								<b>UNIDAD</b>								<b>Segundos</b>			
<b># VEH</b>	<b>CICLO 1</b>	<b>CICLO 2</b>	<b>CICLO 3</b>	<b>CICLO 4</b>	<b>CICLO 5</b>	<b>CICLO 6</b>	<b>CICLO 7</b>	<b>CICLO 8</b>	<b>CICLO 9</b>	<b>CICLO 10</b>	<b>CICLO 11</b>	<b>CICLO 12</b>	<b>CICLO 13</b>	<b>CICLO 14</b>	<b>CICLO 15</b>					
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo					
<b>1</b>	3.13	1.9	3.27	2.95	2.41	3.32	4.12	6.46	4.46	3.23	4.86	5.21	3.17	4.22	4.63					
<b>4</b>	16.26	7.12	11.48	8.79	7.4	8.83	9.44	11.72	11.2	7.81	11.76	10.25	7.72	8.64	10.37					
<b>5</b>		13.35				11.08	13.33		13.6		14.04									
<b>6</b>	22.87		16.34	15.1	16.74			16.18		12.21				13.4	14.78					
<b>7</b>							16.43						12.25							
<b>8</b>											17.74	14.95								
<b>FLUJO DE SATURACIÓN (Veh/HORA)</b>	1089	578	1481	1141	771	1600	1545	1614	1500	1636	1579	1922	1991	1513	1633					

### 3) MÓDULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD

*Tabla 26: Módulo de análisis de capacidad (Mañana)*

Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
<i>Sentido del flujo vehicular</i>		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
S (veh/h)	Intensidad de saturación por carril (ecuación base)	1175.0	1503.0	1555.0	1541.0	1500.0	1330.0	940.0	1206.0
S (veh/h)	Intensidad de saturación por acceso (ecuación base)	4233.000			3041.000		3476.000		
S (veh/h)	Intensidad de saturación (datos de campo)	1756.0	1806.0	1858.0	1803.0	1832.0	1571.000	1332.000	1414.000
S (veh/h)	Intensidad de saturación por acceso (datos de campo)	5420.000			3635.000		4317.000		
g/C	Relación de verde para el acceso	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.411	0.411	0.411
C (vph)	Capacidad por carril (ecuación base)	721.0	912.0	903.0	895.0	883.0	543.000	457.000	526.000
C (vph)	Capacidad por carril (datos de campo)	1020.0	1049.0	1079.0	1048.0	1064.0	646.000	547.000	581.000
Volumen	(veh/h)	914.0	1066.0	1066.0	428.0	428.00	238.000	277.000	277.000
Xi	Grado de saturación para cada carril (ecuación base)	1.300	1.200	1.200	0.500	0.500	0.400	0.600	0.500
Xi	Grado de saturación para cada carril (datos de campo)	1.000	1.000	1.000	0.400	0.400	0.400	0.500	0.500
<i>Grupos de carriles crítico por fase: x</i>		X	X	X					
C (vph)	Capacidad por acceso (ecuación base)	2536.000			1778.000		1526.000		
C (vph)	Capacidad por acceso (datos de campo)	3149.000			2112.000		1774.000		
<i>Volumen por acceso</i>		3045.000			856.000		792.000		
Xi	Grado de saturación por acceso (ecuación base)	1.2			0.5		0.5		
Xi	Grado de saturación por acceso (datos de campo)	1.0			0.4		0.4		

**Figura 43: Volumen vs Capacidad (Mañana) con ecuación base**



**Figura 44:** Volumen vs Capacidad (Mañana) con datos de campo

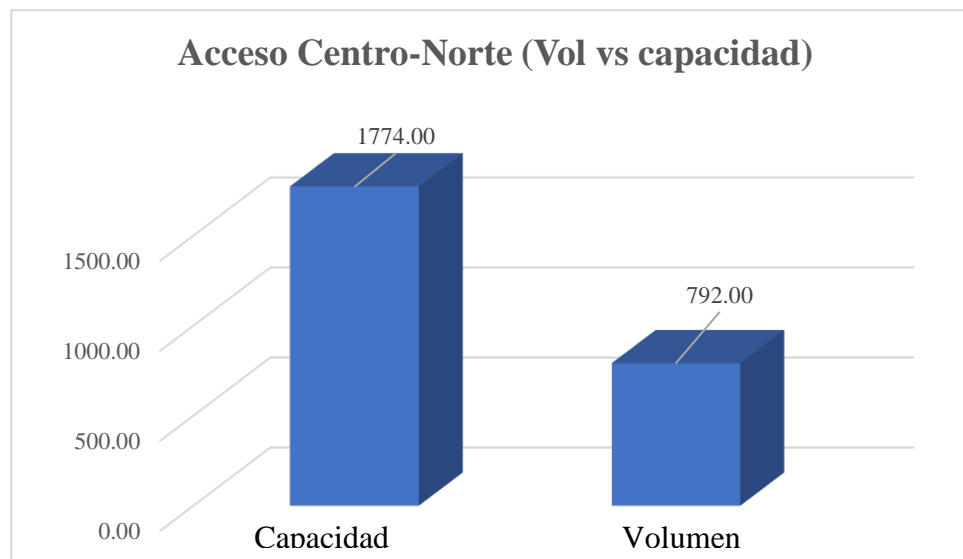
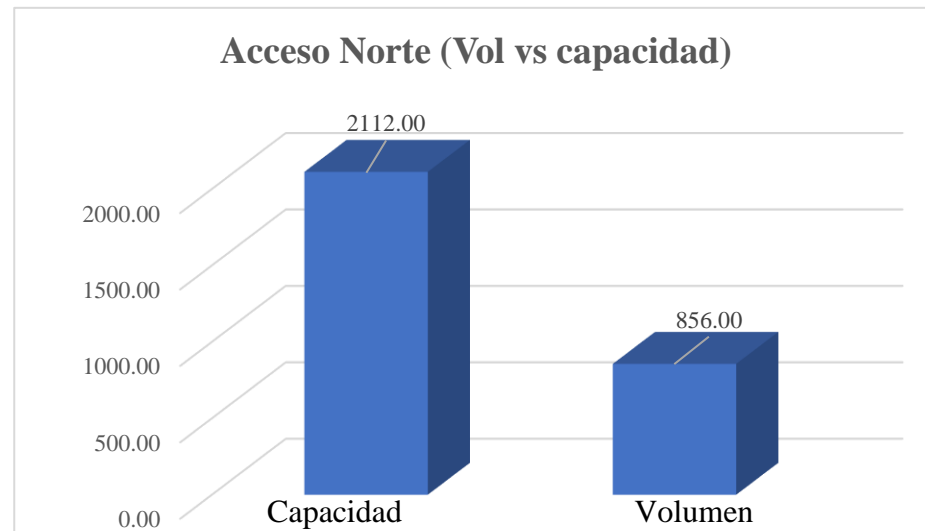
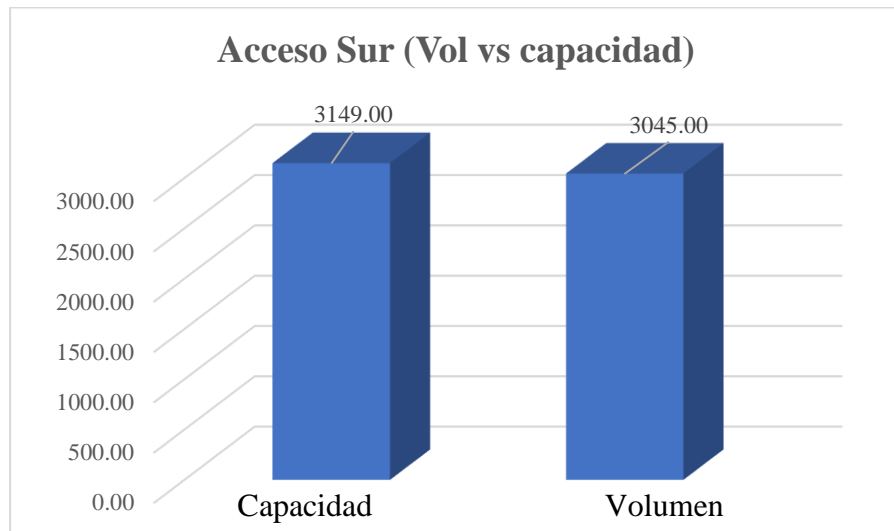
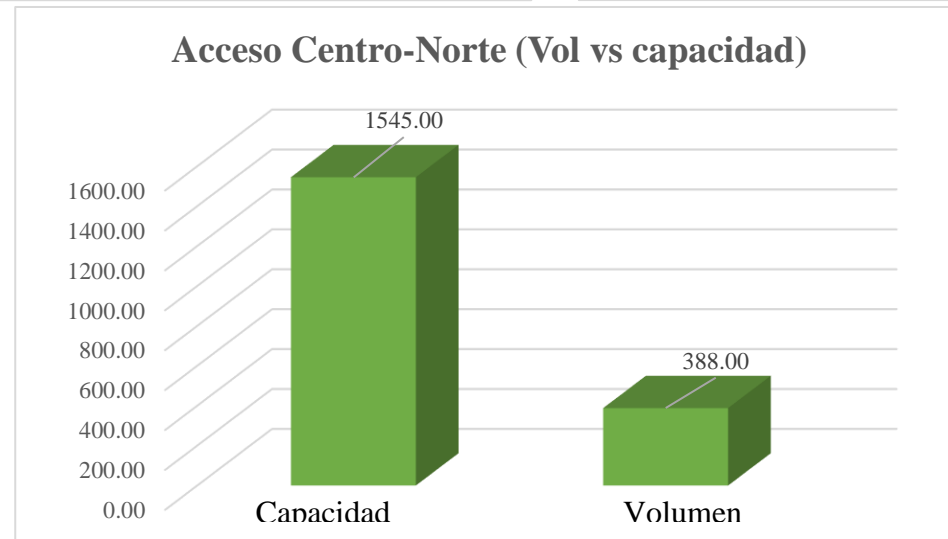
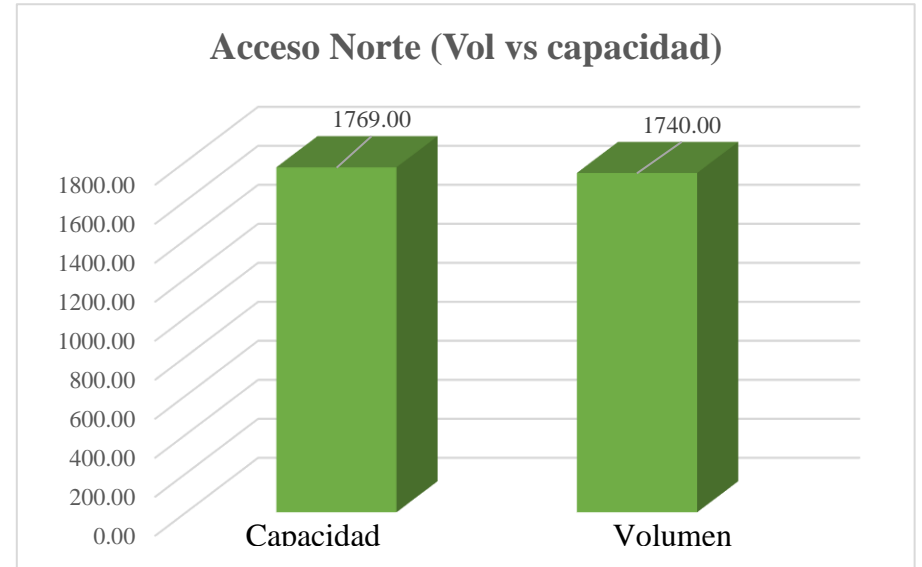
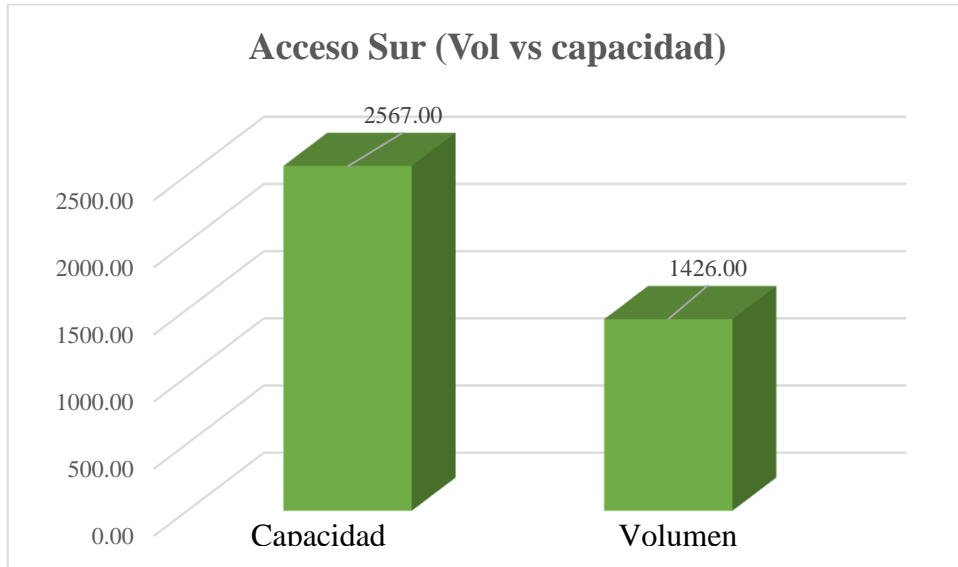


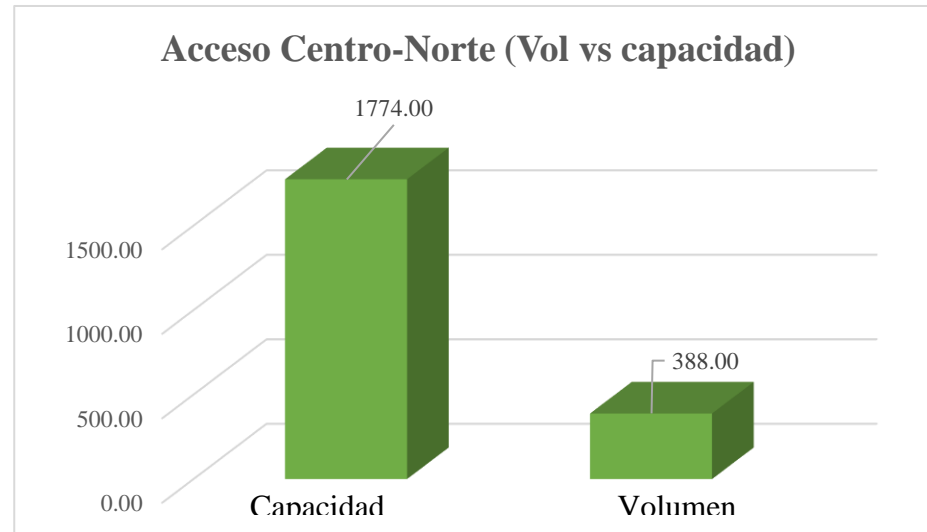
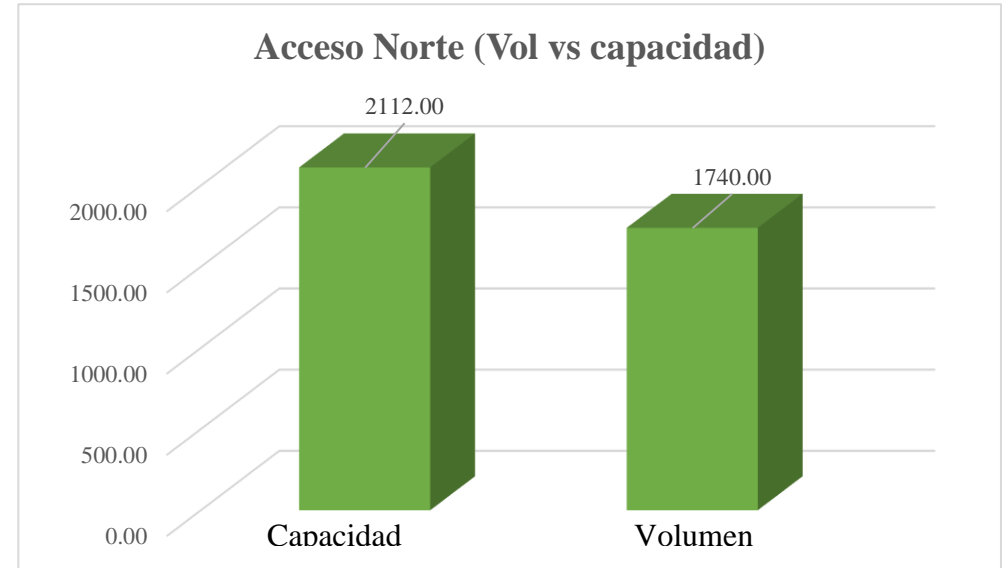
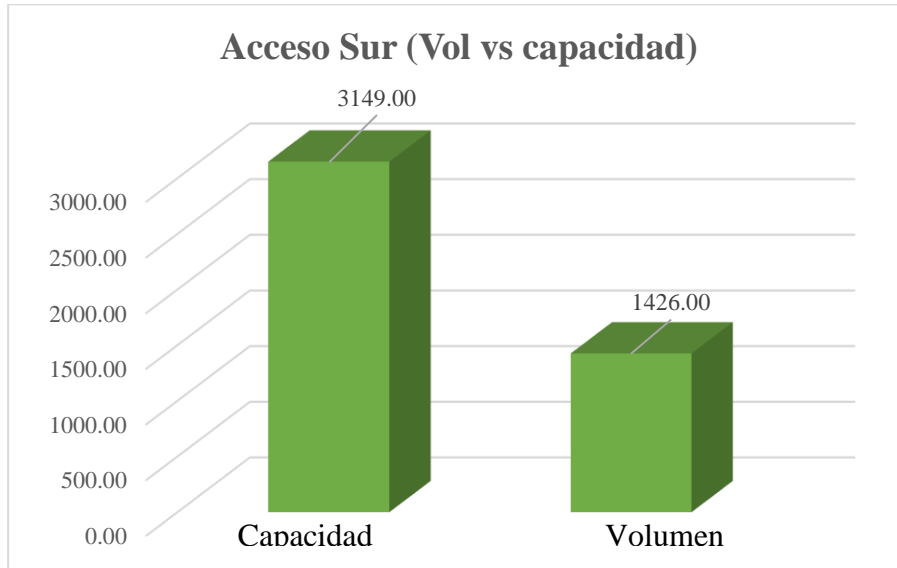
Tabla 27: Módulo de análisis de capacidad (Tarde)

Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
<i>Sentido del flujo vehicular</i>		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
S (veh/h)	Intensidad de saturación por carril (ecuación base)	1294.0	1569.0	1555.0	1526.0	1519.0	1339.0	1136.0	1285.0
S (veh/h)	Intensidad de saturación por acceso (ecuación base)	4418.000			3045.000		3760.000		
S (veh/h)	Intensidad de saturación (datos de campo)	1756.0	1806.0	1858.0	1803.0	1832.0	1571.0	1332.0	1414.0
S (veh/h)	Intensidad de saturación por acceso (datos de campo)	5420.000			3635.000		4317.000		
g/C	Relación de verde para el acceso	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.411	0.411	0.411
C (vph)	Capacidad por carril (ecuación base)	752.0	912.0	903.0	887.0	883.0	550.0	467.0	528.0
C (vph)	Capacidad por carril (datos de campo)	1020.0	1049.0	1079.0	1048.0	1064.0	646.0	547.0	581.0
Volumen	(veh/h)	428.0	499.0	499.0	870.0	870.0	116.0	136.0	136.0
Xi	Grado de saturación para cada carril (ecuación base)	0.60	0.50	0.60	1.00	1.00	0.20	0.30	0.20
Xi	Grado de saturación para cada carril (datos de campo)	0.40	0.50	0.50	0.80	0.80	0.20	0.20	0.20
<i>Grupos de carriles crítico por fase: x</i>					X	X			
C (vph)	Capacidad por acceso (ecuación base)	2567.000			1769.000		1545.000		
C (vph)	Capacidad por acceso (datos de campo)	3149.000			2112.000		1774.000		
<i>Volumen por acceso</i>		1426.000			1740.000		388.000		
Xi	Grado de saturación por acceso (ecuación base)	0.6			1.0		0.2		
Xi	Grado de saturación por acceso (datos de campo)	0.5			0.8		0.2		

**Figura 45: Volumen vs Capacidad (Tarde) con ecuación base**



**Figura 46: Volumen vs Capacidad (Tarde) con datos de campo**



#### 4.4. NIVEL DE SERVICIO

Tabla 28: Módulo del nivel de servicio (Mañana)

Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
<i>Sentido del flujo vehicular</i>		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
<b>C (vph)</b>	<b>Capacidad por carril (ecuación base)</b>	721.0	912.0	903.0	895.0	883.0	543.0	457.0	526.0
<b>C (vph)</b>	<b>Capacidad por carril (datos de campo)</b>	1020.0	1049.0	1079.0	1048.0	1064.0	646.0	547.0	581.0
<b>Volumen</b>	<b>(veh/h)</b>	914.0	1066.0	1066.0	428.0	428.0	238.0	277.0	277.0
<b>Xi</b>	<b>Grado de saturación para cada carril (ecuación base)</b>	1.3	1.2	1.2	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5
<b>Xi</b>	<b>Grado de saturación para cada carril (datos de campo)</b>	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
<b>ECUACIÓN BASE</b>									
<b>d1i (s/veh)</b>	<b>Demora uniforme</b>	38.0	30.7	30.7	13.1	13.1	22.0	24.40	23.10
<b>d2i (s/veh)</b>	<b>Demora incremental</b>	136.0	91.1	91.1	0.3	0.3	0.33	1.91	0.84
<b>d3i (s/veh)</b>	<b>Demora demanda residual</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>di (s/veh)</b>	<b>Demora promedio por vehículo</b>	174.0	122.0	122.0	13.0	13.0	22.0	26.0	24.0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		F	F	F	B	B	C	C	C
<b>vi (veh/hora)</b>	<b>Tasa de flujo ajustada para el grupo de carriles</b>	914.0	1066.0	1066.0	428.0	428.0	238.0	277.0	277.0
<b>da (s/veh)</b>	<b>Demora en el acceso</b>	138.00			13.00		24.00		
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		F			B		C		
<b>dI (s/veh)</b>	<b>Demora en la intersección</b>	96.00							
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		F							
<b>DATOS DE CAMPO</b>									
<b>d1i (s/veh)</b>	<b>Demora uniforme</b>	19.5	22.2	22.2	12.1	12.1	22.0	23.10	23.10
<b>d2i (s/veh)</b>	<b>Demora incremental</b>	135.5	90.8	90.7	0.2	0.2	0.27	1.33	0.76

<b>d3i (s/veh)</b>	<b>Demora demanda residual</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>di (s/veh)</b>	<b>Demora promedio por vehículo</b>	155.0	113.0	113.0	12.0	12.0	22.0	24.0	24.0
	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	F	F	F	B	B	C	C	C
<b>vi (veh/hora)</b>	<b>Tasa de flujo ajustada para el grupo de carriles</b>	914.0	1066.0	1066.0	428.0	428.0	238.0	277.0	277.0
<b>da (s/veh)</b>	<b>Demora en el acceso</b>		126.0			12.0		23.0	
	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		F			B		C	
<b>dI (s/veh)</b>	<b>Demora en la intersección</b>					88.0			
	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>					F			

Tabla 29: Módulo del nivel de servicio (Tarde)

Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
<i>Sentido del flujo vehicular</i>		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
C (vph)	Capacidad por carril (ecuación base)	752.0	912.0	903.0	887.0	883.0	550.0	467.0	528.0
C (vph)	Capacidad por carril (datos de campo)	1020.0	1049.0	1079.0	1048.0	1064.0	646.0	547.0	581.0
Volumen (veh/h)		428.0	499.0	499.0	870.0	870.0	116.0	136.0	136.0
Xi	Grado de saturación para cada carril (ecuación base)	0.6	0.5	0.6	1.0	1.0	0.2	0.3	0.2
Xi	Grado de saturación para cada carril (datos de campo)	0.4	0.5	0.5	0.8	0.8	0.2	0.2	0.2
<b>ECUACIÓN BASE</b>									
d1i (s/veh)	Demora uniforme	14.3	13.1	14.3	22.2	22.2	20.0	21.0	21.0
d2i (s/veh)	Demora incremental	0.9	0.5	0.4	15.5	9.1	0.129	0.25	0.23
d3i (s/veh)	Demora demanda residual	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
di (s/veh)	Demora promedio por vehículo	15.0	14.0	15.0	38.0	31.0	20.0	21.0	21.0
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		B	B	B	D	D	B	C	C
vi (veh/hora)	Tasa de flujo ajustada para el grupo de carriles	428.0	499.0	499.0	870.0	870.0	116.0	136.0	136.0
da (s/veh)	Demora en el acceso	15.0			35.0		21.0		
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		B			C		C		
dI (s/veh)	Demora en la intersección					25.0			
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>						C			
<b>DATOS DE CAMPO</b>									
d1i (s/veh)	Demora uniforme	12.1	13.1	13.1	17.4	17.4	20.0	20.0	20.0
d2i (s/veh)	Demora incremental	0.4	0.4	0.3	12.8	7.4	0.11	0.14	0.14
d3i (s/veh)	Demora demanda residual	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
di (s/veh)	Demora promedio por vehículo	13.0	14.0	13.0	30.0	25.0	20.0	20.0	20.0

	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	B	B	B	C	C	B	B	B
<b>vi</b> (veh/hora)	<b>Tasa de flujo ajustada para el grupo de carriles</b>	914.0	1066.0	1066.0	428.0	428.0	238.0	277.0	277.0
<b>da</b> (s/veh)	<b>Demora en el acceso</b>		13.0		28.0			20.0	
	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>		B		C			B	
<b>dI</b> (s/veh)	<b>Demora en la intersección</b>				21.0				
	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>				C				

#### 4.5. DURACIONES DEL CICLO

*Tabla 30: Relación flujos reales entre flujo de saturación (Mañana)*

		MAÑANA							
Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
<b>S (veh/h)</b>	<b>Intensidad de saturación (ecuación base)</b>	1241.00	1569.00	1555.00	1541.00	1519.00	1321.00	1112.00	1279.00
<b>S (veh/h)</b>	<b>Flujo de saturación (datos de campo)</b>	1756.00	1806.00	1858.00	1803.00	1832.00	1571.00	1332.00	1414.00
<b>Volumen</b>	<b>(veh/h)</b>	914.00	1066.00	1066.00	428.00	428.00	238.00	277.00	277.00
	<b>Yi (ecuación base) (v/s)</b>	<b>0.737</b>	0.679	0.686	0.278	<b>0.282</b>	0.180	<b>0.249</b>	0.217
	<b><math>\Sigma yi</math></b>	<b>1.268</b>							
	<b>Yi (datos de campo) (v/s)</b>	0.521	<b>0.590</b>	0.574	<b>0.237</b>	0.234	0.151	<b>0.208</b>	0.196
	<b><math>\Sigma yi</math></b>	<b>1.035</b>							
	<b>L</b>	7.50							

*Tabla 31: Relación flujos reales entre flujo de saturación (Tarde)*

		TARDE							
Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
S (veh/h)	Intensidad de saturación (ecuación base)	1294.00	1569.00	1555.00	1526.00	1519.00	1339.00	1136.00	1285.00
S (veh/h)	Flujo de saturación (datos de campo)	1756.00	1806.00	1858.00	1803.00	1832.00	1571.00	1332.00	1414.00
Volumen	(veh/h)	428.00	499.00	499.00	870.00	870.00	116.00	136.00	136.00
	Yi (ecuacion base) (v/s)	<b>0.331</b>	0.318	0.321	0.570	<b>0.573</b>	0.087	<b>0.120</b>	0.106
	$\Sigma yi$	<b>1.024</b>							
	Yi (datos de campo) (v/s)	0.244	<b>0.276</b>	0.269	<b>0.483</b>	0.475	0.074	<b>0.102</b>	0.096
	$\Sigma yi$	<b>0.861</b>							

Para estimar la duración del ciclo únicamente se tomará el valor de la sumatoria de relaciones de volumen y flujo de saturación menor a 1, ya que para valores mayores a uno no se puede usar la ecuación de ciclo óptimo, por lo que se usará el valor de 0.861 donde el acceso norte es aquel que presenta mayor relación (v/s) en el horario de la tarde, lo cual quiere decir que este acceso requiere más tiempo para que los vehículos atraviesen por la intersección en el tiempo de luz verde, para estimar el ciclo se tendrá en cuenta que por cada acceso el tiempo perdido es de 2.5 segundos lo que da un valor total de 7.5 segundos.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} = \frac{1.5 (7.5 \text{ seg}) + 5}{1 - 0.861} = 117 \text{ seg} \cong 120 \text{ seg}$$

#### 4.5.1. REPARTO DE FASES

- Intervalo de cambio de fase

t (s)	1
v (m/s)	13.89
a (m/s <sup>2</sup> )	3.05
W (m)	11.15
L (m)	6.1
y (seg)	5

$$y = \text{Amarillo} + \text{Todo rojo} = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

- Asignación de tiempos verdes.

Tabla 32: Reparto de verdes

TARDE									
Accesos		SUR			NORTE		CENTRO-NORTE		
		S-N	S-N	S-N	N-S	N-S	CN-VDC	CN-VDC	CN-VDC
S (veh/h)	Flujo de saturación (datos de campo)	1756	1806	1858	1803	1832	1571	1332	1414
Volumen	(veh/h)	428	499	499	870	870	116	136	136
	Yi (datos de campo) (v/s)	0.244	<b>0.276</b>	0.269	<b>0.483</b>	0.475	0.074	<b>0.102</b>	0.096
	$\Sigma y_i$	<b>0.861</b>							
	(C) Ciclo óptimo calculado	120							
	L (Tiempo perdido)	7.5							
	gT (Tiempo verde efectivo total)	113							
	gi (Demora mínima en la intersección) (seg)	36			<b>63</b>		13		
	yi (Intervalo de cambio de fase) (seg)	5							
	Gi (Tiempo verde real) (seg)	36			<b>63</b>		13		

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- Anteriormente se mostró el flujo de saturación medido en campo como obtenido con la ecuación base de estos resultados se puede concluir que los datos tomados en campo reflejan más la realidad de la intersección ya que estos fueron tomados a partir de colas de vehículos en las horas de mayor congestión, mientras que los datos obtenidos con la ecuación base son algo reducidos debido a los factores de ajuste por número de carriles, ancho de carriles, porcentaje de vehículos pesados, pendiente en el acceso, actividad de estacionamiento, entre otras, es importante mencionar que dichos factores de ajuste fueron hechos por el Manual de Capacidad de Carreteras para los componentes de tránsito de Estados Unidos por lo que dichos factores deberían ajustarse para cada país.
- En base a la metodología aplicada se obtuvo que por los accesos el número máximo de vehículos mixtos que pueden circular en una hora es de 3149 por el acceso Sur, 2112 por el acceso Norte y 1856 por el acceso Centro-Norte, ahora bien es importante mencionar que la tasa de ocupación en la ciudad se aproxima a 1.2 pasajeros por auto, teniendo en cuenta esto se supondrá que en una hora por el acceso sur circulan 3149 vehículos particulares, al multiplicar la ocupación por el número de vehículos se obtiene que 3779 usuarios viajan por la intersección, de esta suposición se puede apreciar que la capacidad del acceso no está aprovechada en su totalidad, por lo que se planteará un segundo supuesto, en el cual se supondrá que en una hora en dos carriles del acceso viajan 750 vehículos manteniendo la tasa de ocupación de 1.2 pasajeros por auto, y únicamente en el tercer carril del acceso circularán buses 50 con una tasa de ocupación de 90 pasajeros por bus, al multiplicar la tasa de ocupación por el número de vehículos se tiene que en dos carriles circularán 1800 pasajeros, mientras que el tercer carril viajarán 4500 pasajeros, en comparación al supuesto anterior la reciente opción permite un mayor número de usuarios en el acceso, sin necesidad de realizar modificaciones en el diseño geométrico de la intersección, por lo que una opción viable para mejorar el flujo vehicular sería reservar uno o más carriles para el sistema de transporte público en horas pico, otra

opción a emplearse es el incremento de ocupación vehículos mediante viajes compartidos.

- Al finalizar el trabajo se concluye que la capacidad es de carácter probabilístico es decir que no será la misma en todos los instantes, ya que está se la define teniendo en cuenta las condiciones prevalecientes como lo es la infraestructura vial, condiciones de tránsito y condiciones de control, lo mencionado anteriormente se afirma al revisar los valores de capacidad a pesar de tener los mismos volúmenes vehiculares en dos carriles la capacidad de estos no es la misma debido a que el ancho de los carriles y pendientes de estos no son los mismos, otra forma de afirmar el carácter probabilístico de la capacidad es que ninguno de los valores obtenidos de capacidad en los accesos es el mismo debido a que ni la condición del tránsito ni el tipo de vehículos que circulan son los mismos.
- Respecto a la relación volumen-capacidad se obtuvo que en el horario de la mañana el acceso con mayor relación es el acceso sur mientras que en el horario de la tarde es el acceso norte, esto quiere decir que las características geométricas y del semáforo son inadecuadas para los flujos de demanda crítica, por lo que las características operativas de estas se pueden mejorar aumentando la duración del ciclo o cambiar las características geométricas de la vía, en la intersección en estudio como un proyecto a corto a plazo se puede modificar la duración del ciclo específicamente incrementar la fase de luz verde en los accesos Sur y Norte para que los vehículos atraviesen la intersección, con respecto al acceso Centro-Norte se puede decir que el ciclo suministrado es adecuado para todos los movimientos críticos que van a atravesar la intersección.
- Anteriormente se mencionó que aumentar el ciclo del semáforo es una alternativa para sobrellevar el volumen vehicular que reciben los accesos Sur y Norte en las horas que se presenta mayor carga vehicular, según los cálculos realizados el ciclo óptimo para todo los accesos es de 120 segundos, donde en los accesos Sur y Norte el ciclo tiene una fase de luz verde de 63 segundos, fase de luz amarilla de 3 segundos y fase de luz roja de 54 segundos, mientras que en el acceso Centro- Norte el ciclo

se repartiría en una fase de luz verde de 51 segundos, fase de luz amarilla de 3 segundos y la fase de luz roja de 66 segundos.

- Así pues, habiendo realizado los conteos manuales clasificados para la medición de flujo se obtuvo que en los días que se realizó el trabajo de campo en el horario de 6:20am a 9:20am cruzaron por la intersección aproximadamente 9600 vehículos mixtos, en cambio en el horario de 16:05pm a 19:05pm la cantidad promedio de vehículos que atravesó el punto de estudio fue de 8600 vehículos mixtos.
- Producto de los estudios de los cuestionarios manuales realizados se logró conocer los distintos tipos de vehículos que transitaron por la intersección en las horas con más carga vehicular, la composición vehicular se mide en términos de porcentaje obteniendo los siguientes resultados, el miércoles de 6:20am a 7:20am se registró 2574 automóviles que representa el 69.55%, 379 camionetas correspondiente al 10.24%, 276 buses cuyo valor equivale al 7.46%, 287 motos representa el 7.75%, con relación a vehículos pesados y bicicletas la cantidad es muy reducida ya que no alcanzan ni el 1% del tráfico. Ahora bien el jueves en el horario de 16:05pm a 17:05pm cruzaron 2329 automóviles del total este valor equivale al 71%, 303 motos representan el 9.24%, 286 buses correspondiente a un 8.72%, 228 camionetas que conforma un 6.95%, 44 camiones cuyo porcentaje es de 1.34%, por último en este horario y día también hay valor muy bajo de vehículos pesados y bicicletas.
- Por último, para seleccionar el nivel de servicio de la intersección se empleó la tabla que sugiere el Highway Capacity Manual, obteniendo como resultado que el grado de servicio de la intersección en el horario de la mañana corresponde al nivel F, ya que el valor de las demoras es mayor a 80 segundos esto puede deberse a un avance insuficiente de las fases del semáforo lo que trae consigo que un elevado número de vehículos que llegan al acceso durante la fase de luz roja, por otra parte el nivel de servicio de la tarde es el nivel C, en este nivel muchos vehículos pueden cruzar la unión sin detenerse sin embargo una cierta cantidad de ellos se detendrá, lo que quiere decir que algunos de ellos requerirán de un ciclo extra al inicial para salir de la intersección.

- Gracias a la metodología empleada para la determinación del nivel de servicio, se logró visualizar que el acceso Sur presenta condiciones de flujo forzado en el horario de la mañana con una demora por vehículo de 126 segundos esto quiere decir que en este acceso se forman colas donde el avance de los vehículos se caracteriza por las ondas de parada y arranque, con respecto al horario de tarde el acceso Norte presenta un flujo estable teniendo una demora promedio por vehículo de 28 segundos este valor refleja que los usuarios empiezan a tener limitaciones en la operación debido a interacciones con otros usuarios.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Como se mostró anteriormente los automóviles son los vehículos motorizados más usados por los ciudadanos por lo que para aliviar la carga vehicular se debe mejorar el transporte público y la seguridad en las calles esto con el fin de incentivar el uso del transporte público, así mismo se debe promover el uso diario de la bicicleta a través de programas patrocinados por el municipio y no únicamente el domingo como se usa actualmente.
- Una vez culminado el presente trabajo de titulación se pone en consideración la realización de estudios de movilidad ya que estos permitirán mejorar el funcionamiento de los sistemas de transportes en la ciudad, de la misma forma se sugiere realizar estudios de tráfico los mismos permitirán verificar si las medidas que se adoptan para apaciguar el tráfico funcionan de verdad y no únicamente contar con la percepción de los usuarios.
- Al momento de realizar los estudios de tráfico además de considerar los parámetros operacionales también se invita a incorporar variables que consideren el aspecto social y económico de las personas, estas variables proporcionarán mejores proyecciones a futuro.
- Producto de las visitas de campo al punto en estudio se pudo visualizar, que es importante que las autoridades brinden el mantenimiento adecuado a la capa de rodadura de la intersección al igual que a la señalización horizontal de la misma.
- Al finalizar el trabajo es importante mencionar que se recomienda ampliar la investigación para todas las intersecciones del enlace de cuatro ramas para conocer la capacidad y nivel de servicio de toda la intersección tipo trébol.

## BIBLIOGRAFIA

- Arias, N. (2008). Hundimiento el Trébol “respuesta a la emergencia” (Monografía de diplomado). Instituto de Altos Estudios Nacionales “IAN”, Quito.
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (s. f.). Boletín Sector Automotor en Cifras y Anuarios – AEADE. Recuperado 22 de octubre de 2022, a partir de <https://www.aeade.net/boletin-sector-automotor-en-cifras/>
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones (8va ed.). México, Ediciones Alfaomega.
- En el intercambiador del Trébol se adaptarán dos nuevos giros. (25 de noviembre de 2019). *Últimas Noticias*. <https://quenoticias.com/comunidad/en-el-intercambiador-del-trebol-se-adaptaran-dos-nuevos-giros/>
- Fernandez Aguilera, R. (2014). Temas de ingeniería y gestión de tránsito. RIL editores. [elibro.puce.elogim.com/es/lc/puce/titulos/67305](http://elibro.puce.elogim.com/es/lc/puce/titulos/67305)
- Fernando Carrión y Jaime Erazo Espinosa, «La forma urbana de Quito: una historia de centros y periferias», Bulletin de l'Institut français d'études andines [En línea], 41 (3) | 2012, Publicado el 01 agosto 2013, consultado el 20 enero 2022. URL: <http://journals.openedition.org/bifea/361>; DOI: <https://doi.org/10.4000/bifea.36>
- García, E., Vidaña, J., y Rodríguez, A. (2015, Mayo-Agosto). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. Culcyt. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/issue/view/81/10>
- Google Maps, (2021). Ubicación intersección [Fotografía]. <https://www.google.com.ec/maps/search/trebol/@-0.2333959,-78.5044323,18z?hl=es-419&authuser=0>
- Hernández, S., Devesa, H., Torres, G., Cruz, G., Arroyo, J., y González, J., (2020). Guía para la ejecución de trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero. Sanfandila. No. 581.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). (2011). Señalización Vial. Parte 1. Señalización vertical. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). (2011). Señalización vial. Parte 2. Señalización Horizontal. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015\\_reglamento\\_tecnico\\_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n\\_horizontal.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf)

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). (2011). Señalización vial. Parte 5. Semaforización . INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN .

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015\\_reglamento\\_tecnico\\_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n\\_horizontal.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_se+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf)

Jácome, E. (26 de octubre de 2015). Cinco sectores soportan la mayor carga vehicular. El Comercio.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/quito-congestion-vehiculos-transito-transporte.html>

Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V., & Ángel del Val, M. (2003). Ingeniería de Carreteras (C. Fernández, Ed.; Vol. 1).

Ley y señales de tránsito. (s. f.). Recuperado 14 de agosto de 2022, a partir de

[https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_get\\_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml_get_c3bdbaf3-5c9b-4319-86fb-110914a5ad32/90355/data/3eacf3a5-7a06-11e1-8123-ed15e3c494af/index.html)

Montoya, G. (2005). Ingeniería de tránsito. Lima, Perú.

Nicholas J. Garber, & Lester A. Hoel. (2007). Ingeniería de tránsito y de carreteras (3era ed). México, CENGAGE Learning.

Papazian, A., & Agosta, R. (2013, agosto 28). Tipos de intersecciones.

<https://es.slideshare.net/conejitavas/tipos-de-intersecciones>

PIARC. (s. f.). Ficha de términos | Terminología PIARC | enlace tipo trompeta y tipo trébol.

Recuperado 22 de octubre de 2022, a partir de <https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/69685-es-enlace%20tipo%20trompeta>

Quito: Los problemas de planificación urbana que están latentes. (30 de septiembre de 2019).

*La Hora*. <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102276035/quito-los-problemas-de-planificacion-urbana-que-estan-latentes>

- Secretaría de Movilidad. (s.f.). Intracantonal Combinado e Intracantonal Urbano. <https://secretariademovilidad.quito.gob.ec/index.php/intracantonal-urbano>
- Solórzano, J. (2021). Priorización de proyectos de transporte [Material del aula]. Texto creativo, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador, Quito.
- Solórzano, J. P. (s. f.). Ingeniería de tráfico . Intersecciones Semaforizadas .
- Torres, A., & Alvarado, R. (2018). Análisis de flujo de saturación real en la intersección de Av. Primavera con Av. Encalada en la ciudad de Lima . Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Toulkeridis, Theofilos. Rodríguez, Fabián. Arias Jiménez, Nelson. Baile, Débora Simón. Martínez, Rodolfo Salazar. Addison, Aaron. Carreón Freyre, Dora. Mato, Fernando. Díaz Perez, Carmen. (2016) Causes and consequences of the sinkhole at El Trébol of Quito, Ecuador –implications for economic damage and risk assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16. DOI: 10.5194/nhess-16-2031-2016
- Transportation research board 2000 executive committee. (2000). HIGHWAY CAPACITY MANUAL.
- Ubillús, C. (2019). Análisis de la capacidad vehicular en la intersección Eloy Alfaro y Granados en la ciudad de Quito (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador “PUCE”, Quito.
- Valdés, A., de la Rica, S., Guillón, M., & Azcoiti, J. (2008). Ingeniería de tráfico (3ERA ed.). Bellisco Ediciones
- ZOILORÍOS Grupo. (2021, febrero 23). Tipos de vehículos. Clasificación y diferencias de vehículos | Estaciones de Servicio Zoilo Ríos. <https://www.zoilorios.com/noticias/tipos-de-vehiculos-clasificacion-y-diferencias-de-vehiculos>

# ANEXOS

## Anexo 1: Conteo manual Sur-Norte Mañana

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	MARTES 31/05/2022	06:20-06:35	251	50	14	41	10	7		41			414	2029	
		06:35-06:50	482	59	43	52	4	12			56				708
		06:50-07:05	129	25	31	40			9		28				262
		07:05-07:20	406	58	40	50	5	20			66				645
07:20-08:20		07:20-07:35	361	40	51	49	8	15			70			594	2488
		07:35-07:50	400	53	48	78	4	6			100			689	
		07:50-08:05	305	50	61	87	3	7			60			573	
		08:05-08:20	372	50	42	91	3	7			67			632	
08:20-09:20		08:20-08:35	245	27	31	79	7				44			433	1555
		08:35-08:50	216	24	28	55	6	3			53	1		386	
		08:50-09:05	187	30	24	47	8	4			52			352	
		09:05-09:20	194	35	23	68	4	3			56	1		384	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	MIÉRCOLES 01/06/2022	06:20-06:35	435	50	19	67	4	24		69			668	2421	
		06:35-06:50	220	48	22	45	2	10			36				383
		06:50-07:05	410	59	48	40	9	14			29				609
		07:05-07:20	550	60	52	32		18			49				761
07:20-08:20		07:20-07:35	440	55	38	34	6	11			47			631	2296
		07:35-07:50	375	42	49	41	7	4			63			581	
		07:50-08:05	370	35	38	54	6	3			40			546	
		08:05-08:20	336	46	39	62	5	7			43			538	
08:20-09:20		08:20-08:35	250	43	30	59	3	2			39			426	1495
		08:35-08:50	218	49	24	51	8	3			50			403	
		08:50-09:05	176	37	29	54	3	1			45	1		346	
		09:05-09:20	140	32	33	76	5	2			32			320	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	JUEVES 02/06/2022	06:20-06:35	340	60	21	43	2	12		37		1	516	2201	
		06:35-06:50	411	55	29	57	8	8			42				610
		06:50-07:05	349	48	48	48	7	9			26				535
		07:05-07:20	341	58	51	43	6	10			31				540
07:20-08:20		07:20-07:35	400	60	33	33	5	11			26			568	2079
		07:35-07:50	319	52	45	50	6	5			22			499	
		07:50-08:05	327	58	41	53	10	7			27		1	524	
		08:05-08:20	296	40	35	63	4	4			46			488	
08:20-09:20		08:20-08:35	252	59	27	56	6	1			38		1	440	1558
		08:35-08:50	229	48	30	49	4	1			45			406	
		08:50-09:05	196	34	22	48	6	3			36	1		346	
		09:05-09:20	192	40	36	63	10	4			21			366	

*Anexo 2: Conteo manual Norte-Sur Mañana*

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
06:20-07:20	MARTES 31/05/2022	06:20-06:35	54	20	1	19	15	8		10	8		135	578
		06:35-06:50	85	15	4	23	20	21		28			196	
		06:50-07:05	51	16	4	12	7	8		5			103	
		07:05-07:20	67	13	5	13	10	13		23			144	
07:20-08:20		07:20-07:35	86	17	7	21	16	12		30			189	700
		07:35-07:50	48	19	10	10	18	12		30			147	
		07:50-08:05	80	22	3	16	14	13		26			174	
		08:05-08:20	91	17	3	28	18	8		25			190	
08:20-09:20		08:20-08:35	113	20	5	23	26	7		19			213	992
		08:35-08:50	126	22	3	29	10	7		14			211	
		08:50-09:05	157	19	11	24	22	14		25			272	
		09:05-09:20	163	25	2	46	32	4		24			296	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
06:20-07:20	MIÉRCOLES 01/06/2022	06:20-06:35	103	25	2	14		3		13			160	712
		06:35-06:50	105	26	2	11	2	10		18			174	
		06:50-07:05	89	22	3	19	6	10		15			164	
		07:05-07:20	127	30	7	16		7		27			214	
07:20-08:20		07:20-07:35	79	19	3	16	2	10		27	1		157	830
		07:35-07:50	102	25	11	28	1	6		32			205	
		07:50-08:05	144	35	11	20	2	12		19			243	
		08:05-08:20	131	31	5	23	1	7		27			225	
08:20-09:20		08:20-08:35	141	35	8	30	2	2		15			233	1106
		08:35-08:50	163	40	2	21	4	6		24	1		261	
		08:50-09:05	158	38	3	29	2	3		14	2		249	
		09:05-09:20	214	52	13	56	4	5		19			363	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
06:20-07:20	JUEVES 02/06/2022	06:20-06:35	167	26	3	23	4	3		21			247	665
		06:35-06:50	64	18	1	19	2	4		14			122	
		06:50-07:05	83	20	6	8	1	4		11			133	
		07:05-07:20	98	17	6	11	2	10		19			163	
07:20-08:20		07:20-07:35	93	19	8	9	4	5		31			169	821
		07:35-07:50	97	17	8	24		6		38			190	
		07:50-08:05	138	23	5	21	1	15		25			228	
		08:05-08:20	138	23	14	13	2	13		31			234	
08:20-09:20		08:20-08:35	42	10	9	8	1	9		26			105	880
		08:35-08:50	159	23	9	32	1	2		16	1		243	
		08:50-09:05	164	25	6	22	4	5		19			245	
		09:05-09:20	192	30	7	32	4	2		17	3		287	

*Anexo 3:Conteo manual Centro Norte-Valle de los Chillos Mañana*

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	MARTES 31/05/2022	06:20-06:35	47		43	1							91	481	
		06:35-06:50	68	15	45	6	4						138		
		06:50-07:05	63	12	42	4							121		
		07:05-07:20	62	14	48	7							131		
07:20-08:20		07:20-07:35	45	9	44	6								104	334
		07:35-07:50	37	9	38	11								95	
		07:50-08:05	10		47	3				1				61	
08:20-09:20		08:05-08:20	13		58	3								74	311
		08:20-08:35	62	15	60	19								156	
		08:35-08:50	14		45	5								64	
		08:50-09:05	7		35	1								43	
			09:05-09:20	8		36	4							48	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	MIÉRCOLES 01/06/2022	06:20-06:35	12	4	34	1		5		1			57	568	
		06:35-06:50	61	10	29	5	2		7	5	1		120		
		06:50-07:05	90	22	30	11	5	22		11	1	1	193		
		07:05-07:20	92	23	28	19	5	16		1	14		198		
07:20-08:20		07:20-07:35	46	8	20	7			4		2			87	371
		07:35-07:50	79	17	27	14	3		6		8			154	
		07:50-08:05	12	2	38	4								56	
08:20-09:20		08:05-08:20	13		52	3			4		2			74	240
		08:20-08:35	14	2	40	2	3		4		3			68	
		08:35-08:50	4		50	2	1				2			59	
		08:50-09:05	3		46						1	1		51	
			09:05-09:20	8		52	2							62	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
06:20-07:20	JUEVES 02/06/2022	06:20-06:35	22	6	28	3		1		2			62	451	
		06:35-06:50	110	10	22	20	5	17		3	2		189		
		06:50-07:05	22	5	11	4		3		2	2		49		
		07:05-07:20	84	18	23	6		6		14			151		
07:20-08:20		07:20-07:35	52	13	25	2			5		8			105	420
		07:35-07:50	25	10	44	4			2		10			95	
		07:50-08:05	49	12	35	8			9		8			121	
08:20-09:20		08:05-08:20	53	11	21	7			3		4			99	399
		08:20-08:35	14	3	53	3			6		2			81	
		08:35-08:50	9		8	2					2			21	
		08:50-09:05	66	15	39	6			6		6			138	
			09:05-09:20	47	10	62	24	2	9		5			159	

*Anexo 4: Conteo manual Sur-Norte Tarde*

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL		
04:05-05:05	MARTES 31/05/2022	04:05-04:20	161	25	38	33	2	10		18			287	1167		
		04:20-04:35	192	20	42	43	6	7		24			334			
		04:35-04:50	159	15	32	29	2	13		21			271			
		04:50-05:05	156	20	36	35	3	6		19			275			
05:05-06:05		MARTES 31/05/2022	05:05-05:20	159	23	27	25	2	8		17			261	980	
			05:20-05:35	110	22	32	40	2	7		32			245		
			05:35-05:50	122	19	37	22	2	5		16			223		
			05:50-06:05	141	20	35	34	1	4		16			251		
06:05-07:05			MARTES 31/05/2022	06:05-06:20	96	16	27	18		1		23			181	705
				06:20-06:35	96	15	27	13				21			172	
				06:35-06:50	82	13	23	14				20			152	
				06:50-06:05	118	20	19	20	3			20			200	
HORA	FECHA			INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
04:05-05:05	MIÉRCOLES 01/06/2022			04:05-04:20	142	28	34	32	6	4		20			266	843
				04:20-04:35	100	23	24	26	2	4		5			184	
				04:35-04:50	107	24	36	23	2	3		11			206	
		04:50-05:05		88	20	28	24	4	4		19			187		
05:05-06:05		MIÉRCOLES 01/06/2022		05:05-05:20	79	17	28	16	1	2		20			163	594
				05:20-05:35	67	15	21	16	1			12			132	
				05:35-05:50	86	10	23	21		1		12			153	
			05:50-06:05	79	13	22	19	2			11			146		
06:05-07:05			MIÉRCOLES 01/06/2022	06:05-06:20	86	11	12	18				9			136	477
				06:20-06:35	70	9	8	19	1	2		13			122	
				06:35-06:50	100	11	7	8		3		7			136	
				06:50-06:05	43	9	3	14		5		9			83	
HORA	FECHA			INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
04:05-05:05	JUEVES 02/06/2022			04:05-04:20	160	20	22	43	4	13		25			287	1325
				04:20-04:35	194	23	35	45	4	12		29			342	
				04:35-04:50	208	20	32	44	2	10		39	1		356	
		04:50-05:05		190	24	35	41	2	7		41			340		
05:05-06:05		JUEVES 02/06/2022		05:05-05:20	158	16	31	30		4		28			267	1076
				05:20-05:35	186	19	44	33	2	6		51	1	1	343	
				05:35-05:50	181	23	21	31	1	4		26			287	
			05:50-06:05	90	11	27	24	2	3		22			179		
06:05-07:05			JUEVES 02/06/2022	06:05-06:20	86	15	27	34	2	1		21			186	796
				06:20-06:35	111	20	26	25	1	1		31			215	
				06:35-06:50	105	15	25	19	3	1		24			192	
				06:50-06:05	120	20	20	19	2	1		21			203	

*Anexo 5: Conteo manual Norte-Sur Tarde*

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL		
04:05-05:05	MARTES 31/05/2022	04:05-04:20	232	18	2	31	9	4		31			327	1468		
		04:20-04:35	298	25	2	38	4	5		35	1		408			
		04:35-04:50	264	20	2	31	7	2		37	1		364			
		04:50-05:05	244	28	5	37	3	16		35	1		369			
05:05-06:05		MARTES 31/05/2022	05:05-05:20	224	25	2	35	6	7		51			350	1658	
			05:20-05:35	261	23	7	25	5	12		52	1		386		
			05:35-05:50	328	37	4	40	4	9		60	1	1	484		
			05:50-06:05	300	34	2	34	2	12		54			438		
06:05-07:05			MARTES 31/05/2022	06:05-06:20	302	29	2	39	6	7		70			455	1743
				06:20-06:35	276	32	2	30	2	4		55			401	
				06:35-06:50	308	40	2	47	7	6		57			467	
				06:50-06:05	297	37	1	32	4	3		46			420	
HORA	FECHA			INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
04:05-05:05	MIÉRCOLES 01/06/2022			04:05-04:20	85	20	7	24	5	1		14			156	1188
				04:20-04:35	261	40	9	29	3	12		52	1		407	
				04:35-04:50	171	30	6	14		8		46			275	
		04:50-05:05		240	23	12	26	1	3		45			350		
05:05-06:05		MIÉRCOLES 01/06/2022		05:05-05:20	248	36	10	29	5	4		53			385	1169
				05:20-05:35	168	35	6	16		1		42			268	
				05:35-05:50	230	15	10	20	2	3		45			325	
			05:50-06:05	130	19	11	3	1	2		25			191		
06:05-07:05			MIÉRCOLES 01/06/2022	06:05-06:20	295	61	11	17				48			432	1377
				06:20-06:35	232	35	7	5		1		25			305	
				06:35-06:50	214	48	8	26	2	5		24			327	
				06:50-06:05	228	36	5	17	1	2		24			313	
HORA	FECHA			INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL
04:05-05:05	JUEVES 02/06/2022			04:05-04:20	260	26	1	37	11	10		38	2		385	1608
				04:20-04:35	322	30	1	33	9	4		35		1	435	
				04:35-04:50	275	22	2	35	5	4		37	1	1	382	
		04:50-05:05		277	27	5	37	3	14		42	1		406		
05:05-06:05		JUEVES 02/06/2022		05:05-05:20	279	30	2	25	4	7		50			397	1701
				05:20-05:35	265	26	7	26	2	11		52	1	1	391	
				05:35-05:50	284	31	2	23	5	4		49		2	400	
			05:50-06:05	354	33	2	45	7	14		58			513		
06:05-07:05			JUEVES 02/06/2022	06:05-06:20	426	40	3	48	3	5		41		2	568	2010
				06:20-06:35	349	30	2	31	3	2		51			468	
				06:35-06:50	369	38	2	29	3	5		47			493	
				06:50-06:05	354	35	1	28	4	3		56			481	

**Anexo 6:Conteo manual Centro Norte-Valle de los Chillos Tarde**

HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
04:05-05:05	MARTES 31/05/2022	04:05-04:20	24		41	1				2			68	335	
		04:20-04:35	23	2	44	2	2			6			79		
		04:35-04:50	31	6	39	3	2			8			89		
		04:50-05:05	40	10	38	1	3	7					99		
05:05-06:05		05:05-05:20	37	9	36	1	2	4			1			90	363
		05:20-05:35	30	5	33	3		6			4			81	
		05:35-05:50	40	8	47	8	1	1			11			116	
		05:50-06:05	28	9	27	1		1			10			76	
06:05-07:05		06:05-06:20	33	11	34	3		1			6			88	500
		06:20-06:35	58	25	36	3	2	2			6			132	
		06:35-06:50	60	27	42	18	4	7			5			163	
		06:50-06:05	41	16	40	6	4	2			8			117	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
04:05-05:05	MIÉRCOLES 01/06/2022	04:05-04:20	61	15	33	8		8		2			127	571	
		04:20-04:35	80	18	30	10		9		3			150		
		04:35-04:50	92	21	30	8		12			3				166
		04:50-05:05	61	13	34	6		10			4				128
05:05-06:05		05:05-05:20	57	12	22	6		3			2			102	428
		05:20-05:35	53	13	35	11		3			3			118	
		05:35-05:50	63	15	29	2		10			2			121	
		05:50-06:05	34	10	35	4		2			2			87	
06:05-07:05		06:05-06:20	36	12	28	1	2	1			5			85	552
		06:20-06:35	80	20	28	4	3	6			5			146	
		06:35-06:50	61	13	16	4	1	3			1			99	
		06:50-06:05	123	28	44	5	5	12			5			222	
HORA	FECHA	INTERVALO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	BUSES	TAXI	CAMIONES	ESCOLARES	TRAILERS	MOTOS	PESADOS	BICIS	VOLUMEN (15 MIN)	VOLUMEN TOTAL	
04:05-05:05	JUEVES 02/06/2022	04:05-04:20	30	9	33	4	2			4			82	347	
		04:20-04:35	40	10	39	3	1			4			97		
		04:35-04:50	22	9	44	1	1	2			4				83
		04:50-05:05	24	8	37	4		7			5				85
05:05-06:05		05:05-05:20	23	9	35	5		3			4			79	389
		05:20-05:35	31	14	43	3	1	8			4			104	
		05:35-05:50	24	10	35	7	1	2			2			81	
		05:50-06:05	50	19	40	4	2	2			8			125	
06:05-07:05		06:05-06:20	44	10	31	5		2			8			100	459
		06:20-06:35	50	17	35	6	2	3			3			116	
		06:35-06:50	46	20	32	8	2	2			3	2		115	
		06:50-06:05	48	18	43	8	1	1			9			128	