



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Ingeniería Vial

**ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE  
ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ.**

**Ing. William Alejandro Pérez González**

Asesorado por el Ma. Ing. César Augusto Castillo Morales

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE  
ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ING. WILLIAM ALEJANDRO PÉREZ GONZÁLEZ**

ASESORADO POR: Ma. ING. CÉSAR AUGUSTO CASTILLO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES INGENIERÍA VIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucia Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Veliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADOR	MSc. Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ma. Ing. César Augusto Castillo Morales
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha marzo de 2013.

Ing. William Alejandro Pérez González

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **JEHOVÁ DIOS**

Por ser el Ser Supremo, por brindarme la vida, sabiduría necesaria y permitirme alcanzar mis metas.

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE POSTGRADO**

Por abrirme sus puertas, transmitirme los valiosos conocimientos para alcanzar una meta en mi vida.

### **Ma. ING. CÉSAR AUGUSTO CASTILLO MORALES**

Por su apoyo incondicional, tiempo, dedicación y conocimientos en todo momento, para la elaboración de este trabajo de graduación.

### **MIS PADRES**

Pedro Pérez Batres, María Estela González de Pérez, Mario Roberto Pérez González, por su esfuerzo, sacrificio, sabios consejos y apoyo en todo momento.

**MI ESPOSA**

Jennifer Anel Lara Mazariegos, mi brazo derecho. Quien con su apoyo, amor, comprensión y paciencia me ayudó a alcanzar este sueño.

**MI HIJO**

Pedro Alejandro Pérez Lara, quien con su existencia y amor me anima a seguir luchando cada día de mi vida.

**MIS HERMANOS**

Allan, Kevin, Jessica, aun en la distancia recordar esos bonitos momentos de niñez.

**MIS FAMILIARES**

Por ser siempre un apoyo incondicional y estar siempre de mi lado.

**MIS SUEGROS**

Por aconsejarme y apoyarme para seguir adelante.

**MIS AMIGOS**

Gérber Iván López Enríquez (q.e.p.d), Héctor Rodríguez, Jacobo Morales, y a todos en general, por su amistad y apoyo en todo momento.



**FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC**  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

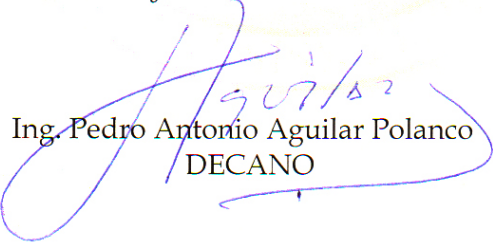
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

Ref. APT-2015-039

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Ingeniería Vial titulado: **"ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ"**, presentado por el Ingeniero Civil **William Alejandro Pérez González**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO

Guatemala, Octubre de 2015.

Cc: archivo  
/la



FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-039

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de graduación titulado **“ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ”** presentado por el Ingeniero Civil **William Alejandro Pérez González** correspondiente al programa de Maestría en Ingeniería Vial; apruebo y autorizo el mismo.

*“Id y Enseñad a Todos”*

MSc. Ing. ~~Murphy~~ Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2015.

Cc: archivo  
/la





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-039

Como Coordinador de la Maestría en Ingeniería Vial y revisor del Trabajo de graduación titulado **"ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ"**, presentado por el Ingeniero Civil **William Alejandro Pérez González**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Armando Fuentes Roca  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2015.

Cc: archivo  
/la

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XXI</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE METODOLÓGICO.....</b>	<b>XXIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XXXI</b>

### **1. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

1.1. Situación geográfica .....	3
1.1.1. Características de la población beneficiada .....	3
1.1.2. Ubicación y localización .....	4
1.1.3. Extensión territorial .....	4
1.1.4. Clima .....	4
1.1.5. Altura .....	4
1.1.6. Vías de comunicación .....	4
1.2. Recursos naturales .....	8
1.2.1. Flora .....	8
1.2.2. Aspecto hidrográfico .....	8
1.3. Topografía .....	9
1.4. Aspecto económico social .....	9
1.4.1. Actividades productivas de la comunidad .....	9

1.4.2.	Servicios .....	9
1.4.2.1.	Salud .....	10
1.4.2.2.	Educación .....	10
1.4.2.3.	Infraestructura vial .....	11
1.4.2.4.	Comunicaciones .....	11
1.4.2.5.	Transporte .....	11
1.4.2.6.	Recreación .....	12
1.4.2.7.	Servicios públicos .....	12
1.5.	Descripción de la problemática del municipio .....	12
1.5.1.	Problema identificado .....	12
1.5.2.	Descripción de la necesidad en estudio .....	12

## **2. MARCO TEÓRICO**

2.1.	Formato para control de conteo de vehículos.....	15
2.2.	Conteos de tránsito .....	15
2.3.	Tipología de vehículos .....	16
2.4.	Proyecciones de tránsito .....	19
2.5.	Proyecciones de incremento vehicular .....	19
2.6.	Costos de operación vehicular .....	20
2.7.	Derecho de vía .....	21
2.8.	Control de pesos y dimensiones (cargas especiales) .....	22
2.9.	Generalidades para la estimación del costo de operación vehicular .....	22
2.10.	Niveles de servicio de las carreteras .....	29

### **3. ESTUDIO DE DEMANDA VEHICULAR**

3.1. Fase de planificación .....	31
3.1.1. Contacto con autoridades locales y población.....	31
3.1.2. Capacitación de personal .....	32
3.1.3. Formato para conteo .....	33
3.2. Fase de campo .....	33
3.2.1. Conteos de tránsito .....	33
3.2.1.1. Identificación de puntos de conteo .....	33
3.2.1.2. Fotografías de conteo de tránsito vehicular .....	36
3.2.1.2.1. Punto de conteo A .....	36
3.2.1.2.2. Punto de conteo B .....	37
3.2.1.2.3. Punto de conteo C .....	37
3.2.1.3. Conteos de tránsito .....	38
3.3. Fase de gabinete .....	39

### **4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Resultados de conteos de tránsito.....	41
4.1.1. Comportamientos del punto A del primer conteo.....	41
4.1.2. Comportamientos del punto B del primer conteo.....	43
4.1.3. Comportamientos del punto C del primer conteo.....	45
4.1.4. Comportamientos del punto C del primer conteo.....	47
4.1.5. Comportamientos del punto A del segundo conteo.....	49
4.1.6. Comportamientos del punto B del segundo conteo.....	51
4.1.7. Comportamientos del punto C del segundo conteo.....	53
4.1.8. Comportamientos del punto C del segundo conteo.....	55
4.2. Tipología de vehículos.....	57

4.3.	Proyecciones de los conteos de tránsito.....	65
4.3.1.	Estación de conteo A, primer conteo.....	65
4.3.2.	Estación de conteo B, primer conteo.....	66
4.3.3.	Flujo direccional del tránsito, primer conteo.....	67
4.3.4.	Estación de conteo A, segundo conteo.....	68
4.3.5.	Estación de conteo B, segundo conteo.....	69
4.3.6.	Flujo direccional del tránsito, segundo conteo.....	70
4.4.	Proyección de tránsito nocturno.....	71
4.4.1.	Estación de conteo A, primer conteo.....	72
4.4.2.	Estación de conteo B, primer conteo.....	73
4.4.3.	Estación de conteo A, segundo conteo.....	74
4.4.4.	Estación de conteo B, segundo conteo.....	75
4.5.	Proyecciones de crecimiento vehicular .....	76

## **5. ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR**

5.1.	Costos de operación vehicular para el tramo en estudio .....	79
5.1.1.	Ejemplos del cálculo del costo de operación vehicular (COV).....	80
5.2.	Resumen de costos de operación vehicular (COV) para vehículo particular, camión C3 y autobús extraurbano.....	85
5.3.	Calculo de costos de operación vehicular (COV) con tres escenarios.....	86
5.3.1.	Situación actual.....	86
5.3.2.	Alternativa Dirección General de Caminos (DGC).....	86
5.3.3.	Propuesta del estudio .....	86
5.4.	Análisis de costos de operación vehicular (COV) de la ruta.....	87

5.4.1. Tipo de vehículo: automóvil .....	87
5.4.2. Tipo de vehículo: C3 .....	89
5.4.3. Tipo de vehículo: autobús .....	91

## 6. ALTERNATIVAS PARA EL TRAMO EN ESTUDIO

6.1. Tramo en estudio .....	95
6.1.1. Alternativas de corto plazo .....	97
6.1.1.1. Policías de tránsito .....	97
6.1.1.2. Colocación de semáforo .....	97
6.1.1.3. Señalización vertical y horizontal .....	97
6.1.1.4. Intersecciones (Tulate) .....	97
6.1.1.5. Regulación de horario para circulación.....	98
6.1.2. Alternativa de mediano plazo .....	98
6.1.2.1. Alternativa generada por la Dirección General de Caminos (DGC).....	98
6.1.3. Propuesta de largo plazo .....	100
6.1.3.1. Consideraciones para el presente estudio.....	100
6.1.3.2. Consideraciones para el desarrollo de la propuesta geométrica de solución a largo plazo.	101
6.1.3.2.1. Ancho de corona o calzada.....	101
6.1.3.2.2. Rasante.....	101
6.1.3.2.3. Bombeo.....	102
6.1.3.2.4. Ancho de carril.....	102
6.1.3.2.5. Hombros.....	102
6.1.3.2.6. Terraplenes.....	103
6.1.3.2.7. Compactación de terraplenes.....	103

6.1.3.2.8.	Cunetas.....	103
6.1.3.2.9.	Drenaje transversal.....	104
6.1.3.2.10.	Mampostería de piedra y mortero para cabezales.....	105
6.1.3.2.11.	Movimiento de tierras.....	105
6.1.3.2.12.	Velocidad.....	106
6.1.3.2.13.	Velocidad de operación.....	106
6.1.3.2.14.	Velocidad de recorrido.....	106
6.1.3.2.15.	Velocidad de diseño .....	107
6.1.3.2.16.	Sobre ancho.....	107
6.1.3.2.17.	Tangentes verticales.....	107
6.1.3.2.18.	Pendiente maxima.....	108
6.1.3.2.19.	Pendiente minima.....	108
6.1.3.2.20.	Longitud crítica .....	108
6.1.3.2.21.	Curvas verticales .....	109
6.1.3.2.22.	Dispositivos para la regulación del tránsito vehicular.....	109
6.1.3.2.23.	Señalización.....	109
6.1.3.2.24.	Señalización horizontal.....	110
6.1.3.2.25.	Señalización vertical.....	110

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1.	Aumento de vehículos de carga lenta.....	115
7.2.	Análisis de cargas especiales circulando por la CA02W.....	116
7.3.	Derecho de vía.....	117

7.3.1. Reglamentación sobre el derecho de vía de los caminos en Guatemala.....	117
7.3.2. Trámite para la adquisición del derecho de vía.....	118
7.3.3. Trámite para la adquisición del derecho de vía en la ruta de estudio.....	120
7.3.4. Áreas de derecho de vía para el tramo en estudio.....	121
7.4. Análisis de ventajas de propuesta de solución vial propia sobre alternativa de la DGC y situación actual.....	122
7.5. Propuesta geométrica de solución.....	124
7.5.1. Parámetros de la propuesta propia.....	124
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>135</b>





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Mapa de Guatemala, departamento de Suchitepéquez.....	1
2.	Distribución política del departamento de Suchitepéquez.....	3
3.	Mapa de distribución de red vial de Guatemala.....	6
4.	Mapa de distribución red vial de Suchitepéquez.....	7
5.	Tipología de vehículos .....	18
6.	Impacto de la condición de la carretera en los Costos de Operación Vehicular (COV).....	24
7.	Ahorros en Costo de Operación Vehicular (COV) en la vida de una carretera .....	25
8.	Ubicación de puntos de conteo.....	35
9.	Punto de conteo “A”.....	36
10.	Punto de conteo “B” .....	37
11.	Punto de conteo “C” .....	37
12.	Primer conteo. Estación A .....	42
13.	Primer conteo. Estación B .....	44
14.	Primer conteo. Estación C .....	46
15.	Primer conteo. Estación C .....	48
16.	Segundo conteo. Estación A .....	50
17.	Segundo conteo. Estación B .....	52
18.	Segundo conteo. Estación C .....	54
19.	Segundo conteo. Estación C .....	56
20.	Primer conteo. Tipología A, B, C.....	58
21.	Primer conteo. Tipología A, B, C.....	60
22.	Segundo conteo. Tipología A, B, C.....	62

23.	Segundo conteo. Tipología A, B, C.....	64
24.	Gráfica de flujo direccional, primer conteo.....	67
25.	Gráfica de flujo direccional, segundo conteo.....	70
26.	Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para vehículo .....	89
27.	Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para camión .....	91
28.	Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para autobús .....	93
29.	Fotografía aérea de Cuyotenango, Suchitepéquez .....	96
30.	Alternativa generada por la Dirección General de Caminos (DGC) .....	99
31.	Detalle de cuneta triangular de concreto.....	104
32.	Detalle de sección típica tipo B .....	111
33.	Propuesta de libramiento de comunidad e integración de transporte pesado para Cuyotenango .....	113

## TABLAS

I.	Niveles de servicio de las carreteras .....	30
II.	Primer conteo. Estación de conteo “A” .....	41
III.	Primer conteo. Estación de conteo “B” .....	43
IV.	Primer conteo. Estación de conteo “C”, vehículos que salen de Cuyotenango .....	45
V.	Primer conteo. Estación de conteo “C”, vehículos que entran a Cuyotenango.....	47
VI.	Segundo conteo. Estación de conteo “A” .....	49
VII.	Segundo conteo. Estación de conteo “B” .....	51
VIII.	Segundo conteo. Estación de conteo “C”, vehículos que salen de Cuyotenango .....	53

IX.	Segundo conteo. Estación de conteo “C”, vehículos que entran a Cuyotenango .....	55
X.	Primer conteo. Tipología de vehículos de las 3 estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate .....	57
XI.	Primer conteo. Tipología de vehículos de las 3 estaciones de conteo, entrando de Cuyotenango hacia Tulate .....	59
XII.	Segundo conteo. Tipología de vehículos de las 3 estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate .....	61
XIII.	Segundo conteo. Tipología de vehículos de las 3 estaciones de conteo, entrando a Cuyotenango de Tulate .....	63
XIV.	Estación de conteo A, primer conteo .....	65
XV.	Estación de conteo B, primer conteo .....	66
XVI.	Estación de conteo A, segundo conteo .....	68
XVII.	Estación de conteo B, segundo conteo .....	69
XVIII.	Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo A, 1 conteo.....	72
XIX.	Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo B, 1 conteo.....	73
XX.	Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo A, 2 conteo.....	74
XXI.	Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo B, 2 conteo.....	75
XXII.	Proyección de tránsito para 10 años.....	77
XXIII.	Resumen de Costos de Operación Vehicular (COV) para vehículo, camión C3 y autobús extraurbano .....	85
XXIV.	Características geométricas recomendadas para el tramo en estudio .	112



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Kg</b>	Kilogramo: 1,000 gramos
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado
<b>Km</b>	Kilómetros: 1,000 metros
<b>Km/h</b>	Kilómetros por hora
<b>lb</b>	Libra (0.4536 kg)
<b>m</b>	Metro
<b>m/seg</b>	Metros por segundo
<b>min</b>	minuto
<b>gal</b>	galón
<b>P<sub>0</sub></b>	Nivel de servicio inicial del pavimento
<b>P<sub>f</sub></b>	Nivel de servicio final del pavimento
<b>s</b>	Segundo
<b>t</b>	Tonelada métrica (2,2046 lb)
<b>ton</b>	Tonelada Inglesa (907.18 kg)
<b>CC</b>	Centímetros cúbicos
<b>Q</b>	Quetzales
<b>%</b>	Porcentaje
<b>dB</b>	Decibeles
<b>°</b>	Grados



## **GLOSARIO**

<b>AASHTO</b>	The American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte.
<b>CA02W</b>	Ruta Centroamericana 02 Occidente.
<b>Contratista</b>	La persona, compañía o empresa o sociedad mercantil que convenga con el contratante el contrato correspondiente a la ejecución de determinada obra.
<b>Deformación</b>	La deformación de un pavimento es cualquier cambio que presente el pavimento con relación a su forma original.
<b>Delegado residente</b>	El representante, debidamente autorizado, en quien se ha delegado la responsabilidad de la Supervisión de la ingeniería sobre la construcción.
<b>Especificaciones</b>	El vocablo general aplicado a todas las normativas, disposiciones y requisitos relativos a la ejecución de la obra.



<b>Especificaciones especiales</b>	Complemento y/o revisión de las especificaciones generales, que abarcan las condiciones peculiares de la obra.
<b>Especificaciones generales</b>	Las especificaciones contenidas en las especificaciones generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la DGC.
<b>FC</b>	Factor Camión
<b>IRI</b>	Índice de Rugosidad Internacional.
<b>Índice de serviciabilidad</b>	En inglés Presente Serviciability Index, AASHTO lo define como un número abstracto que representa la capacidad de un pavimento de servir al tipo de tránsito de diseño, varía desde 5 perfecto, hasta 0 intransitable.
<b>Kilogramo</b>	Unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades, corresponde a la masa del kilogramo prototipo Internacional, conservado en París, Francia.
<b>Libra</b>	Unidad de peso antiguo en ingeniería en los países de habla inglesa,

equivalente a 0.4536 kg.

**MICIVI**

Ministerio de Comunicaciones  
Infraestructura y Vivienda.

**Nivel de servicio**

Medida cualitativa para caracterizar las condiciones de operación bajo una circulación continua de tránsito, según la percepción de pilotos y pasajeros.

**OMS**

Organización Mundial de la Salud.

**Planos**

Todos los planos, o reproducción de ellos, relativos a la construcción de la obra.

**PSI**

*Pound Square Inch*, medida de resistencia en libras por pulgada cuadrada.

**Sección transversal**

La sección vertical del terreno o estructura en ángulo recto respecto a la línea central de la obra.

**Serviciabilidad inicial**

Parámetro del nivel de servicio inicial para un pavimento nuevo con valores de IRI menores de dos.

<b>Serviciabilidad final</b>	Parámetro del nivel de servicio final para un pavimento en uso con valores de IRI mayores de seis.
<b>SIECA</b>	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
<b>TPDA</b>	Tránsito Promedio Diario Anual.
<b>Tránsito</b>	Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras, etc.
<b>Unidad de pago</b>	Unidad de medida establecida para un renglón determinado del contrato, con base a esto hace la medición para proceder al pago del trabajo realizado por el Contratista en ese apartado.
<b>Zafra</b>	Época de cultivo de caña de azúcar.

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este trabajo de graduación es identificar los factores principales que generan problema o conflicto sobre la libre y fluida circulación vehicular, así como también el tiempo perdido por el congestionamiento en la ruta CA02W, que atraviesa la población de Cuyotenango, Suchitepéquez. El enfoque utilizado es descriptivo. Para delimitar esta problemática, se abordó el tema realizando dos conteos de tránsito durante doce horas en tres puntos críticos, para tener mejor el panorama. También se analizó la tipología de este tránsito que circula por la ruta, se calcularon los costos de operación vehicular y sobre ello se hace una propuesta de largo plazo, para darle fluidez al tránsito que circula en esta área. Como resultado, se observa que todo lo anterior genera entre otros problemas, el congestionamiento vehicular, altos costos de operación vehicular, encarecimiento de los productos básicos, incremento en los períodos de viaje.

La investigación permite concluir que es necesaria una propuesta que considere el alto volumen de vehículos de carga lenta provenientes de Tulate y de la frontera, así como de la capital circulando en horas pico, considerando que es un punto altamente agrícola y su ubicación lo hace vital para el comercio nacional e internacional.



## OBJETIVOS

### General:

- Analizar la problemática provocada por el estrangulamiento vial en la población de Cuyotenango entre las estaciones 168+300 y 169+300 de la ruta CA02W, mediante estudios de tránsito y proponer una alternativa de solución de largo plazo que mejore la viabilidad de la ruta.

### Específicos:

- 1 Medir el volumen de tránsito que circula por la ruta CA02W localizada entre las estaciones 168+300 y 169+300, que atraviesa la población de Cuyotenango en ambos sentidos y en la ruta hacia la playa de Tulate, a efecto de identificar los volúmenes de tránsito actuales que circulan por el lugar.
- 2 Medir los tiempos perdidos provocados por la congestión vial en el paso por la población de Cuyotenango, para dimensionar el problema en estudio.
- 3 Calcular los costos de operación vehicular que se pierden, debido a las demoras generadas por el congestionamiento vehicular.
- 4 Plantear una solución viable de largo plazo, para reducir la congestión vehicular.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carretera conocida como corredor pacífico CA02W, brinda conectividad directa entre México y Centroamérica. Por lo anterior, cuando esta vía tiene problemas de circulación o congestión, el comercio nacional e internacional sufre los efectos de este fenómeno.

Debido a varios factores que se enumeran a continuación, la circulación sobre esta ruta en el tramo entre las estaciones 168+300 y 169+300 se torna difícil de recorrer, específicamente entre las 11:00 a 13:00 horas pues se generan colas que detienen excesivamente la circulación vehicular, siendo ésta la hora pico.

Entre las causas que generan tráfico sobre esta ruta, se enumeran en orden de importancia los siguientes: estrangulamiento de la sección típica, cruce mas intersección muy transitada, paradas de buses mal ubicadas, comercio informal que invade el derecho de vía, ingenios que aportan tránsito lento en época de zafra (noviembre-mayo), localización de una plaza pública contigua a la carretera que aglutina pobladores e ineficaz control de parte de la autoridad municipal de tránsito.

Con respecto al estrangulamiento de la sección, los usuarios que vienen de la ciudad capital hacia Tecún Umán frontera, a una velocidad promedio de 60-70 km/h, al iniciar el acceso a la población de Cuyotenango se ven obligados a reducir la velocidad entre 0-10 km/h pues el carril sobre el que circulan se angosta del tal forma que, únicamente se deja libre el ancho que corresponde al del vehículo, es decir, de un ancho normal de 3.60 metros más 1.00 de hombro, se pierde el hombro debido a la cercanía de las vivienda y comercios, lo cual



provoca una necesaria reducción de velocidad, que se convierte en una onda regresiva de velocidad, que afecta a los vehículos que vienen circulando atrás y produce la inevitable cola o embotellamiento.

Otro aspecto que afecta la circulación vehicular es la intersección existente en el área que da acceso al centro del municipio y a la playa del Tulate, pues normalmente se desvían en esta dirección vehículos y buses que detienen por completo el tránsito para realizar el viraje.

Así mismo, otro factor que causa la congestión vehicular consiste en las paradas no planificadas de autobuses urbanos y extraurbanos que funcionan en el área, procedentes de la frontera de Tecun Umán, de ciudad de Guatemala o de la playa de Tulate. Estas generan una reducción en la velocidad de recorrido, puesto que se detienen en donde les conviene, obstaculizando el espacio para circular, sin que la autoridad controle.

Por otro lado, el comercio local informal es también causal de embotellamiento puesto que al reducirse la velocidad de circulación los comerciantes aprovechan para ofrecer sus productos a los pasajeros de camionetas u otros usuarios a costa de los vehículos que vienen circulando atrás.

Así mismo, la ubicación de la plaza pública es muy próxima a la carretera y a que es un punto de aglomeración de personas que se movilizan de un lado al otro de la carretera sin ninguna regulación, lo cual conlleva a bajar la velocidad de circulación vehicular. Además, la Plaza funciona como un punto de concurrencia de vehículos tipo taxi y fleteros.

De esa cuenta, conforme los vehículos van llegando a este punto, su velocidad tiende a 0 km/h mientras atraviesan la población y después de un buen lapso será posible alcanzar nuevamente una velocidad aceptable de circulación o la velocidad de diseño para continuar el viaje hacia los destinos localizados después de Cuyotenango en ambos sentidos.

En cuanto al factor de la época de zafra, (noviembre-mayo) ésta aumenta el tránsito de vehículos de carga de circulación lenta, donde es común observar gran cantidad de remolques cañeros múltiples (T3-S2-R4) que entran y salen de las fincas ubicadas en los alrededores de Cuyotenango, donde funcionan ingenios productores de azúcar, causando atascamientos de vehículos o una brusca interrupción del tránsito al converger a la intersección con la CA02W, que aunque sea de corta duración la maniobra, produce una onda regresiva de disminución de velocidad, la cual reduce ostensiblemente la velocidad de diseño de la carretera.

Por otra parte, la invasión del derecho de vía en el área es una constante, ocasionada por una falta de regulación, por parte de las autoridades competentes. Esto se refleja en el crecimiento descontrolado de comercios informales que se instalan en forma permanente paralelos a la ruta, sin observancia del respeto por esta franja que se conforma, partiendo de la línea central de la carretera, se miden perpendicularmente al eje 12.50 metros a cada lado, por lo que el derecho de vía suma 25.00 metros ocupando la carretera 9.20 metros incluyendo hombros, franja que pertenece al Estado.

Por último, la poca cantidad de elementos de seguridad vial para controlar el tránsito en este tramo genera una disminución en el nivel de servicio de la carretera, lo cual provoca atascamientos.

Estos fenómenos enumerados son causa del excesivo tráfico que circula hacia occidente, la frontera y en sentido opuesto hacia la Capital.

Este paso es primordial para desarrollo del comercio nacional e internacional, por falta de competitividad, encarecimiento de productos, retraso en horario de usuarios en general y genera pérdidas económicas.

Toda esta problemática genera la necesidad de analizar el comportamiento vehicular que pasa por el casco urbano del municipio de Cuyotenango y proponer la solución definitiva al respecto.

El congestionamiento que se genera entre las estaciones 168+300 y 169+300, complica la circulación de toda la ruta, por esa razón si se resuelve este problema se logra agilizar el desplazamiento por toda la costa sur del país.

Este problema de congestión vehicular empezó a generarse en el año 2000 aproximadamente, puesto que no existían demasiados comercios ni vehículos de carga lenta circulando por el lugar, y de ese tiempo para el presente tenemos el problema descrito de la disminución de velocidad para circular.

El fenómeno expuesto anteriormente se limita a la disciplina de la ingeniería vial y dentro de ella, tiene que ver con los problemas de tránsito.

Este trabajo de graduación se justifica, por ser parte de las líneas de la investigación: planificación, operación y mantenimiento; específicamente el de estudios de seguridad vial y propuestas para mejorarla, para estudiantes de la maestría en ingeniería vial; además por ser un aporte que se considera

importante para estudios viales relacionados con este tema y por ser de urgencia el solucionarlo.

Por lo anterior, se formulan las siguientes preguntas, para orientar el desarrollo del presente trabajo.

- ¿Cuál es el volumen de tránsito vehicular que circula por la ruta CA02W, localizada entre las estaciones 168+300 y 169+300, que atraviesa la población de Cuyotenango?
- ¿Cuánto tiempo pierde el tránsito vehicular por la disminución en la capacidad vial provocada en el paso del municipio de Cuyotenango?
- ¿Qué costos de operación implica la congestión vial provocada en el paso por la población de Cuyotenango?
- ¿Qué tipo de soluciones se pueden plantear para solventar la problemática a largo plazo?

El desarrollo del trabajo de investigación proporcionará una idea clara sobre respuestas a estas preguntas, así como criterios importantes para la toma de decisiones.



## **BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE METODOLÓGICO**

El presente trabajo se basa en el método descriptivo, dado que describe los datos involucrados, recopila información precisa para utilizarla en promedios y cálculos, así como conclusiones de estos cálculos, los cuales se basan en un fenómeno real. Esto busca tener un impacto en la vida de las personas que le rodean.

Dado que implica la recolección de datos en campo sobre volúmenes de tránsito, costos de operación vehicular, entre otros y la presentación de los mismos, para dar una idea clara sobre la situación que afecta la población de Cuyotenango.

Con relación a las técnicas de investigación, se hizo una visita preliminar, se tomaron fotografías, se compró fotografía aérea, se consultaron planos, recolección de datos en campo sobre volúmenes de tránsito, se calcularon costos de operación vehicular, se usaron métodos estadísticos y se interpretaron los resultados. Las técnicas de investigación utilizadas fueron llevadas a cabo, a través de la información que existe en la literatura acerca de las técnicas de conteo de tránsito y trabajo estrictamente en el campo.

Se realizaron conteos de tránsito en 3 estaciones definidas para que la información sea representativa y pueda servir para toma de decisiones.

Se procedió a planificar con los aforistas las horas en las cuales se realizarían las mediciones y coordinación de los mismos.

Se tomaron fotografías del proceso de los conteos de tránsito y las estaciones donde fueron ubicados los aforistas, así como de la circulación vehicular por la ruta en estudio.

Se adquirió una fotografía aérea de Cuyotenango específicamente de esta parte de la ruta en el Instituto Geográfico Nacional.

Se utilizaron métodos estadísticos para determinar medidas de tendencia central como promedios, cálculos realizados para el costo de operación vehicular (COV) y análisis de los promedios de los estudios de tránsito, así como alguna proyección.

Se analizaron los resultados obtenidos y se hicieron cuadros comparativos para proponer la mejora de la ruta, puesto que los cálculos demuestran aspectos de suma importancia como los recursos que se desperdician y los altos costos generados por el congestionamiento vehicular.

Se creó una lista de propuestas en las cuales se demuestra cada escenario para el estudio, así como la que está acorde a las necesidades de esta ruta.

Por último, se realizaron los análisis y se procedió a elaborar la propuesta de largo plazo así como las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

## INTRODUCCIÓN

El tránsito vehicular es un fenómeno que se incrementa día a día, y ese crecimiento en muchas ciudades se vuelve desordenado y descontrolado. Uno de los efectos que se genera de este fenómeno, es el congestionamiento vial, siendo una de las causas de preocupación en casi la mayoría de las ciudades del mundo. El tránsito abarca todas las actividades vinculadas con el sistema de transporte terrestre.

Desde el transporte colectivo y comercial, hasta el transporte privado, todos se ven afectados directamente por esta situación, mucho del tiempo perdido que provoca este fenómeno, repercute de manera general en el encarecimiento del costo de vida, razón por la cual cuando se genera un atascamiento vehicular, provoca grandes pérdidas económicas.

Analizar la problemática vial que surge en la carretera que atraviesa la población de Cuyotenango, es de interés para los usuarios de esta vía, que esperan una respuesta técnica que viabilice la circulación vial y permita un flujo ordenado y constante.

Un elemento importante de este estudio considerará el punto crítico de la ruta y la hora pico, lo cual será determinante para este tipo de análisis. Llevarlo a cabo servirá para demostrar la realidad nacional que se vive en este corredor internacional.

Se espera que éste estudio de la pauta sobre los elementos que afectan el congestionamiento al pasar la población de Cuyotenango y mejorar principalmente el paso por esta zona. Con esta descripción y análisis realizado



se estima también reducir los tiempos perdidos por el conflicto vehicular, aumentar la velocidad de circulación, reducir el índice de accidentes por saturación de peatones de la carretera.

Todo esto se visualiza a través de una propuesta de diseño geométrico o cambio de línea que circunvale la población de Cuyotenango, mejore la conectividad con la ruta hacia la playa de Tulate y se interconecte con la ruta principal que está ligada directamente al comercio internacional.

La solución propuesta en el presente trabajo de graduación, consiste en un libramiento que parte de la estación 168+300 a la 169+300, vinculándose a los trabajos que está realizando la Dirección General de Caminos, a fin de crear un anillo periférico de la población y facilite el paso del tránsito pesado hacia la ruta a la playa Tulate, como resultado de los estudios y análisis que se hicieron para realizar la propuesta a largo plazo.

El estudio se desarrolló en siete capítulos. El capítulo 1 presenta la situación actual del municipio en términos económicos, así como actividades que se desarrollan en el mismo y su importancia en ubicación, esto para evidenciar la dinámica económica del departamento.

El capítulo 2 muestra el marco teórico utilizado para algunas fórmulas, procedimientos y criterios para la realización de la propuesta.

El capítulo 3 describe el procedimiento que se llevó a cabo para la ubicación de puntos de conteo, fotografías y desarrollo de los cálculos a realizar en gabinete.

El capítulo 4 presenta los resultados por medio de gráficas de barras y tablas de los volúmenes de tránsito durante la época con y sin zafra, además la tipología de los vehículos circulando por el tramo carretero, así como proyecciones de tránsito nocturno y para 10 años.

El capítulo 5 analiza los costos de operación vehicular, tiempos perdidos y gastos generados en este tramo de la ruta CA02W, provocada por el incremento en tiempo para cruzarlo.

El capítulo 6, presenta las alternativas que hay para el tramo en estudio, a corto, mediano y largo plazo; dentro de la que se detalla la propuesta propia del mismo.

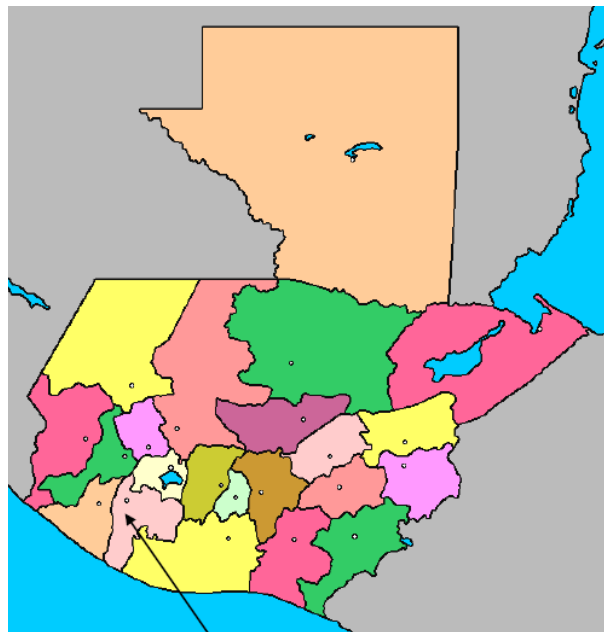
El capítulo 7 finalmente, se centra en realizar una propuesta que pueda ser considerada como una solución vial a largo plazo para el tramo de la ruta CA02W, localizada entre las estaciones 168+300 y 169+300, en la población de Cuyotenango, Suchitepéquez.



# 1. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

En la región VI o región Sur Occidental de Guatemala, se encuentra el departamento de Suchitepéquez, cuya cabecera departamental es Mazatenango. Paz (2008) indicó que “el departamento de Suchitepéquez tiene una extensión estimada de 2,510 km<sup>2</sup>, está a 371.13 metros sobre el nivel del mar y limita al norte con los departamentos de Quetzaltenango, Sololá y Chimaltenango, al este con Escuintla, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el departamento de Retalhuleu”. (p. 25)

Figura 1. **Mapa de Guatemala**



## **Departamento de Suchitepéquez**

Fuente: Cárdenas Méndez, Andrea Elizabeth. Monografía del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez. Guatemala, noviembre de 2011.

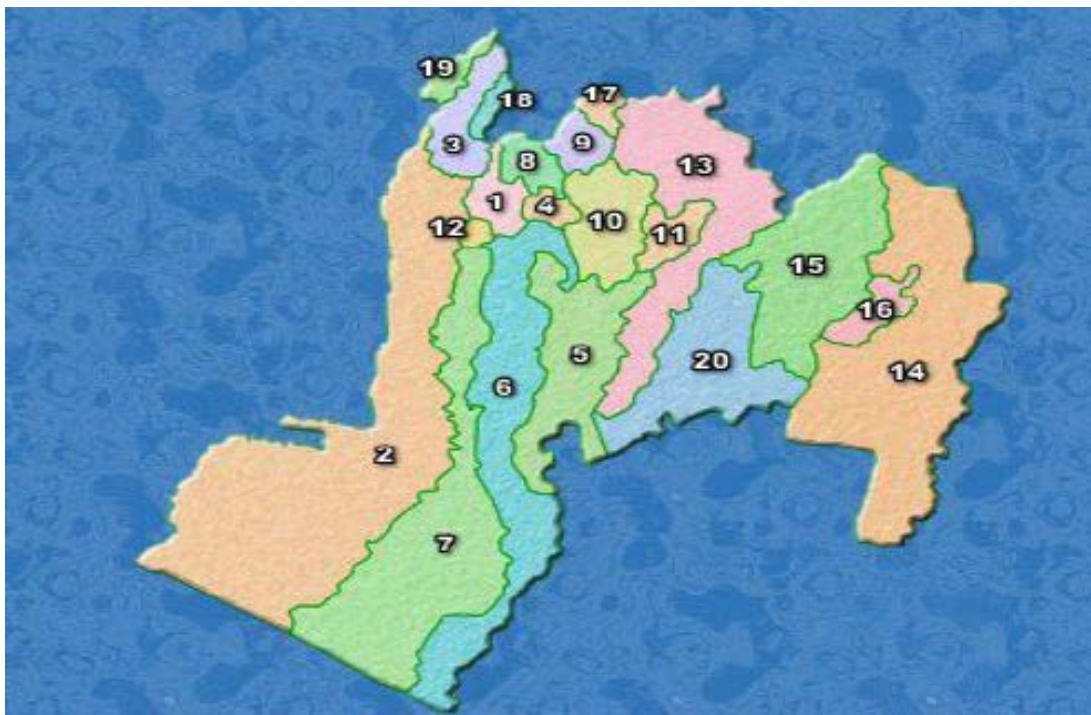
Cárdenas (2011) en su obra describe la ubicación en la latitud 14° 32' 02" y longitud 91° 30' 12" respectivamente. El clima del departamento es cálido en su mayoría, aunque por su topografía hay otros en las partes altas del mismo, el suelo es fértil lo que es excelente para diferentes cultivos.

Respecto a infraestructura vial, Suchitepéquez tiene carreteras asfaltadas, adoquinadas y de terracería que atraviesan el departamento en todos los puntos cardinales.

Para viajar de Mazatenango hacia la Capital de Guatemala se recorre una distancia de 168 kilómetros, a través de la CA02W hasta el departamento de Escuintla. Desde ahí toma la CA09S hacia la ciudad.

Los municipios con que cuenta el departamento de Suchitepéquez son los siguientes: 1. Mazatenango **2. Cuyotenango** 3. San Francisco Zapotitlán 4. San Bernardino 5. San José El Ídolo 6. Santo Domingo Suchitepéquez 7. San Lorenzo 8. Samayac 9. San Pablo Jocopilas 10. San Antonio Suchitepéquez 11. San Miguel Panám 12. San Gabriel 13. Chicacao 14. Patulul 15. Santa Bárbara 16. San Juan Bautista 17. Santo Tomas La Unión 18. Zunilito 19. Pueblo Nuevo 20. Río Bravo.

Figura 2. **Distribución política del Departamento de Suchitepéquez**



Fuente: Cárdenas, Andrea. Monografía del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez. Guatemala, noviembre de 2011.

## 1.1. **Situación geográfica**

### 1.1.1. **Características de la población beneficiada**

La población beneficiada directamente será la del municipio de Cuyotenango, así como la de los municipios aledaños. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, en el año 2012 estableció que el total de la población es de 53,187 habitantes, la cual está dividida en urbana que es 11,797 habitantes que representa un 22.18 % y rural que es 41,390 habitantes que representa un 77.82 %, de los cuales 26,700 son mujeres (50.2 %) y 26,487 son hombres (49.8 %).

Cárdenas (2011) al respecto de la situación geográfica del departamento indica en su obra los siguientes datos generales:

### **1.1.2. Ubicación y localización**

Cuyotenango se localiza en la parte occidental del departamento de Suchitepéquez.

### **1.1.3. Extensión territorial**

Cuyotenango tiene una extensión territorial de 238 kilómetros cuadrados y su jurisdicción comprende la cabecera municipal. La distancia existente hacia la cabecera que es Mazatenango es de 8 kilómetros y una distancia de 168 kilómetros hasta la ciudad capital.

### **1.1.4. Clima**

El clima de Cuyotenango es cálido, se marcan dos estaciones como en el resto del país, invierno y verano; las temperaturas se mantienen en un ambiente tropical.

### **1.1.5. Altura**

Ésta va desde los 6 m en la parte de la playa de Tulate hasta 760 m sobre el nivel del mar en Pueblo Nuevo. La altura que registra la cabecera municipal sobre el nivel del mar son 480 metros de altura.

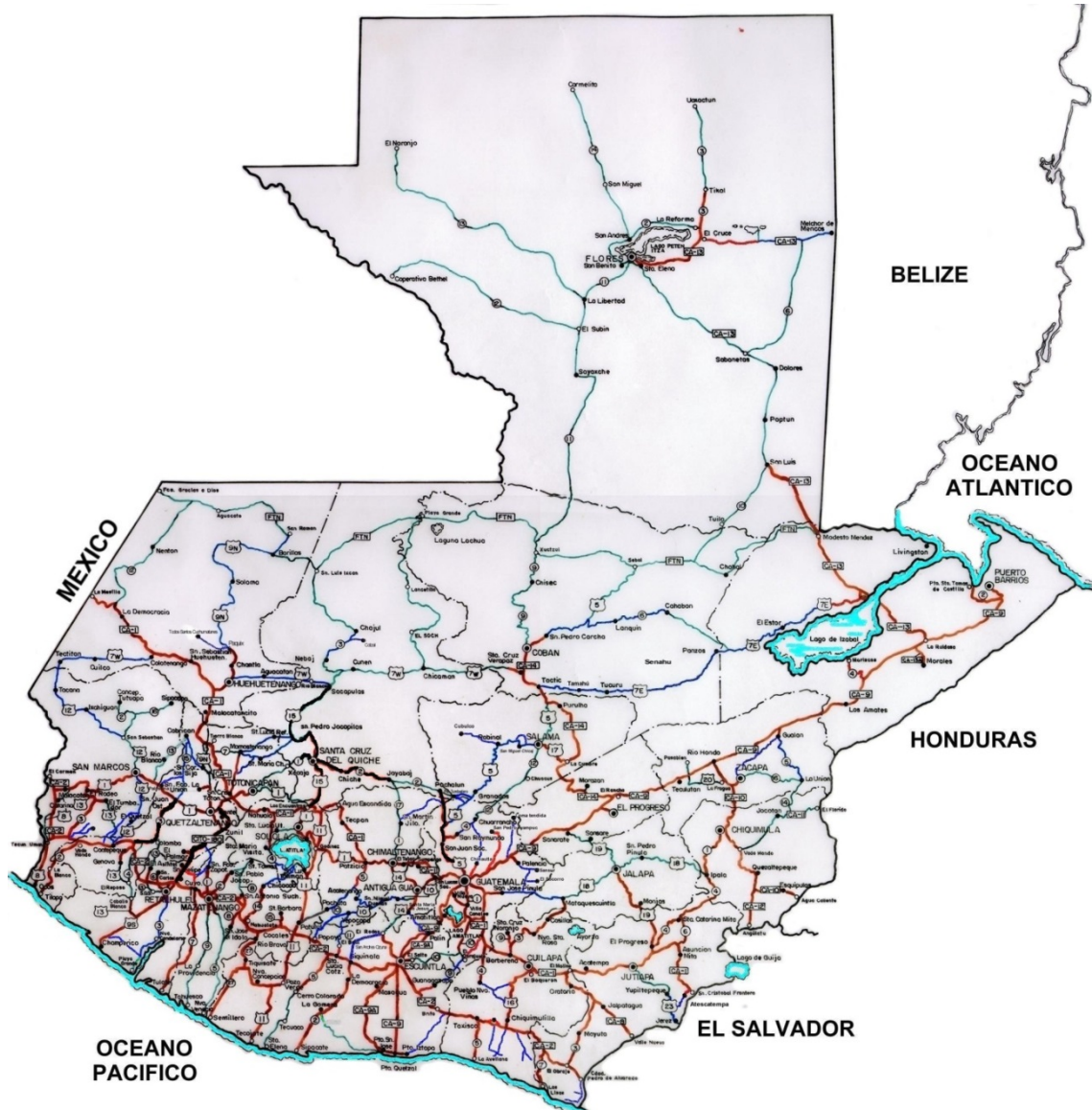
### **1.1.6. Vías de comunicación**

Dentro de las vías de comunicación que la población de Cuyotenango utiliza está la Ruta Centroamericana CA02W, y otras carreteras y caminos alternos que la comunican con sus aldeas, fincas y otros municipios. Cuenta también con la carretera asfaltada que conduce al océano Pacífico, la playa de Tulate.

De acuerdo al informe de la Dirección General de Caminos, realizado en el año 2012, determinó que el municipio cuenta con una red asfaltada de 281 kms y una balastada de 412 kms.

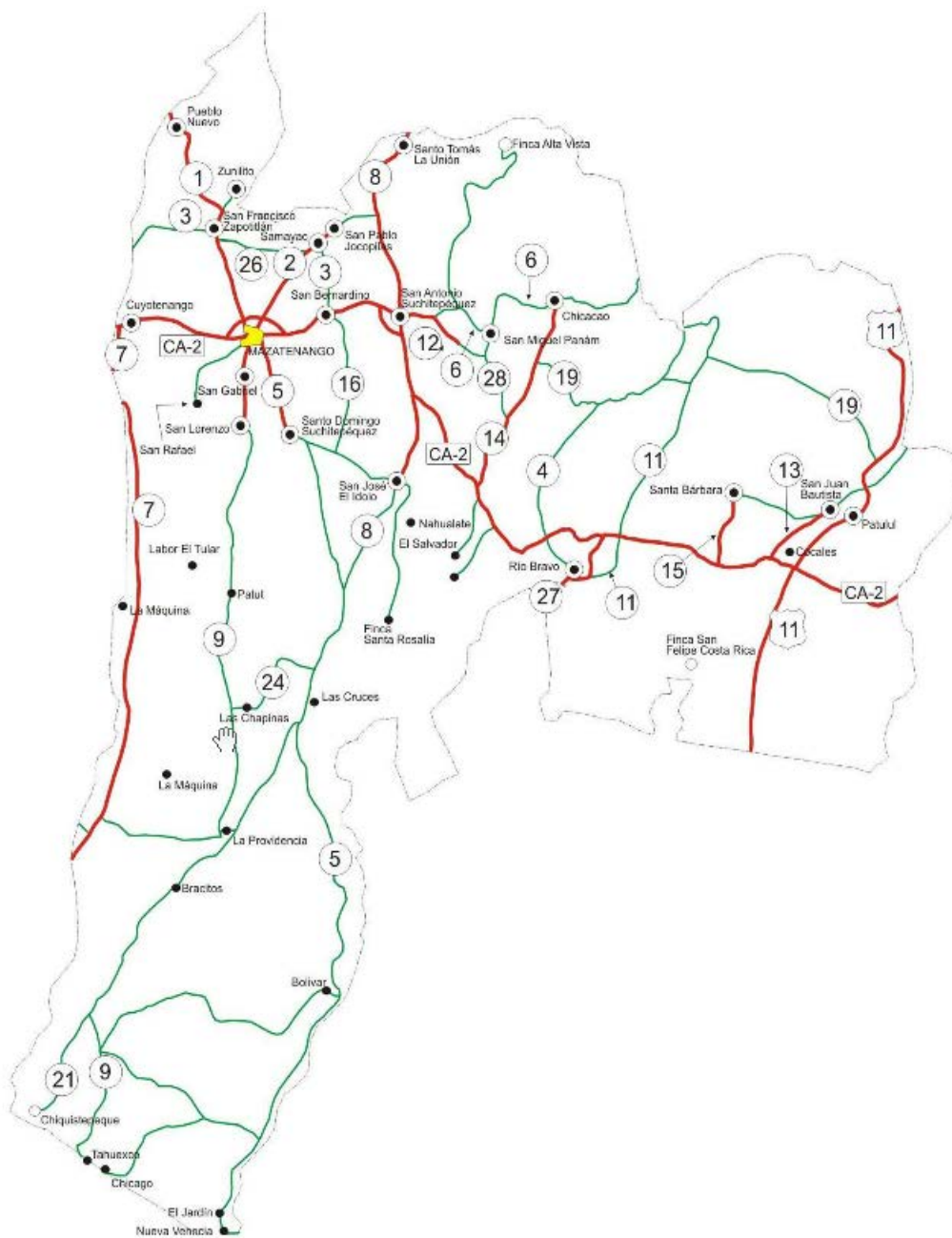


Figura 3. Mapa de distribución red vial de Guatemala



Fuente: Dirección General de Caminos, DGC, 2013.

**Figura 4. Mapa de red vial de Suchitepéquez**



Fuente: Dirección General de Caminos, DGC, 2013.

## **1.2. Recursos naturales**

### **1.2.1. Flora**

Este municipio cuenta con grandes áreas de caña, café, hule y de granos básicos. Esta zona es conocida por su producción de azúcar, licor, hule y cacao en lo que respecta a agricultura, así como al comercio con ganado y peces.

La Asociación de Azucareros de Guatemala, informó en el año 2012 que sobre la ruta hacia Tulate se encuentran una industria azucarera/licorera que se llama Tululá, en promedio este ingenio produce un 6 % de la producción nacional, que lo sitúa en la posición No. 9 de los 12 ingenios que están en funcionamiento en nuestro país.

También está en el área de influencia el ingenio El Pilar, éste produce un 14 % de la producción nacional lo cual lo sitúa en la posición No. 3, lo que muestra que solo en un área pequeña se genera un 20 % de la producción nacional de azúcar la cual se exporta en un 75 % para otros países.

Así mismo, se encuentran industrias huleras llamadas Pica de Hule Natural, Elastómeros Equitativos, Grupo Entre Ríos, El Minar, entre otras, las cuales son plantas procesadoras de látex y hule seco hasta entregar productos finales para exportarlos al extranjero.

Cárdenas (2011) al respecto en su obra describe los siguientes datos generales:

### **1.2.2. Aspecto hidrográfico**

Hidrográficamente, el departamento se encuentra atravesado por varios ríos algunos de ellos importantes tales como: Sís, Iacán, Xulá, Besá, Los

Coches, Negro, Cameyá, Quixcabalá, Nimá, Ixtacapa, Nahualate, Moca, Madre Vieja, etc. La rica hidrografía hace que las tierras bajas sean bastantes fértiles. Esto permite que sea una tierra abundante, donde sus principales actividades están orientadas hacia la agricultura, la ganadería, el fomento lechero, la extracción de hule, caña de azúcar y la pesca.

### **1.3. Topografía**

La topografía del departamento tiene diferentes pendientes, desde la parte alta del norte hasta llegar a la playa de Tulate en el sur. El terreno en la parte Sur y en su mayoría es plano y abarca lo que se conoce a nivel nacional con el nombre de costa grande.

### **1.4. Aspecto económico social**

Con relación a la situación económica social del municipio de Cuyotenango, Cárdenas (2011) describe en su obra los siguientes aspectos:

#### **1.4.1. Actividades productivas de la comunidad**

Depende principalmente de la agricultura. Sus tierras son fértiles y se cultivan en gran escala café, té de limón, caña de azúcar, citronela, maíz, cacao, arroz, plátano, banano, caucho, yuca, cítricos y diversas frutas tropicales, así como un gran porcentaje de la economía depende de la ganadería bovina, crianza de porcinos y aves de corral. Además, industrialmente cuenta con la embotelladora del Pacífico, de gran empuje económico para el municipio, la región y el país; plantas procesadoras de té de limón, cauchos, panela, productos lácteos, helados y pequeñas empresas domésticas.

## **1.4.2. Servicios**

### **1.4.2.1 Salud**

El municipio cuenta con un centro de salud que está ubicado en la cabecera municipal; así como una extensión del IGSS; una estación de Bomberos Municipales, clínicas dentales y clínicas médicas privadas; farmacias sociales y particulares. Adicionalmente un puesto de salud en el Parcelamiento Centro Uno La Máquina.

### **1.4.2.2. Educación**

El sistema educativo del municipio está cubierto por: 46 escuelas oficiales de preprimaria; 49 escuelas oficiales de primaria; 2 institutos oficiales INEB e INED atendiendo el nivel básico y diversificado; 5 institutos por cooperativa; 9 colegios atendiendo preprimaria, primaria, básico y diversificados.

El municipio cuenta con personal capacitado dividido de la siguiente manera: 351 maestros para el nivel primario; 65 maestros para el nivel preprimaria; 124 docentes del nivel básico sector oficial; 93 catedráticos del nivel diversificado.

También cuenta con una Biblioteca Municipal que está abierta en jornada matutina y vespertina de los meses de febrero a noviembre y existen 3 academias privadas de mecanografía.

A 6 km de Cuyotenango hay una extensión de la USAC, UMG y Landívar en Mazatenango, donde tienen variedad de carreras universitarias, las cuales

cubren la demanda estudiantil que se da en Cuyotenango y otros municipios. En el Centro Uno la Máquina esta la extensión de la Universidad Rural de Guatemala.

#### **1.4.2.3. Infraestructura vial**

Todas las calles y avenidas del casco urbano del municipio de Cuyotenango se encuentran pavimentadas y adoquinadas, por ser un paso de turistas hacia las diferentes playas del área. Además, por el municipio de Cuyotenango atraviesa la Ruta Centroamericana CA02W que transita comercio desde Centro América a la frontera de México. Dentro del casco urbano y la carretera que une a Retalhuleu de Mazatenango y Cuyotenango existen varios puentes vehiculares y peatonales.

#### **1.4.2.4. Comunicaciones**

Los servicios de comunicaciones telefónicas son prestados por varias empresas tales como: Telgua-Claro, Telefónica y Tigo. Además del servicio de correos, diversas emisoras de radio AM y FM.

#### **1.4.2.5. Transporte**

Este sistema se encuentra definido por el transporte urbano que sale de Cuyotenango hacia Mazatenango, San Andrés Villaseca y Retalhuleu. Además, hay transporte extraurbano que se dirige específicamente al Parcelamiento San José Centro Uno La Máquina y a Tulate (playa turística), a toda el área rural existe el servicio de transporte por medio de pickups y buses. Existen una

asociación de moto taxistas, quienes transportan a los habitantes de la localidad que requieran de sus servicios hacia los cantones y caseríos.

#### **1.4.2.6. Recreación**

Existen varios centros de recreación dentro los cuales se puede mencionar: Hotel y Restaurante las Flores; Hotel, Piscina y Restaurante Posada del Sol; Piscina y Restaurante Agua Azul; Trapiche Grande (Finca Entre Ríos).

#### **1.4.2.7. Servicios públicos**

El municipio cuenta con los siguientes servicios: agua potable, drenaje sanitario, sistema de alcantarillado, energía eléctrica 110 y 220, mercado, rastro municipal, parque, registro de ciudadanos, gimnasio municipal, estadio municipal, cementerio, bancos, salón municipal.

### **1.5. Descripción de la problemática del municipio**

#### **1.5.1. Problema identificado**

Cuyotenango tiene una crisis vehicular que se genera en la Ruta Centroamericana CA02W, derivado del tránsito y el desorden vehicular que impera sobre la carretera, lo que complica la movilidad no solo hacia el resto del municipio sino además en paso vehicular interdepartamental que utiliza esa vía como la única para circular.

### **1.5.2. Descripción de la necesidad en estudio**

El congestionamiento vehicular es un tema que preocupa a muchos, porque a través de este municipio se encuentra el paso hacia la frontera de México, sirviendo de intercambio comercial con los países centroamericanos, sin embargo, el crecimiento poblacional y la carencia de un plan de desarrollo municipal bien establecido ha provocado que cada año se generen grandes pérdidas económicas por lo reducido de la sección de la carretera y peor aún, con un derecho de vía casi nulo que termina de complicar el panorama de desarrollo vial. Esto se incrementa cuando es época de zafra (noviembre – marzo), puesto que circulan también camiones cañeros para diferentes ingenios de la región.





## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Formato para control de conteo de vehículos**

El formato utilizado es el de la Dirección General de Caminos, División de Planificación y Estudios, Departamento de Ingeniería de Tránsito, el cual clasifica a los vehículos de acuerdo a los ejes y usos, además clasifica el volumen total de vehículos según livianos y pesados para obtener el 100 % de los conteos. Este es utilizado para todos los conteos que se realizan a nivel nacional, puesto que presenta todos los tipos de vehículos con nombre técnico. El conteo del estudio se realizó de acuerdo a la tabla o formato proporcionado por la Dirección General de Caminos.

En éste se indican las horas del conteo, quienes son los responsables de los conteos, fecha, hora de inicio y final del mismo, ubicación específica de las estaciones, así como también dejar anotada la presencia de alguna carga especial.

### **2.2. Conteos de tránsito**

Montoya (2005) define dichos conteos como estudios para lograr conocer los volúmenes de tránsito que circulan en un tramo de alguna carretera, o por algún conjunto de las mismas. Los cuales a su vez constituyen la fuente primordial de información para proyectar y recopilar dichos conteos.

Para realizar los conteos fue necesario tabular la información registrada en campo, para obtener el número de vehículos, por hora y al final del día obtener los datos; además se hicieron conteos de 12 horas pero se realizaron las proyecciones con tasas de crecimiento vehicular obtenidas con los expertos en tránsito. Se colocó una persona por sentido, para tabular de manera más eficiente la información y realizarlo sin mayor complicación.

### **2.3. Tipología de vehículos**

Los tipos de vehículos que circulan en las carreteras reúnen ciertas características, lo cual los hace únicos y así se pueden clasificar para que se determine su peso, uso y verificar que no transiten u operen sin cumplir ciertos parámetros, según lo indica Montoya (2005).















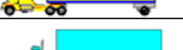






Los requisitos y características establecidas buscan proteger y brindar seguridad a las personas y a los usuarios del transporte en general, así mismo proteger el medio ambiente y resguardar la infraestructura vial.

Es por esa razón que realizar la clasificación tal y como la establece la Dirección General de Caminos facilita la aplicación de restricciones de circulación o de horario según sea el caso, en determinados lugares. Además de permitir agrupar o subdividir la variedad de vehículos que se encuentran en territorio nacional.

Se dividieron los vehículos según su peso y uso en 4 grupos, generalmente los usados para estudios de tránsito, vehículo livianos y de pasajeros (autos, pickups, buses), vehículos pesados comerciales (C2, C3, C4) y vehículos pesados cañeros o comerciales (articulados).

Estos se procedieron a agrupar y así tener todo los vehículos dentro el conteo. Para las gráficas se tomaron en cuenta los cuatro subgrupos para tener la información completa de las tres estaciones de conteo.

Figura 5. Tipología de vehículos

TIPO	DESCRIPCION	ESQUEMA
Auto	Automovil	
Pickup	pickup	
Micro	microbus	
C2	camion de 2 ejes	
C3	camion de 3 ejes	
C4	camion de 4 ejes	
T3S2	tracto camion de 2 ejes con un semiremolque de 2 ejes	
T3S3	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 3 ejes	
Bus	Bus	
T3S3	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 3 ejes	
Bus	Bus	
T2S1	tracto camion de 2 ejes con un semiremolque de 1 eje	
T2S2	tracto camion de 2 ejes con un semiremolque de 2 ejes	
T2S3	tracto camion de 2 ejes con un semiremolque de 3 ejes	
T3S1	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 1 eje	
T3S4	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 4 ejes	
T3S1R2	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 1 eje y un remolque de 2 ejes	
T3S2R4	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 2 ejes y un remolque de 4 ejes	
T3S3R3	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 3 ejes y un remolque de 3 ejes	
T3S2R2	tracto camion de 3 ejes con un semiremolque de 2 ejes y un remolque de 2 ejes	
Trenza	varios tracto camiones remolcados por uno	

Fuente: Formato para estaciones de conteo. Dirección General de Caminos, 2012.

## 2.4. Proyecciones de tránsito

Para determinar las tasas de incremento vehiculares se pueden analizar otras variables, cuando la diferencia del aforo anterior con el último da números negativos o demasiados altos. Ordoñez (2013), presenta alguna de las variables que también son aceptadas en la Ingeniería de tránsito. Dentro de las que cabe mencionar la tasa del crecimiento poblacional, la tasa de crecimiento del producto interno bruto.

Se procedió a calcular el tránsito promedio de los siete días del conteo de 12 horas, sumando el total de vehículos de cada tipo y luego dividiéndolo dentro de siete días.

Luego se aplican las tasas de crecimiento respectivo a cada tipo de vehículo, en esto hay que tomar en cuenta que los vehículos livianos disminuyen de noche, pero aumentan de día, caso contrario con los vehículos de carga lenta y pesados, así se obtuvieron las proyecciones nocturnas, es decir los conteos a 24 horas.

## 2.5. Proyecciones de incremento vehicular

La proyección se calculó con la fórmula siguiente, puesto que los datos que se necesitan se tienen:

### **Proyección del tránsito**

$$PT = TPD * (1 + TC) ^n$$

Donde

PT = Proyección de Tránsito

TPD = Tránsito promedio diario

TC = Tasa de crecimiento

n = Número de años

Fuente: Transporte y economía del tráfico, Castillo, César, 2015.

Ordoñez (2013) describe el TPD como el tránsito que se moviliza durante un día completo (24 horas) en un tramo carretero, a partir de esta información y dependiendo los días de aforo se determina si es semanal, mensual o anual. Para el caso en particular, se proyectó de año en año hasta llegar a los 10 años. Con las respectivas tasas de crecimiento vehicular, se consideró que el tránsito de carga lenta no crecerá demasiado por ya no haber más tierra para la siembra de la caña.

## **2.6. Costos de operación vehicular**

De acuerdo a lo que indica Torres (2002), los costos de operación vehicular impactan en gran manera la economía nacional, debido a que el transporte afecta directamente todas las fases del ciclo productivo de los bienes para consumo humano.

Al reducir los costos de operación vehicular, se reducen los costos de transporte y en consecuencia se mejora el precio del bien para el consumidor final.

Éstos a su vez dependen del estado físico de la superficie de rodadura, así como también del tipo de terreno en que se encuentre el tramo, puesto que los consumos directos tales como combustibles, lubricantes y llantas, así como los indirectos como mantenimiento y depreciación de los vehículos dependen de éstos.

Para el caso en particular se suman los gastos generados por tres tipos de vehículos, y se calculó el recorrido que han realizado en 2 años, considerando precios de combustibles, reparaciones menores y mayores, seguro, impuesto de circulación vehicular y depreciación. Luego la sumatoria de esta cantidad se dividió en la cantidad de kilómetros recorridos, así se obtiene el costo de operación vehicular.

## **2.7. Derecho de vía**

En conformidad con el Acuerdo Gubernativo de Derecho de Vía de fecha 5 de junio de 1942 (Legislación vigente) en el artículo 2 se define como derecho de vía la franja de terreno que pertenece al estado, previo a la negociación de la misma, para construir, ampliar o proteger una carretera o camino que sirva para el transporte de mercancías.

Además se considera un derecho de vía para las diversas clases de carreteras y caminos según su volumen de tránsito e importancia de la misma. Para el caso particular puede llegar a ser de 40 metros máximo y un mínimo de 25 metros.

El cálculo de costo de derecho de vía es variable y tampoco se puede definir con un dato preciso, puesto que a lo largo del tramo carretero existen diferentes construcciones, uso que se le da al suelo, recursos hídricos, topografía del mismo; para este caso se logró definir luego de la información proporcionada por la Dirección General de Caminos que el precio promedio de la tierra en poblaciones es de US\$ 32.63/m<sup>2</sup> y en donde son potreros o uso agrícola es menor y es de US\$ 24.80/m<sup>2</sup> (7.66 tasa del 28/07/2015, Banco de Guatemala).



## **2.8. Control de pesos y dimensiones (cargas especiales)**

Existen normas que rigen el transporte nacional e internacional de cargas tanto en Guatemala como en otros países. Salguero (2011) realizó un análisis de éstas y explica como en el año 1958 se firma el Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carretera, para Guatemala. El cual a su vez es modificado para realizar un Reglamento vigente para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones conocidas como Acuerdo 1084-92, del Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos.

En consecuencia, busca preservar la infraestructura vial, minimizar las inversiones en mantenimiento vial, reducir los gastos generados por las unidades vehiculares, proveer una seguridad aceptable para todos los usuarios de la red vial, así como velar por que se cumplan los requisitos y permisos para la movilización de cargas especiales o indivisibles dentro de las carreteras del país sin provocar daños a las mismas.

## **2.9. Generalidades para la estimación del costo de operación vehicular**

Ávila (2006) en su obra indica algunas consideraciones y factores a tomar en cuenta para el cálculo del costo de operación vehicular. Por ejemplo, para la movilización de las personas por medio de un automotor se necesita de una infraestructura vial, la cual está relacionada directamente con los movimientos de una población, ya que se requiere de la misma para la introducción de servicios básicos, tales como salud, educación y vivienda, así como de comercio como el de esta zona.

La infraestructura vial determina en gran medida el estilo de vida que se tenga en una población, ya que de esta depende el comportamiento económico, social, cultural, religioso y de intercambio tecnológico y comercial entre las diferentes regiones de un país.

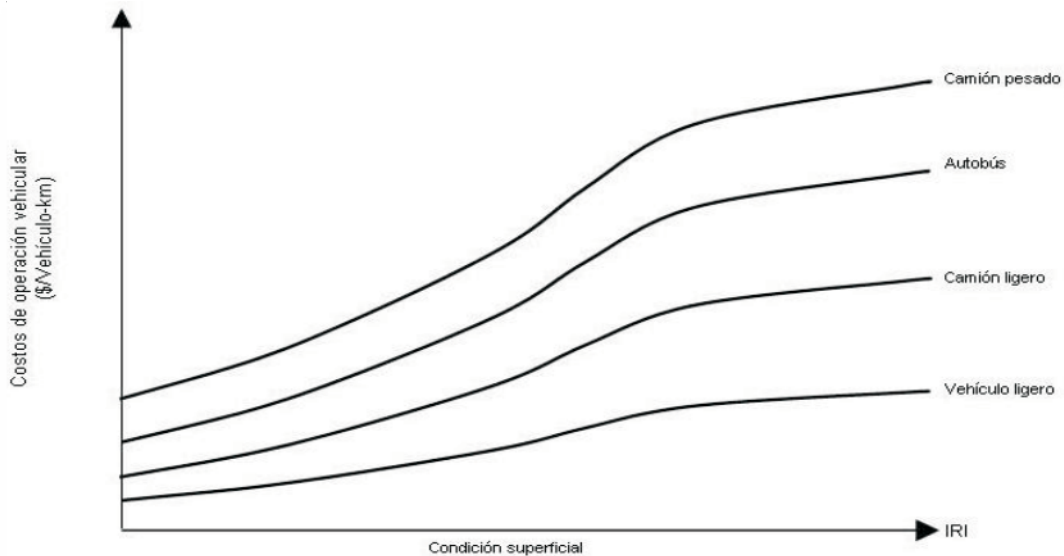
La realización, modernización y mantenimiento de una infraestructura es de vital importancia para un país, ya que si se cuenta con una buena red vial dentro de todo el territorio; esto ayuda a que el crecimiento económico, el desarrollo y la integración de los pueblos sean más fáciles y contribuya a la competitividad de los mismos.

Puesto que existen empresas que al ver que la infraestructura de un país es alta determinan que sus objetivos no tendrán dificultad de alcanzarse, por el contrario, al ser de circulación irregular, mal estado de la ruta, alto índice de peligrosidad se provoca un desinterés o cierta inseguridad en los inversionistas para establecer empresas que generen trabajo.

Los costos de operación vehicular son la sumatoria de todos los factores que inciden en la operación de un vehículo, no solo propio del mismo sino también de los factores externos, tomando en cuenta que será variable de acuerdo al tipo de éste.

Cuanto más grande sea un vehículo y mayor IRI del tramo en circulación tenga se generará un aumento en el costo de operación vehicular.

Figura 6. **Impacto de la condición de la carretera en los costos de operación vehicular.**



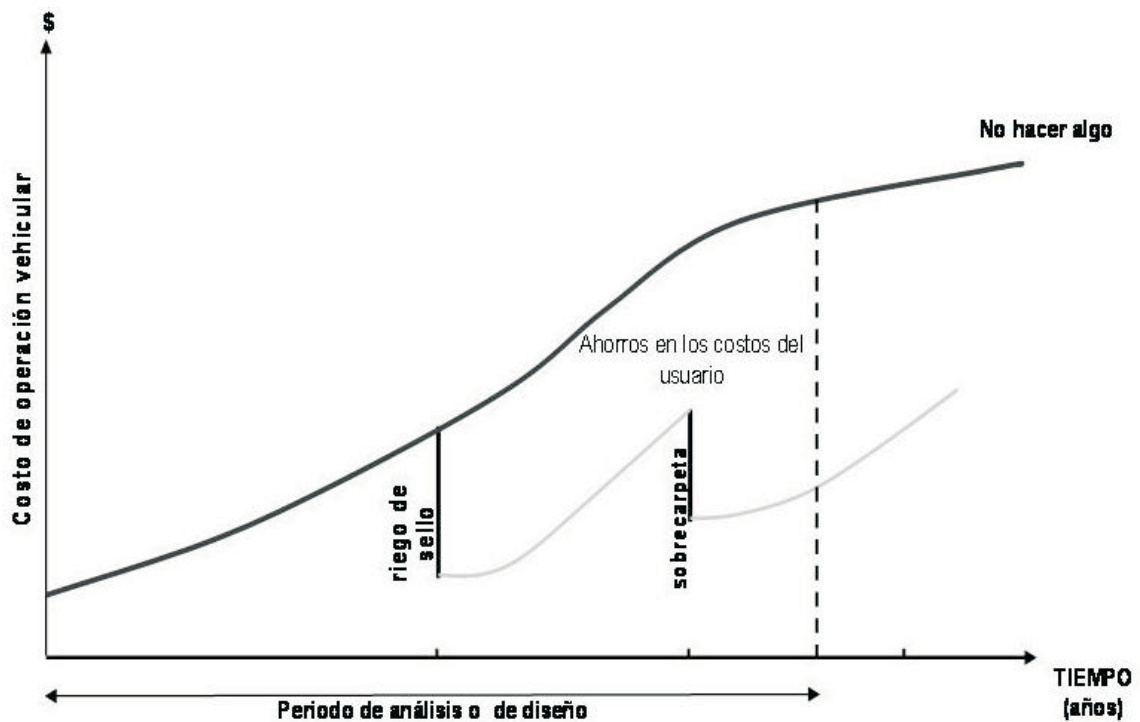
Fuente: cálculo de los costos de operación vehicular en la carretera Cuitzeo – Puruándiro – Zináparo y su impacto en los usuarios. Ávila, Rogelio – Alarcón, Jorge.

Si se tiene un tramo de alguna carretera con buena infraestructura, se provocará una circulación libre y además bajarán los costos de operación vehicular, dado que el estar en condiciones óptimas ayuda a reducir el consumo de combustible, lubricantes, desgaste en las piezas del vehículo por mencionar algunos.

La colocación de túmulos en las carreteras vienen a incrementar también los costos de operación vehicular, puesto que se eleva el consumo de combustible, se desgastan las piezas de los mismos más rápido como el clutch, los amortiguadores, el tren delantero y el tren trasero; esto en las carreteras de Guatemala es muy común.

La gráfica a continuación muestra una relación entre los costos de operación vehicular y el tiempo que sea necesario para hacer mejoras a la red vial. Esta también demuestra que mientras la carretera esté en condiciones óptimas de transitabilidad se disminuirán considerablemente los costos de operación vehicular puesto que se ahorra en términos generales del mantenimiento de los mismos.

Figura 7. **Ahorros en costos de operación en la vida de una carretera**



Fuente: cálculo de los costos de operación vehicular en la carretera Cuitzeo – Puruándiro – Zináparo y su impacto en los usuarios. Ávila, Rogelio – Alarcón, Jorge.

Existen factores externos a los costos de operación vehicular del propio vehículo, entre los cuales podemos mencionar: la geometría de la carretera puesto que de esta depende la velocidad de circulación a la que se desplazará

el vehículo, puesto que si es un terreno montañoso será obligatorio un esfuerzo mayor del vehículo a que si es un terreno llano en el cual se desplaza con menos esfuerzo.

También las curvas horizontales influyen puesto que estas pueden cambiar bruscamente dependiendo del grado de curvatura, puesto que si el vehículo se desplaza a una velocidad de 100 km/hr y se encuentra una curva diseñada a 60 km / hr, deberá frenar para evitar algún tipo de accidente y ello provocará que se tenga que gastar fricciones, hacer trabajar más el motor del vehículo y luego acelerar nuevamente, todo esto por el tipo de diseño que se haya manejado en este tipo de curvas.

Otro factor externo que incrementa el costo de operación vehicular es el IRI (Índice de Rugosidad Internacional), puesto que este es el número que indica que tan mal está una carretera, de los estudios realizados se ha obtenido que un IRI entre 1 y 2 m/km es para una carretera nueva la que no presenta demasiadas deflexiones, baches y obstáculos en el recorrido , por lo tanto, si una carretera que no ha tenido ningún mantenimiento o mejoría su índice será elevado, generando así un incremento en los costos de operación vehicular.

Quiroa (2005) en su obra describe un grupo de gastos que se realizan para mantener en funcionamiento un vehículo, mismos que son tomados en cuenta para el cálculo del costo de operación vehicular, dentro de los cuales se destacan los siguientes:

- **Costos operativos:** son todos los gastos que realizan los propietarios de los vehículos para llevar a cabo un flete, es decir los movimientos que se hacen antes, durante y después de cada operación.

- **Costos de mantenimiento:** son todos los gastos que realizan los propietarios para tener el vehículo en buen estado para así prestar el servicio, dentro de estos se incluyen la compra de partes o repuestos que sean necesario cambiar por el uso.
- **Depreciaciones:** es el número o valor del desgaste del vehículo al final de un período de tiempo, es decir entre más tiempo de antigüedad tenga o más uso o recorrido se le dé mayor será esta, la cual se mide anualmente.
- **Gastos de administración:** son los necesarios para su correcto funcionamiento dentro de lo que su actividad lo requiera. Dentro de ellos podemos mencionar los alquileres, servicios de librería, mobiliario y equipo, pagos de uso telefónico, sueldos, limpieza y equipos de oficina, seguridad, entre otros.
- **Mano de obra:** son los pagos necesarios del personal de la empresa, y así pueda funcionar correctamente de acuerdo a su actividad puesto que ellos están ligados a la empresa directamente en este proceso.
- **Prestaciones laborales:** son los pagos que las empresas deben efectuar a los trabajadores de acuerdo a las leyes nacionales y son aparte del salario. Por ejemplo: bonos, aguinaldo, indemnización, vacaciones, etc.
- **Tarifa de fletes:** para el caso de una empresa que se encarga del traslado de pasajeros es el precio que se paga para obtener dicho servicio, por medio del cual recorrerá cierta distancia ya sea con o sin carga.
- **Impuestos de circulación:** estos pagos están relacionados a las leyes que rijan el país, debido a que será el gobierno central quien dispondrá el

arancel que se deba realizar. Estos impuestos se pagan anualmente por circular en el país y está en función del tipo de vehículo, año y uso que se le dé.

Es importante mencionar que el factor que influye en gran medida el costo de operación de un vehículo es la distancia del recorrido, ya que en función de esta va el consumo de combustible el cual en los últimos años ha tenido variaciones en el país que en la mayoría de casos es de aumento en grandes medidas y en decremento en pequeñas proporciones en comparación con el incremento. En el transporte colectivo o de fletes es importante tomar en cuenta que en cuanto mayor es la distancia a recorrer, mayor será el tiempo perdido, por ejemplo si son viajes a diferentes países el tiempo en atravesar frontera y aduanas es considerable, por lo que implica en más gastos de administración.

Aunado al factor distancia cuando se trata transporte de mercadería se deben considerar riesgos que pueden producirse en el viaje, ya que factores que pueden afectar al costo de operación vehicular son el tipo de mercadería la cual puede ser atractiva para los delincuentes, así como si es producto perecedero, ya que al estar bloqueada una carretera este puede perderse o llegar en un tiempo no aceptable para el que recibe la mercadería, tal y como sucede en esta ruta.

También se debe de tomar en cuenta en transporte de mercadería, el lugar de procedencia, ya que cuando no son originarias del país se tiene que incurrir en gastos y tiempos adicionales para su internación en el país de destino ya que pueden requerir permisos especiales los cuales se deben hacer en la mayoría de veces con agentes aduaneros.

Además el peso del producto que se transporta es importante ya que en función del peso está el consumo de combustible, y se efectúa el desgaste del vehículo y sus componentes, así como el nivel de los riesgos en carretera aumentan con relación al mismo.

### **2.10. Niveles de servicio de las carreteras**

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, 2011) muestra que las autopistas se diseñan con un nivel C, por la capacidad que debe prestar a los usuarios.

Sin embargo, los volúmenes de tránsito, las restricciones vehiculares y las capacidades de las carreteras, hacen estimar que el tramo en estudio, puede llegar a alcanzar el nivel F. Los elementos descritos anteriormente se detallan en el cuadro siguiente:



Tabla I. **Niveles de servicio de las carreteras**

Nivel de Servicio	Descripción
<b>A</b>	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación (90 km/h o más).
<b>B</b>	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito (80 km/h).
<b>C</b>	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad (70 km/h).
<b>D</b>	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. La velocidad se mantiene alrededor de 60 km/h.
<b>E</b>	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. La velocidad cae hasta 40 km/hr.
<b>F</b>	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA.

### **3. ESTUDIO DE DEMANDA VEHICULAR**

#### **3.1. Fase de planificación**

##### **3.1.1. Contacto con autoridades locales y población**

Como punto de inicio de esta investigación, se conversó con las autoridades del municipio de Cuyotenango sobre la problemática que es provocada en la Ruta Centroamericana CA02W que atraviesa dicha población, y se determinó que existen muchos problemas inmersos en el mismo. Haciendo un poco de memoria, se logró identificar cómo esta ruta ha ido en aumento en flujos vehiculares y en los últimos 10 años ha empeorado. Las autoridades manifiestan que esto provoca mucha pérdida de tiempo, repercutiendo en la economía local así como en elementos de contaminación auditiva y ambiental que afectan la salud de los pobladores. De esto se desprende que han vivido con preocupación por los efectos secundarios de esta problemática, dado que no existe a nivel municipal una normativa que regule el uso de la zona adyacente de la carretera, por lo que el desorden que ha proliferado de comercios formales e informales, así como el crecimiento del parque vehicular ha resultado ser un problema social, y más aún, al considerar que el municipio en estudio carece de un derecho de vía que se pueda aprovechar, situación que incide directamente en el costo de adquisición de terrenos o propiedades para proponer soluciones viales que mejoren este paso vehicular.

Se tuvo acercamiento con autoridades de la Policía Nacional Civil de Cuyotenango, para informarles sobre la actividad que se realizaría (proceso de conteo vehicular), y que alguna manera dieran apoyo a las personas que

estarían en los lugares, principalmente en el tema de seguridad. Ellos manifestaban que el análisis de esta situación es de suma importancia, porque en los últimos años se han incrementado el número de accidentes que se producen en el área por razones de espacios reducidos y tener ventas de comida y diferentes comercios sobre la ruta, situación que viene a empeorarse cuando es tiempo de zafra, durante los meses de noviembre a marzo de cada año.

Las personas que viven cerca de los puntos identificados para conteo, se involucraron un poco en esto, puesto que se les comento la razón por la cual estarían durante una semana el personal de campo recabando información. Comentaron que este sería una buena oportunidad para justificar lo que a diario se vive sobre esta ruta. También se les indicó que el objeto de estar haciendo conteos de esta forma, era para tener un dato preciso del volumen de tránsito que tendríamos circulando por el área y poder así justificar la importancia de esta ruta, la cual es vital para el comercio nacional e internacional.

### **3.1.2. Capacitación de personal**

Antes de empezar los conteos de tránsito, se capacitó a varias personas para que supieran identificar los tipos de vehículos y camiones que circulan en el área, para llevar el control de conteo. Esto se llevó a cabo en gabinete y duró 1 día. El objetivo de esta capacitación, fue concientizar a los contadores para que hicieran un trabajo consciente y profesional, a fin de que no se tuvieran problemas durante la ejecución de los mismos. Para esta actividad se contrataron a tres personas que estaría a cargo de los conteos realizados, siendo estos: William Rivera Godínez (PUNTO A), Josué de Jesús López Gómez (PUNTO B) y Josué Eduardo Flores Maldonado (PUNTO C), dichas personas son pobladores de Retalhuleu.

### **3.1.3. Formato para conteo**

Existen diferentes formatos para realizar conteos de tránsito; sin embargo, se elaboró el siguiente tomando como base el utilizado por la Dirección General de Caminos, en el cual se ejemplifica gráficamente el tipo de vehículo por su número de ejes y uso, además de incluir los horarios que cubriría la jornada de conteo.

Primero se estableció la identificación de los vehículos que se incluían en el formato del conteo, diferenciándolos visualmente, ver Marco Teórico:

Luego, se elaboró el formato de control, donde aparecían los vehículos y los horarios en los cuales se realizaría los conteos.

## **3.2. Fase de campo**

### **3.2.1. Conteos de tránsito:**

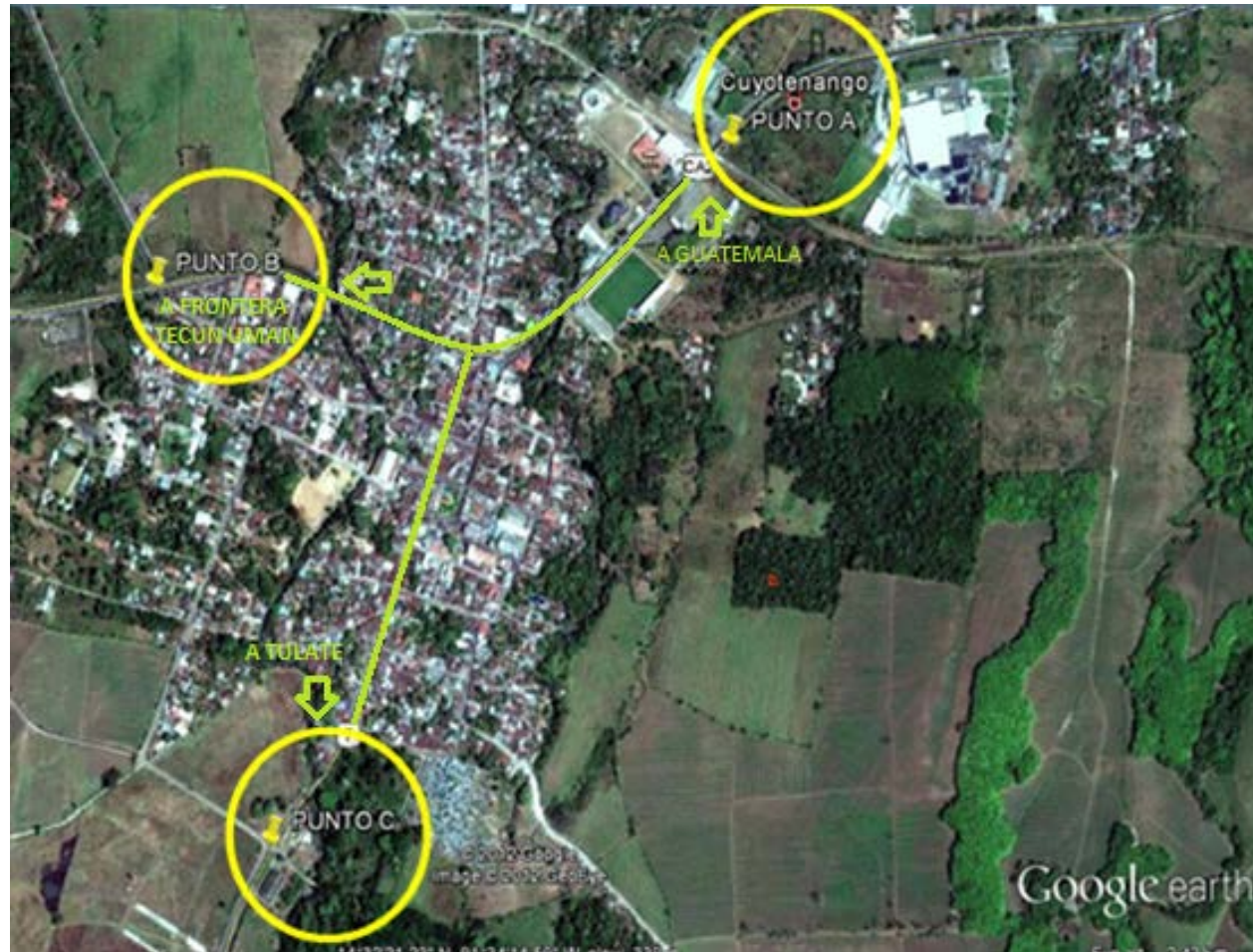
#### **3.2.1.1. Identificación de puntos de conteo**

Se investigó en el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la DGC, dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, en donde tenían identificados los puntos para conteos de tránsito, sobre la carretera CA02W, indicándonos que el punto más cercano se ubicaba en la población de Mazatenango, a más de 15 kilómetros de la población en estudio. Esto significó que habría que establecer puntos específicos para esta actividad, dado que se hace necesario tener más referencias, principalmente agregando la ruta hacia la playa de Tulate. En este sentido quedaron establecidos los siguientes puntos de conteo:

- PUNTO A: Este punto contabilizaba los vehículos que venían de la Capital de Guatemala, atravesando Mazatenango y rutas aledañas, ubicado a la altura de la línea férrea, en el kilómetro 168.
- PUNTO B: Este punto contabilizaba los vehículos que venían de la Frontera de México, Retalhuleu y rutas aledañas, se ubicó específicamente a la salida de San Andrés Villa Seca, en el kilómetro 169.
- PUNTO C: Este punto contabilizaba los vehículos que salían y entraban de la población de Cuyotenango hacia la playa de Tulate, se colocó una sola persona para los 2 sentidos puesto que el tránsito es menos denso que en los otros puntos y estaba por un beneficio de café, en el kilómetro 169 ruta a la playa de Tulate.

En la figura 8, se observan los puntos indicados anteriormente, para una mejor referencia de ubicación.

Figura 8. Ubicación de puntos de conteo.



Fuente: elaboración propia, sobre mapa Google Earth.

### 3.2.1.2. Fotografías de conteo de tránsito vehicular

Estas se tomaron durante los conteos, a diferentes horarios y se trató que fueran representativas. En ellas se muestra las estaciones y también el personal que participó en la actividad.

#### 3.2.1.2.1. Punto de conteo A

Figura 9. Estación de conteo A



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.2.2. Punto de conteo B

Figura 10. Estación de conteo B



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.2.3. Punto de conteo C

Figura 11. Estación de conteo C



Fuente: elaboración propia.



### **3.2.1.3. Conteos de tránsito**

Los conteos se realizaron durante siete días consecutivos, en jornadas de 12 horas, de 06:00 a 18:00 horas.

El primer conteo se realizó durante el mes de noviembre, coincidiendo con el inicio de temporada de zafra, del lunes 31 de octubre al domingo 6 de noviembre de 2011. En este período se contó con dos eventos excepcionales: el primero el feriado del 1 de noviembre y el segundo, la segunda vuelta del proceso electoral de Guatemala el día 6 de noviembre.

El segundo conteo se realizó durante el tiempo de zafra, del 30 de enero al 5 de febrero de 2012.

El establecimiento de las fechas buscó tener un panorama más preciso de como es el comportamiento durante dos épocas distintas que coinciden en tipología del tránsito vehicular, el cual provoca más atascamientos viales por lo largo de los vehículos que son usados para este fin durante el segundo período fiscalizado.

Los conteos de tránsito iniciaron a las 6:00 horas. Los relevos para la hora de almuerzo y descansos los cubría otro trabajador que al igual que los otros tres ya habían recibido capacitación. Cabe mencionar que se decidió hacer el primer conteo en esta fecha, puesto que se podrían evaluar los comportamientos del tránsito en un fin de mes, dado que muchas personas viajan para estar con su familia, las elecciones presidenciales que también movilizan un porcentaje de ciudadanos hacia muchos puntos de este municipio y acercándose el fin de año que es otro factor que incide, porque aumentan las personas que vienen del extranjero también con vehículos para ventas. A cada

hora se cambiaba de renglón, puesto que de no hacerlo así no se podría monitorear el cambio durante la mañana que muchas veces movilizan buses escolares y transporte público y durante el resto del día transporte público y transporte de carga. Los conteos finalizaban a las 18:00 horas.

Los conteos realizados durante el día eran entregados a la oficina para tabular y clasificar la información. De existir alguna duda o discrepancia en las lecturas, esto se podía verificar a la mayor brevedad en campo.

### **3.3. Fase de gabinete**

Para desarrollo de esta fase se llevó a cabo la tabulación de toda la información recopilada, por hora y por día de las tres estaciones de conteo. Se realizaron las tablas con los promedios por día de conteo, con esta información se generó las gráficas de barras, las cuales demuestran que durante el primer conteo el tránsito pesado estuvo con un número bajo, sin embargo cuando es época aumenta considerablemente.

Luego se realizó una división en 4 grupos para clasificar según la tipología de los vehículos, autos, buses, camiones y articulados; con esto se buscó agruparlos todos, finalmente se generó una gráfica que demuestra el aumento de vehículos pesados circulando época de zafra, así también la variación en el flujo cuando es asueto o hay algún evento relevante.

Por último se realizaron las proyecciones para las 24 horas, con los TPDS y tránsito promedio diario, debido a que el conteo fue de 12 horas, con las tasas de crecimiento vehicular respectivamente. Además se realizó una proyección de tránsito para 10 años, con la cual se espera tener un panorama estimado de los volúmenes de vehículos circulando en ese lugar.



## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 3.3.1. Resultados de conteos de tránsito

Las siguientes tablas reflejan el comportamiento del TPDA en estudio realizado sobre la CA02W.

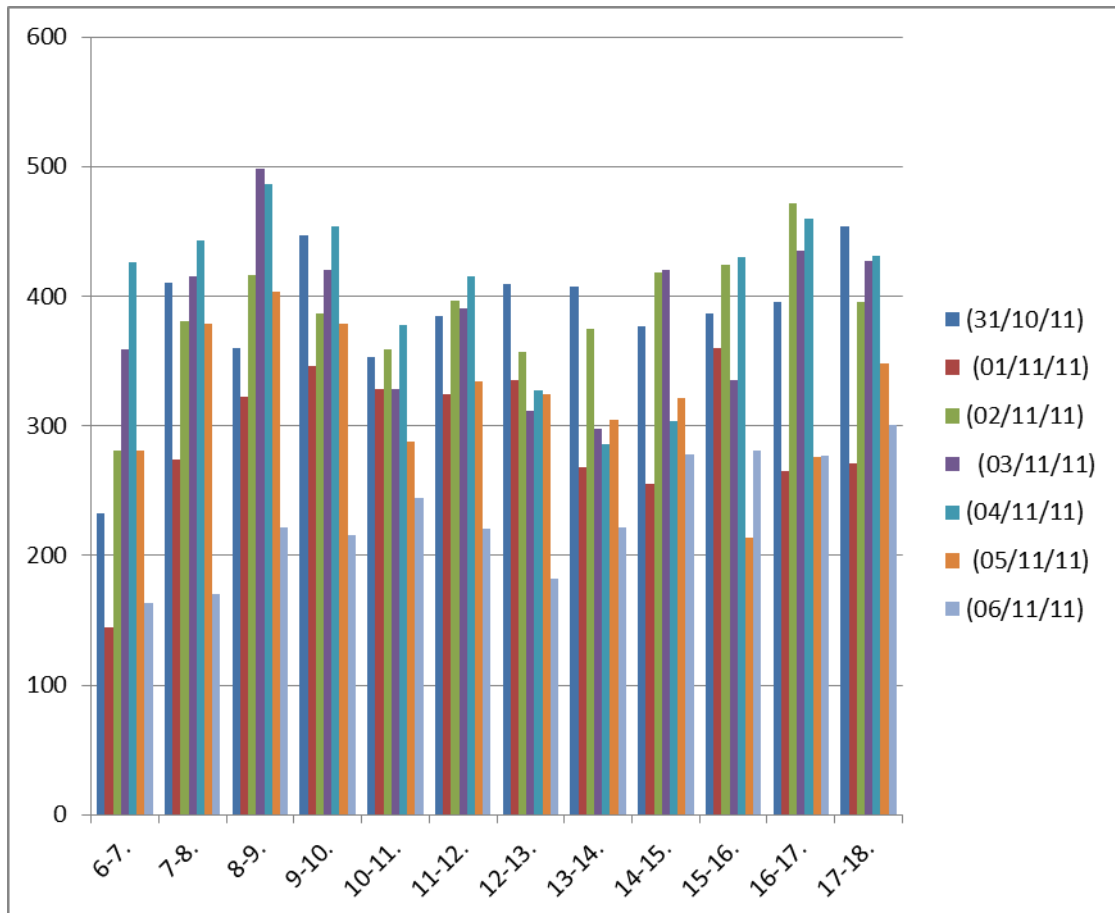
#### 4.1.1. Comportamientos del punto A del primer conteo

Tabla II. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "A"

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "A"</b>							
<b>PRIMER CONTEO 31/10/11 A 06/11/11</b>							
<b>HORA</b>	<b>(31/10/11)</b>	<b>(01/11/11)</b>	<b>(02/11/11)</b>	<b>(03/11/11)</b>	<b>(04/11/11)</b>	<b>(05/11/11)</b>	<b>(06/11/11)</b>
6-7.	233	145	281	359	426	281	163
7-8.	410	274	381	415	443	379	170
8-9.	360	322	416	498	486	403	222
9-10.	447	346	387	420	454	379	216
10-11.	353	328	359	328	378	288	244
11-12.	385	324	397	391	415	334	221
12-13.	409	335	357	312	327	324	182
13-14.	407	268	375	298	286	305	222
14-15.	377	255	418	420	304	321	278
15-16.	387	360	424	335	430	214	281
16-17.	396	265	472	435	460	276	277
17-18.	454	271	396	427	431	348	301
<b>TOTAL</b>	<b>4618</b>	<b>3493</b>	<b>4663</b>	<b>4638</b>	<b>4840</b>	<b>3852</b>	<b>2777</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “A”



Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que el 1 de noviembre fue asueto nacional por eso se ve reflejada una disminución considerable con respecto al resto de los días y también el 06 de noviembre destaca porque fue la segunda vuelta de elecciones generales en Guatemala, razón por la cual se puede observar que estuvo por debajo de la media de otros días.

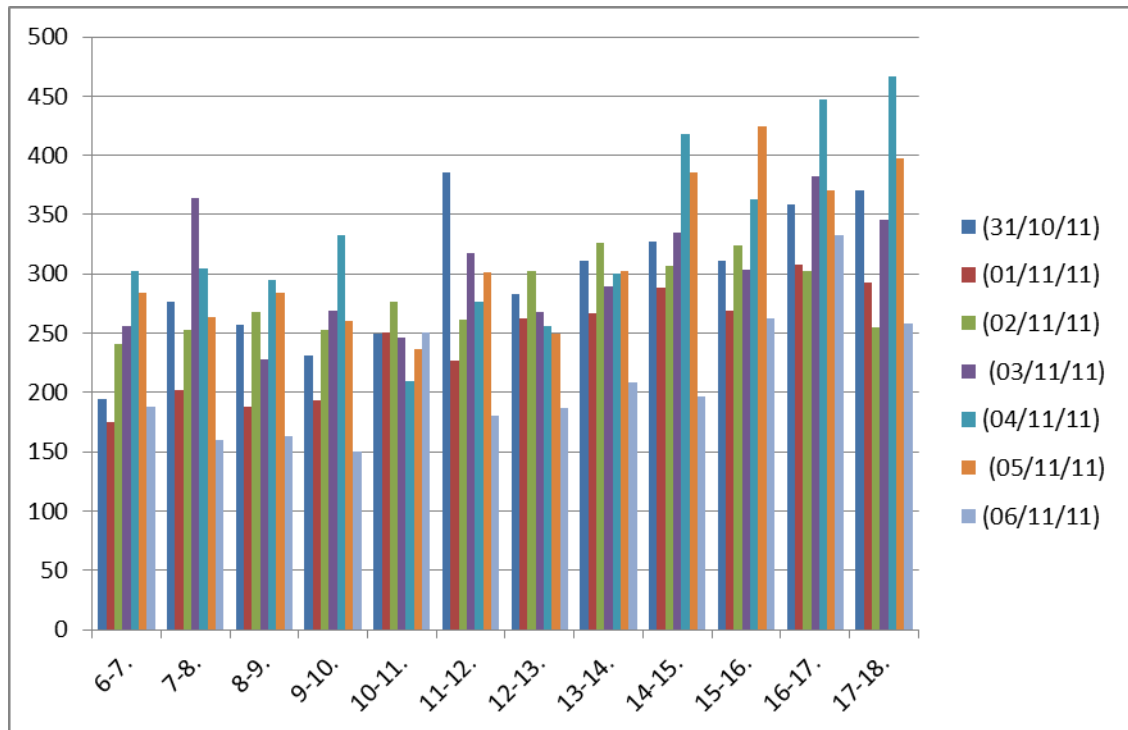
#### 4.1.2. Comportamiento del punto B del primer conteo

Tabla III. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "B"

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "B"</b>							
<b>PRIMER CONTEO 31/10/11 A 06/11/11</b>							
<b>HORA</b>	<b>(31/10/11)</b>	<b>(01/11/11)</b>	<b>(02/11/11)</b>	<b>(03/11/11)</b>	<b>(04/11/11)</b>	<b>(05/11/11)</b>	<b>(06/11/11)</b>
6-7.	194	175	241	256	303	284	188
7-8.	277	202	253	364	305	264	160
8-9.	257	188	268	228	295	284	163
9-10.	231	193	253	269	333	260	150
10-11.	250	251	277	246	210	237	251
11-12.	386	227	261	318	276	301	180
12-13.	283	263	302	268	256	249	187
13-14.	311	267	326	290	300	303	208
14-15.	327	288	307	335	418	386	197
15-16.	311	269	324	304	363	424	263
16-17.	359	308	303	382	447	371	333
17-18.	371	293	255	346	467	398	258
<b>TOTAL</b>	<b>3557</b>	<b>2924</b>	<b>3370</b>	<b>3606</b>	<b>3973</b>	<b>3761</b>	<b>2538</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “B”



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. Comportamiento del punto C del primer conteo

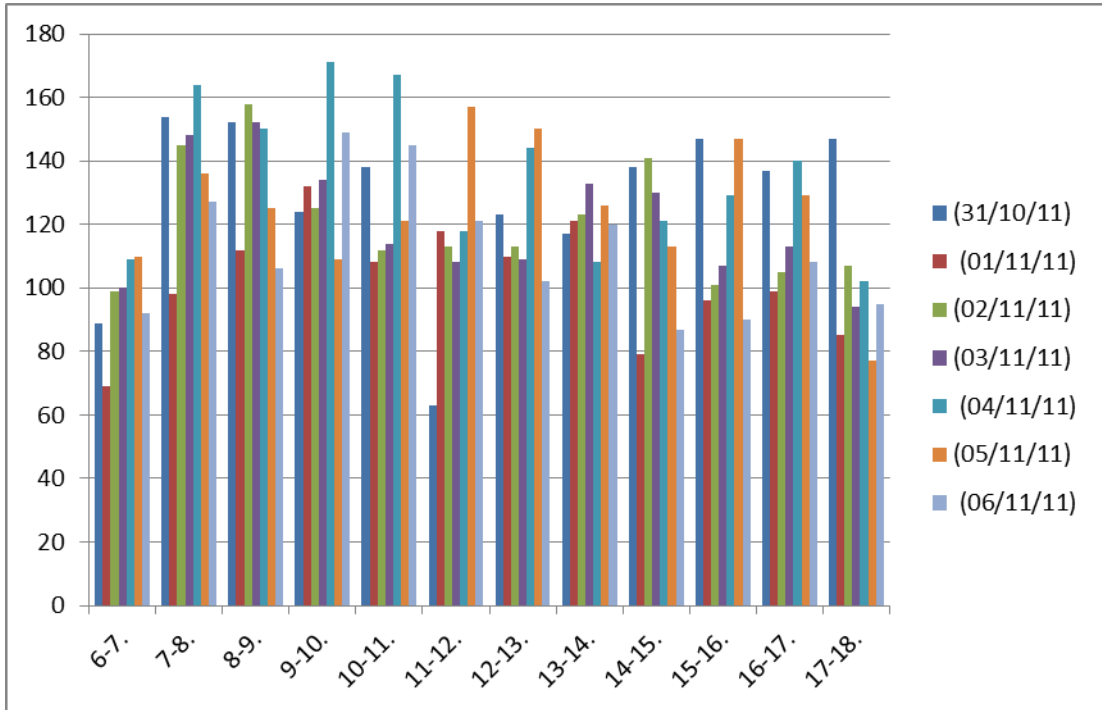
Tabla IV. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "C" sale de Cuyotenango hacia la playa de Tulate.

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "C" SALE DE CUYOTENANGO</b>							
<b>PRIMER CONTEO 31/10/11 A 06/11/11</b>							
<b>HORA</b>	<b>(31/10/11)</b>	<b>(01/11/11)</b>	<b>(02/11/11)</b>	<b>(03/11/11)</b>	<b>(04/11/11)</b>	<b>(05/11/11)</b>	<b>(06/11/11)</b>
6-7.	89	69	99	100	109	110	92
7-8.	154	98	145	148	164	136	127
8-9.	152	112	158	152	150	125	106
9-10.	124	132	125	134	171	109	149
10-11.	138	108	112	114	167	121	145
11-12.	63	118	113	108	118	157	121
12-13.	123	110	113	109	144	150	102
13-14.	117	121	123	133	108	126	120
14-15.	138	79	141	130	121	113	87
15-16.	147	96	101	107	129	147	90
16-17.	137	99	105	113	140	129	108
17-18.	147	85	107	94	102	77	95
<b>TOTAL</b>	<b>1529</b>	<b>1227</b>	<b>1442</b>	<b>1442</b>	<b>1623</b>	<b>1500</b>	<b>1342</b>

Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “C” sale de Cuyotenango hacia la playa de Tulate.



Fuente: elaboración propia.

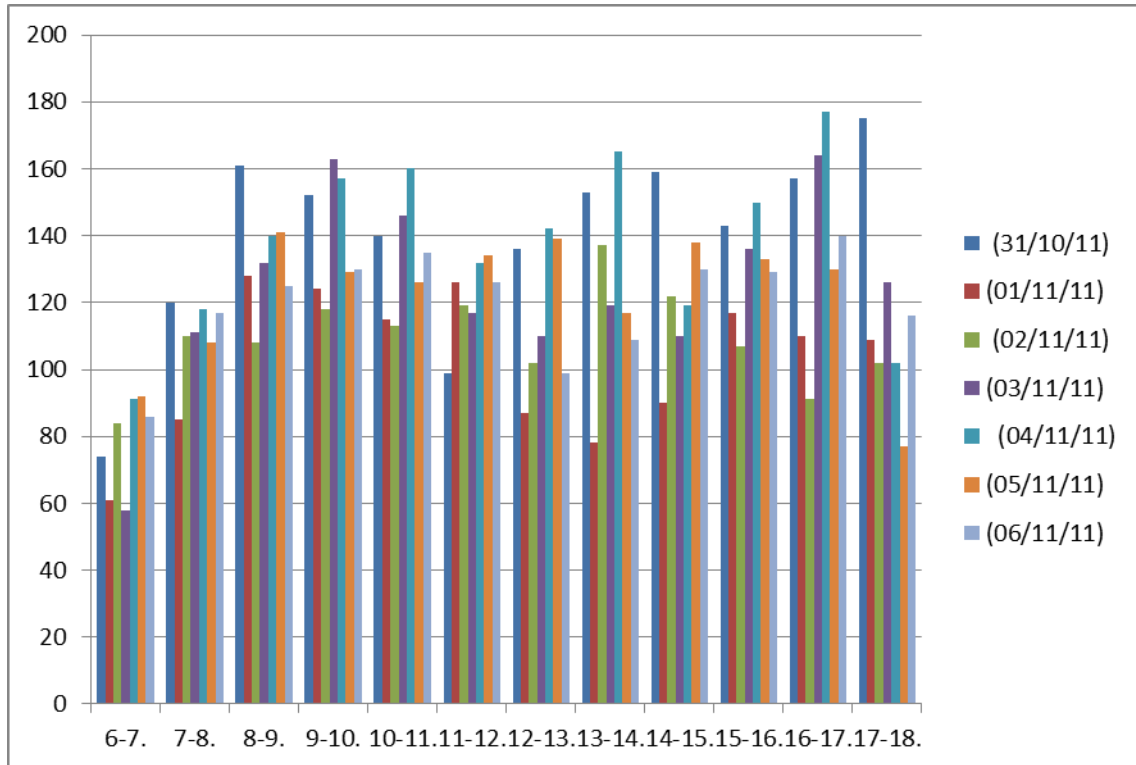
#### 4.1.4. Comportamiento del punto C del primer conteo

Tabla V. **Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “C” entra a Cuyotenango provenientes de la playa de Tulate.**

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "C"</b>							
<b>ENTRA A CUYOTENANGO</b>							
<b>PRIMER CONTEO 31/10/11 A 06/11/11</b>							
<b>HORA</b>	<b>(31/10/11)</b>	<b>(01/11/11)</b>	<b>(02/11/11)</b>	<b>(03/11/11)</b>	<b>(04/11/11)</b>	<b>05/11/11)</b>	<b>(06/11/11)</b>
6-7.	74	61	84	58	91	92	86
7-8.	120	85	110	111	118	108	117
8-9.	161	128	108	132	140	141	125
9-10.	152	124	118	163	157	129	130
10-11.	140	115	113	146	160	126	135
11-12.	99	126	119	117	132	134	126
12-13.	136	87	102	110	142	139	99
13-14.	153	78	137	119	165	117	109
14-15.	159	90	122	110	119	138	130
15-16.	143	117	107	136	150	133	129
16-17.	157	110	91	164	177	130	140
17-18.	175	109	102	126	102	77	116
<b>TOTAL</b>	<b>1669</b>	<b>1230</b>	<b>1313</b>	<b>1492</b>	<b>1653</b>	<b>1464</b>	<b>1442</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 15. Primer conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “C” entra a Cuyotenango provenientes de la playa de Tulate.**



Fuente: elaboración propia.

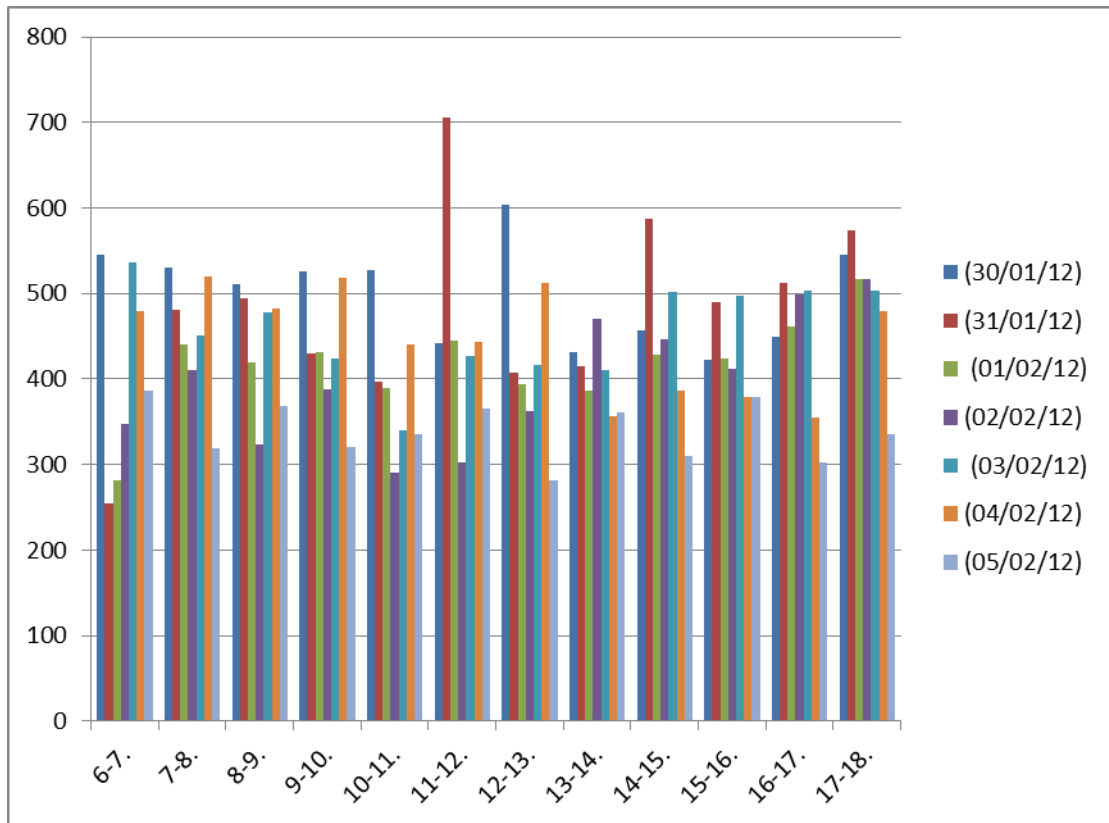
#### 4.1.5. Comportamiento del punto A del segundo conteo

Tabla VI. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "A"

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "A"</b>							
<b>SEGUNDO CONTEO 30/01/12 A 05/02/12</b>							
<b>HORA</b>	<b>(30/01/12)</b>	<b>(31/01/12)</b>	<b>(01/02/12)</b>	<b>(02/02/12)</b>	<b>(03/02/12)</b>	<b>(04/02/12)</b>	<b>(05/02/12)</b>
6-7.	545	254	282	347	536	479	386
7-8.	530	481	441	410	451	520	319
8-9.	511	494	419	324	478	483	368
9-10.	526	430	431	388	424	518	321
10-11.	528	397	389	290	340	440	335
11-12.	442	705	445	302	427	444	365
12-13.	604	408	394	363	416	512	282
13-14.	431	415	387	471	411	356	361
14-15.	457	587	428	447	502	386	310
15-16.	422	490	424	412	497	379	379
16-17.	450	512	461	499	504	355	303
17-18.	546	574	517	517	504	480	336
<b>TOTAL</b>	<b>5992</b>	<b>5747</b>	<b>5018</b>	<b>4770</b>	<b>5490</b>	<b>5352</b>	<b>4065</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "A"



Fuente: elaboración propia.

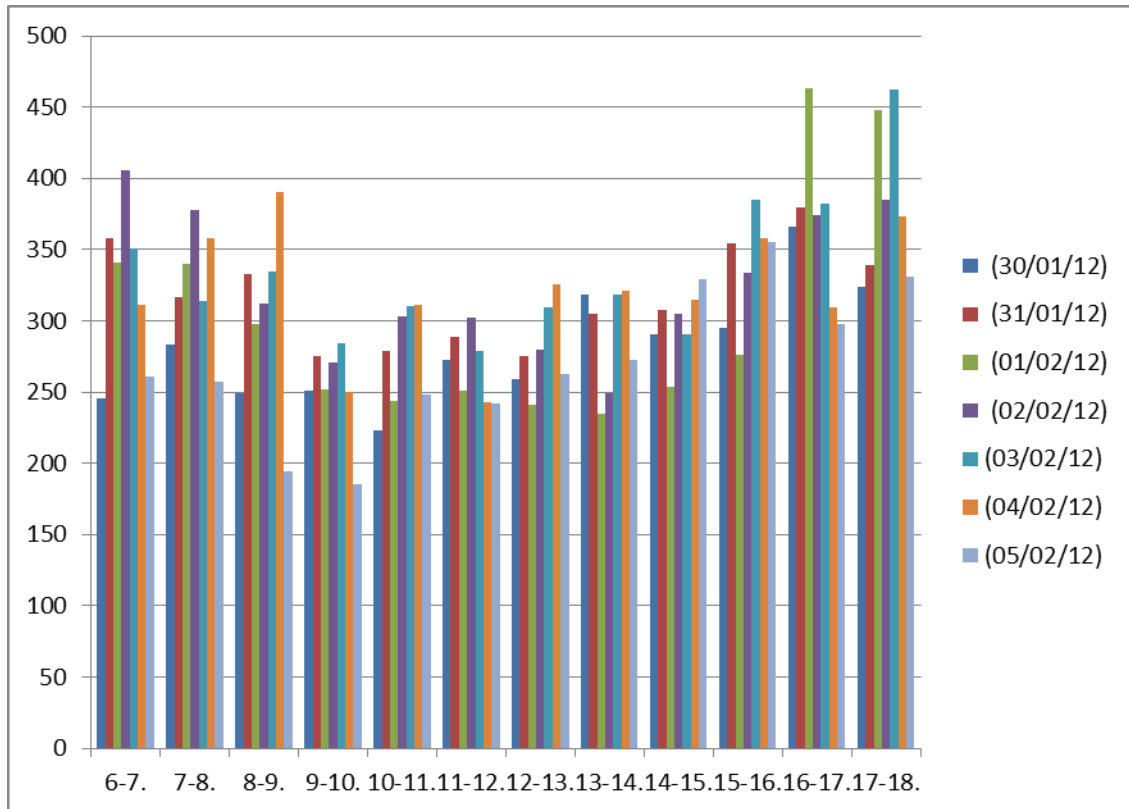
#### 4.1.6. Comportamiento del punto B del segundo conteo

Tabla VII. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "B"

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "B"</b>							
<b>SEGUNDO CONTEO 30/01/12 A 05/02/12</b>							
<b>HORA</b>	<b>(30/01/12)</b>	<b>(31/01/12)</b>	<b>(01/02/12)</b>	<b>(02/02/12)</b>	<b>(03/02/12)</b>	<b>(04/02/12)</b>	<b>(05/02/12)</b>
6-7.	246	358	341	406	351	311	261
7-8.	283	317	340	378	314	358	257
8-9.	249	333	298	312	335	390	194
9-10.	251	275	252	271	284	250	185
10-11.	223	279	244	303	310	311	248
11-12.	273	289	251	302	279	243	242
12-13.	259	275	241	280	309	326	263
13-14.	318	305	235	249	318	321	273
14-15.	291	308	254	305	291	315	329
15-16.	295	354	276	334	385	358	355
16-17.	366	380	463	374	382	309	298
17-18.	324	339	448	385	462	373	331
<b>TOTAL</b>	<b>3378</b>	<b>3812</b>	<b>3643</b>	<b>3899</b>	<b>4020</b>	<b>3865</b>	<b>3236</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “B”



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.7. Comportamiento del punto C del segundo conteo

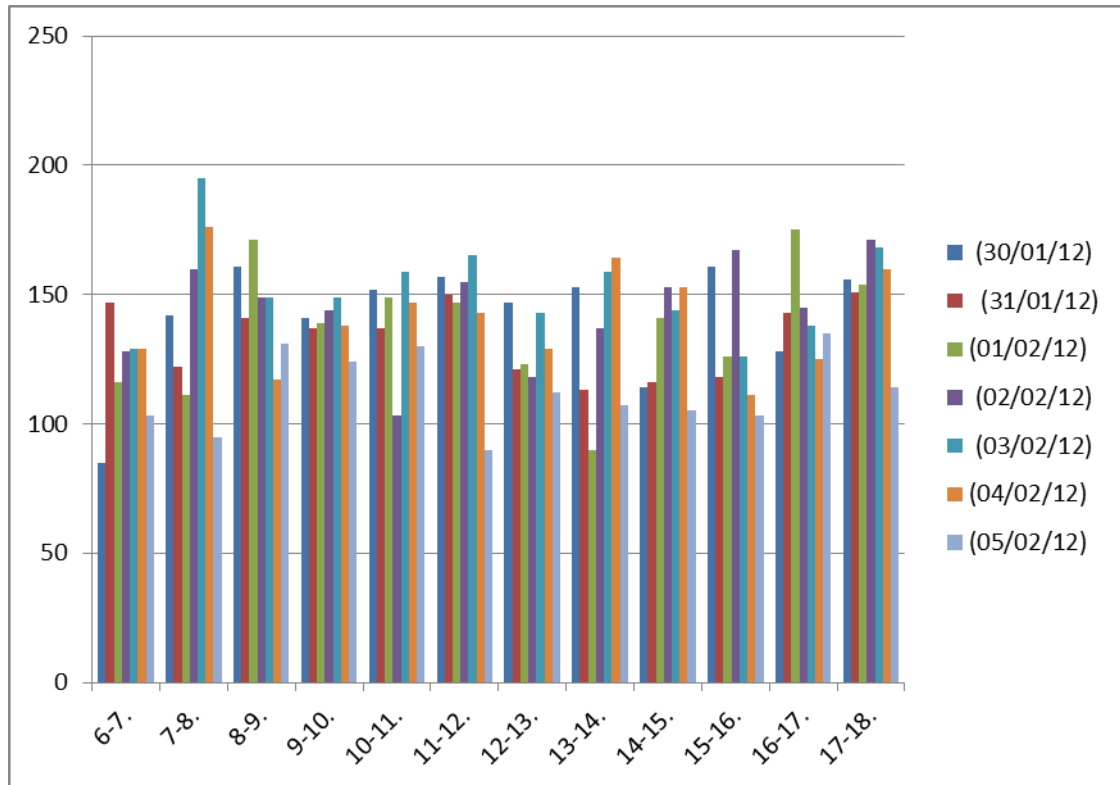
Tabla VIII. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "C" sale de Cuyotenango hacia la playa de Tulate.

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "C" SALE DE CUYOTENANGO</b>							
<b>SEGUNDO CONTEO 30/01/12 A 05/02/12</b>							
<b>HORA</b>	<b>(30/01/12)</b>	<b>(31/01/12)</b>	<b>(01/02/12)</b>	<b>(02/02/12)</b>	<b>(03/02/12)</b>	<b>(04/02/12)</b>	<b>(05/02/12)</b>
6-7.	85	147	116	128	129	129	103
7-8.	142	122	111	160	195	176	95
8-9.	161	141	171	149	149	117	131
9-10.	141	137	139	144	149	138	124
10-11.	152	137	149	103	159	147	130
11-12.	157	150	147	155	165	143	90
12-13.	147	121	123	118	143	129	112
13-14.	153	113	90	137	159	164	107
14-15.	114	116	141	153	144	153	105
15-16.	161	118	126	167	126	111	103
16-17.	128	143	175	145	138	125	135
17-18.	156	151	154	171	168	160	114
<b>TOTAL</b>	<b>1697</b>	<b>1596</b>	<b>1642</b>	<b>1730</b>	<b>1824</b>	<b>1692</b>	<b>1349</b>

Fuente: elaboración propia.



Figura 18. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “C” sale de Cuyotenango hacia la playa de Tulate.



Fuente: elaboración propia.

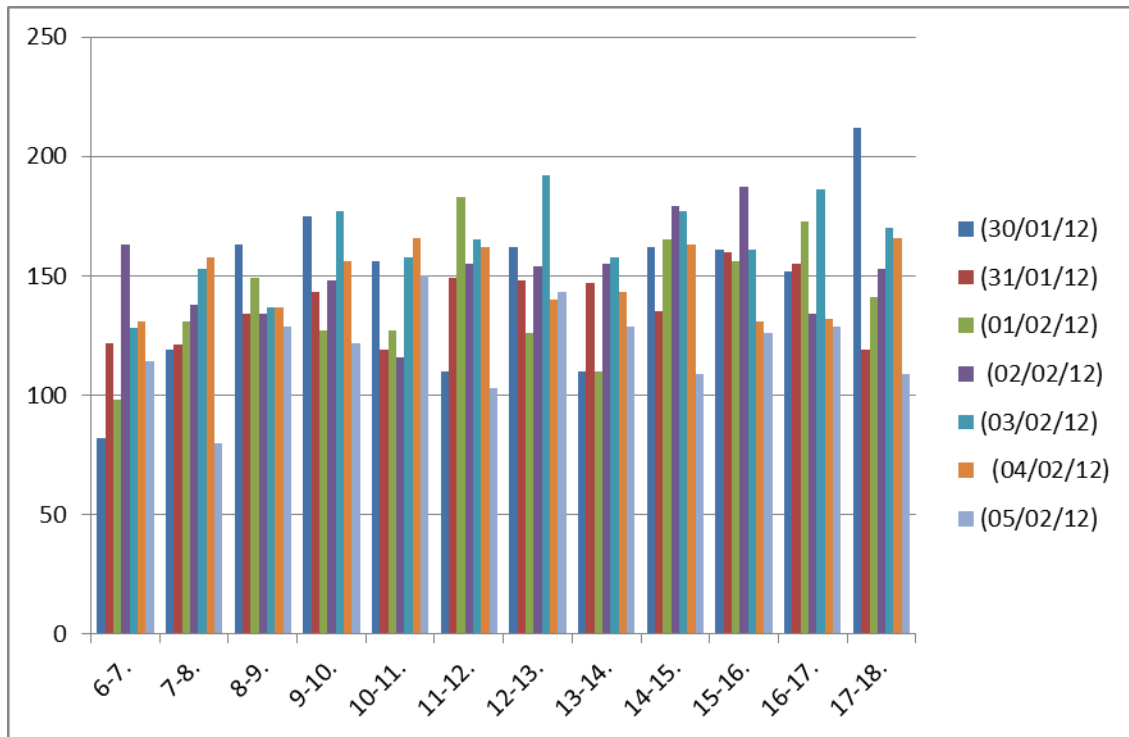
#### 4.1.8. Comportamiento del punto C del segundo conteo

Tabla IX. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo "C" entra a Cuyotenango provenientes de la playa de Tulate.

<b>CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA ESTACIÓN DE CONTEO "C"</b>							
<b>ENTRA A CUYOTENANGO</b>							
<b>SEGUNDO CONTEO 30/01/12 A 05/02/12</b>							
<b>HORA</b>	<b>(30/01/12)</b>	<b>(31/01/12)</b>	<b>(01/02/12)</b>	<b>(02/02/12)</b>	<b>(03/02/12)</b>	<b>(04/02/12)</b>	<b>(05/02/12)</b>
6-7.	82	122	98	163	128	131	114
7-8.	119	121	131	138	153	158	80
8-9.	163	134	149	134	137	137	129
9-10.	175	143	127	148	177	156	122
10-11.	156	119	127	116	158	166	150
11-12.	110	149	183	155	165	162	103
12-13.	162	148	126	154	192	140	143
13-14.	110	147	110	155	158	143	129
14-15.	162	135	165	179	177	163	109
15-16.	161	160	156	187	161	131	126
16-17.	152	155	173	134	186	132	129
17-18.	212	119	141	153	170	166	109
<b>TOTAL</b>	<b>1764</b>	<b>1652</b>	<b>1686</b>	<b>1816</b>	<b>1962</b>	<b>1785</b>	<b>1443</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 19. Segundo conteo. Cantidad de vehículos por hora estación de conteo “C” entra a Cuyotenango provenientes de la playa de Tulate.**



Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Tipología de vehículos

Se hizo una clasificación por tipología de vehículos, esta se dividió en 4 grupos: autos, buses, camiones y articulados.

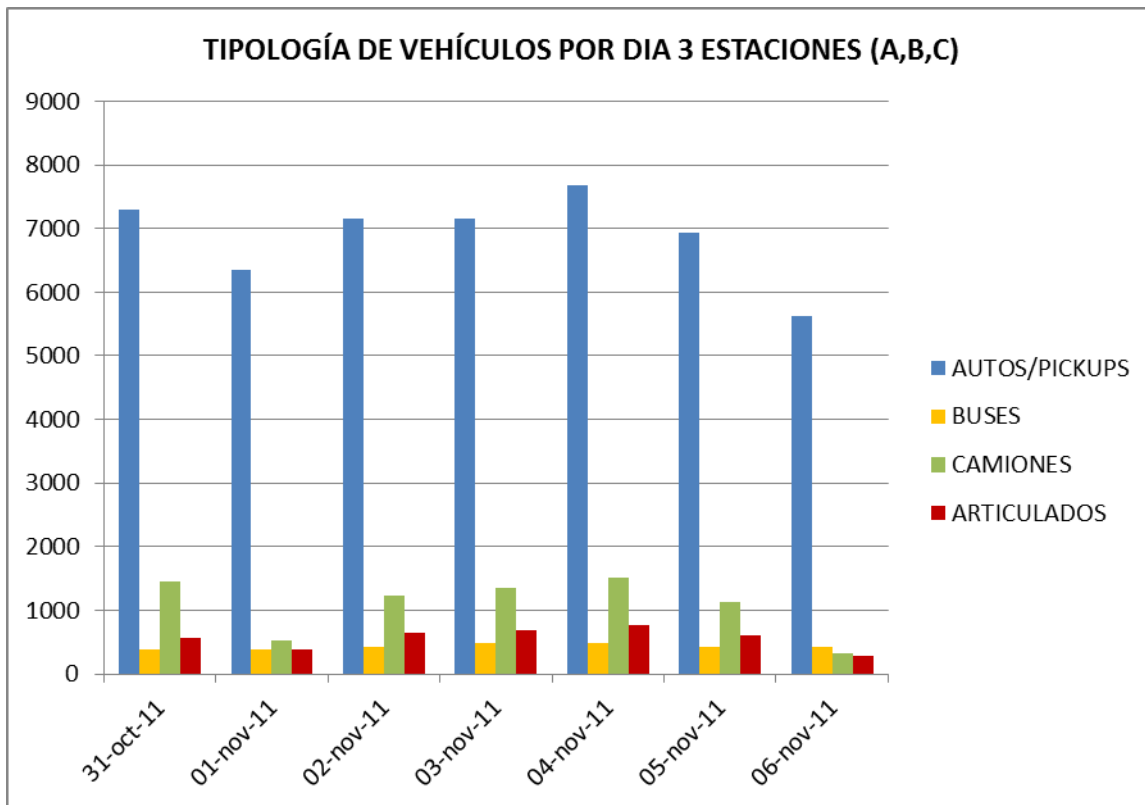
Por otro lado, se puede notar en la siguiente tabla la disminución de circulación de vehículos en el día de asueto y las elecciones generales del primer conteo; sin embargo, el incremento en la circulación de transporte pesado durante el segundo conteo que es época de zafra.

Tabla X. **Primer conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.**

<b>FECHA</b>	<b>AUTOS/PICKUPS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>	<b>ARTICULADOS</b>
31-oct-11	7288	393	1463	560
01-nov-11	6358	386	518	382
02-nov-11	7164	424	1231	656
03-nov-11	7158	496	1351	681
04-nov-11	7673	486	1507	770
05-nov-11	6939	422	1142	610
06-nov-11	5633	420	321	283
	<b>48213</b>	<b>3027</b>	<b>7533</b>	<b>3942</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Primer conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.



Fuente: elaboración propia.

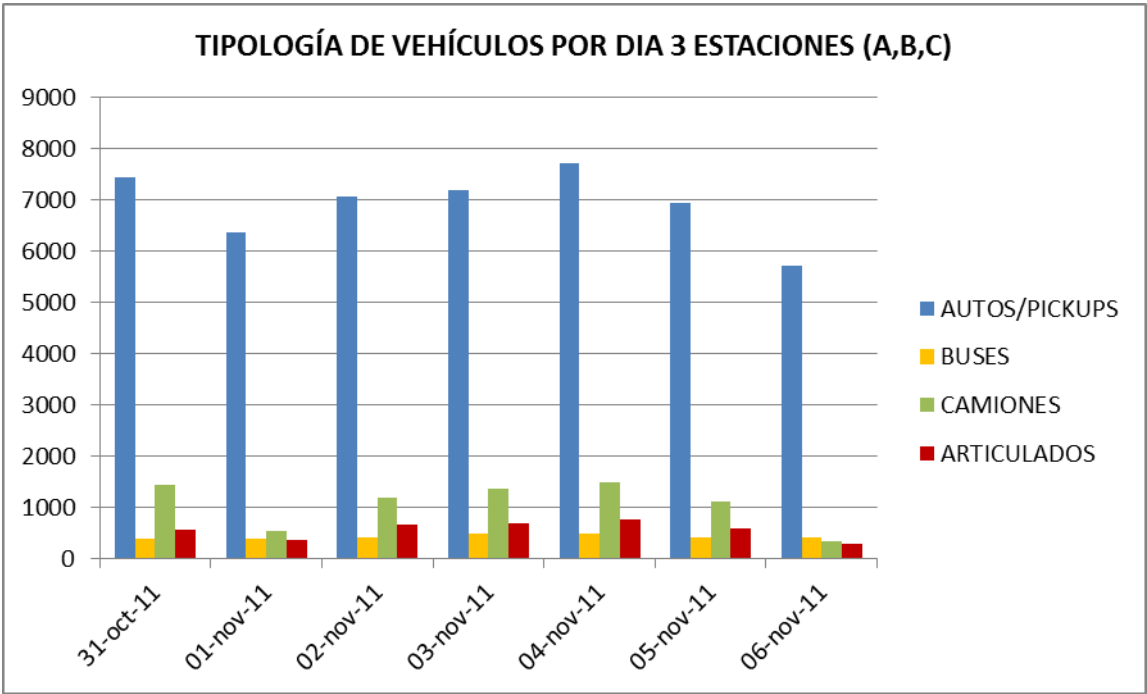
Las fechas que están marcadas en azul representan la disminución de circulación de vehículos debido al asueto nacional y la segunda vuelta de elecciones generales.

Tabla XI. **Primer conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, entrando a Cuyotenango de Tulate.**

<b>FECHA</b>	<b>AUTOS/PICKUPS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>	<b>ARTICULADOS</b>
31-oct-11	7440	397	1440	567
01-nov-11	6355	383	532	377
02-nov-11	7070	425	1197	654
03-nov-11	7195	498	1354	689
04-nov-11	7717	485	1492	772
05-nov-11	6933	416	1127	601
06-nov-11	5711	426	340	280
	<b>48421</b>	<b>3030</b>	<b>7482</b>	<b>3940</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Primer conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, entrando a Cuyotenango de Tulate.



Fuente: elaboración propia.

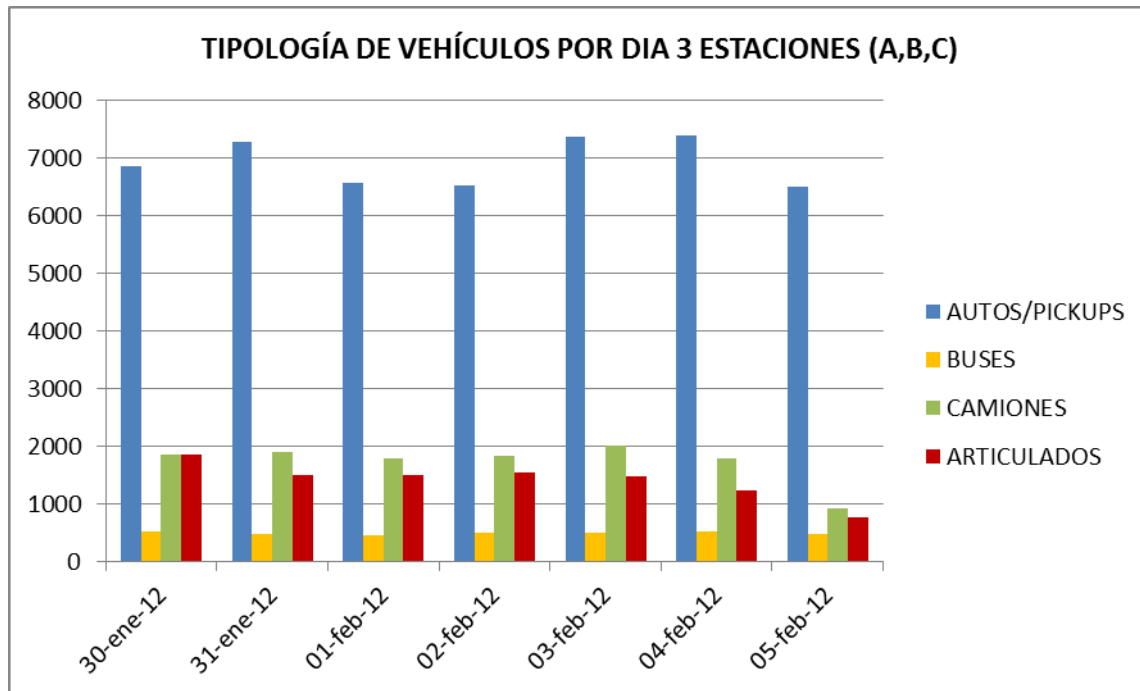
Tabla XII. **Segundo conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.**

<b>FECHA</b>	<b>AUTOS/PICKUPS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>	<b>ARTICULADOS</b>
30-ene-12	6862	513	1843	1849
31-ene-12	7273	471	1905	1506
01-feb-12	6570	462	1777	1494
02-feb-12	6525	487	1834	1553
03-feb-12	7358	494	2005	1477
04-feb-12	7379	514	1777	1239
05-feb-12	6494	479	918	759
	<b>48461</b>	<b>3420</b>	<b>12059</b>	<b>9877</b>

Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Segundo conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.



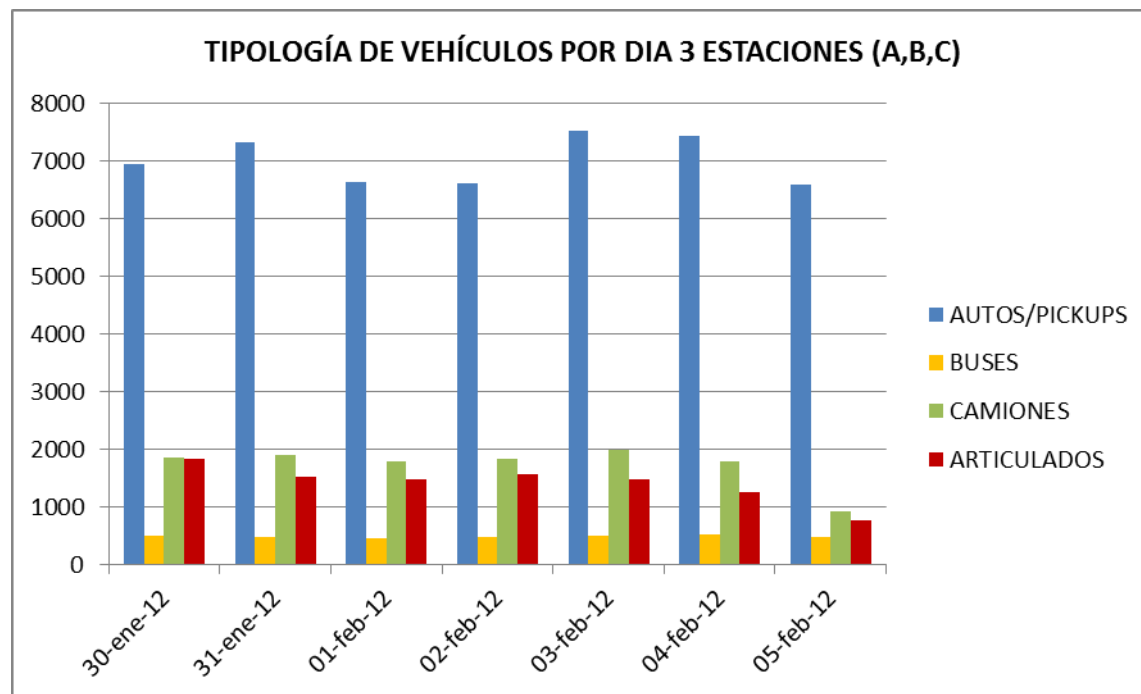
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Segundo conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, entrando a Cuyotenango de Tulate.**

<b>FECHA</b>	<b>AUTOS/PICKUPS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>	<b>ARTICULADOS</b>
30-ene-12	6949	496	1848	1841
31-ene-12	7312	474	1902	1523
01-feb-12	6635	455	1778	1479
02-feb-12	6617	481	1832	1555
03-feb-12	7509	498	1983	1482
04-feb-12	7438	512	1796	1256
05-feb-12	6585	471	926	762
	<b>49045</b>	<b>3387</b>	<b>12065</b>	<b>9898</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Segundo conteo. Tipología de vehículos de las 3 estaciones de conteo, entrando a Cuyotenango de Tulate.



Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, que en la época de zafra se mantiene muy pareja la cantidad de autos y buses pero la de camiones y articulados se incrementa considerablemente por esta ruta.

Los camiones se incrementan en un 160 % y los articulados un 251 %, esto indica la magnitud de movimiento e importancia que tiene esta ruta para el comercio e industria.

### 4.3. Proyecciones de los conteos de tránsito

A continuación se presentan los volúmenes diarios registrados durante el primer conteo realizado, por tipo de vehículo y por sentido de recorrido; para luego realizar las proyecciones del tránsito nocturno.

#### 4.3.1. Estación de conteo A, primer conteo (12 horas, sin zafra)

La estación se ubicó en el estacionamiento 168+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XIV . Estación de conteo A, primer conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO: GUATEMALA-TECUN UMAN																				
	TIPO DE VEHICULO																				
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TACUACIN	TRENZA	TOTAL
31-oct-11	1947	1582	146	502	108	0	254	23	49	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	0	4618
01-nov-11	1740	1163	136	195	42	0	148	19	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3493
02-nov-11	2000	1562	157	476	57	0	298	58	53	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4663	
03-nov-11	1930	1544	211	504	95	0	256	50	42	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	4638	
04-nov-11	1995	1641	181	546	71	1	330	24	40	0	0	0	0	1	0	3	0	0	7	0	4840
05-nov-11	1689	1336	141	370	59	0	190	23	41	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3852
06-nov-11	1368	980	130	95	15	0	136	10	42	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2777
TRANSITO PROMEDIO	1810	1401	157	384	64	0	230	30	45	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	4126	

Fuente: elaboración propia.

### 4.3.2. Estación de conteo B, primer conteo (12 horas, sin zafra)

La estación se ubicó en el estacionamiento 169+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XV. Estación de conteo B, primer conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO:TECUN UMAN- GUATEMALA																				TRANSITO DIARIO	
	TIPO DE VEHICULO																					
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R-3	T3-S2-R2	TACUACIN	TRENZA		TOTAL
31-oct-11	1260	1201	112	534	69	91	206	32	42	1	0	0	0	1	0	5	0	0	1	2	3557	8175
01-nov-11	1399	908	111	221	33	0	179	19	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2924	6417
02-nov-11	1220	1130	118	514	66	0	222	46	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3370	8033
03-nov-11	1280	1163	141	559	59	0	279	53	57	0	0	0	0	0	1	7	0	0	1	6	3606	8244
04-nov-11	1496	1168	157	617	97	0	319	58	56	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	3973	8813
05-nov-11	1479	1153	139	507	64	0	323	39	50	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	1	3761	7613
06-nov-11	1231	854	126	131	18	0	117	7	49	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2538	5315
TRANSITO PROMEDIO	1338	1082	129	440	58	13	235	36	51	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2	3390	7516
TPDS	3148	2484	287	824	122	13	465	66	96	0	0	0	0	0	0	5	0	0	3	2	7516	

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.3. Flujo direccional del tránsito, primer conteo (12 horas, sin zafrá)

Figura 24. Gráfica de flujo direccional, primer conteo.



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4. Estación de conteo A, segundo conteo (12 horas, sin zafra)

La estación se ubicó en el estacionamiento 168+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XVI. Estación de conteo A, segundo conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO: GUATEMALA-TECÚN UMÁN																				
	TIPO DE VEHÍCULO																				
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TACUACIN	TRENZA	TOTAL
30-ene-12	1884	1576	173	800	201	0	577	139	111	1	148	261	0	0	5	110	0	3	0	3	5992
31-ene-12	2040	1731	163	861	124	0	582	103	64	0	19	11	1	0	1	44	0	0	0	3	5747
01-feb-12	1699	1517	152	776	86	1	550	89	62	1	0	0	0	0	0	56	0	26	2	1	5018
02-feb-12	1568	1299	203	775	111	1	574	126	58	1	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	4770
03-feb-12	1924	1593	176	889	112	1	618	88	67	0	0	0	0	0	0	21	0	0	1	0	5490
04-feb-12	2126	1526	147	789	107	6	444	92	80	0	0	0	0	0	0	34	0	0	1	0	5352
05-feb-12	1794	1376	149	399	39	0	198	41	62	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4065
TRANSITO PROMEDIO	1862	1517	166	756	111	1	506	97	72	1	24	39	0	0	1	46	0	4	1	1	5205

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.5. Estación de conteo B, segundo conteo (12 horas, sin zafra)

La estación se ubicó en el estacionamiento 169+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XVII. Estación de conteo B, segundo conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO:TECUN UMAN- GUATEMALA																				TRANSITO DIARIO	
	TIPO DE VEHICULO																					
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TACUACION	TRENZA		TOTAL
30-ene-12	1083	1089	110	517	88	0	318	68	41	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	4	3378	9370
31-ene-12	1187	1101	124	611	98	1	427	108	54	0	0	0	0	0	1	96	0	0	1	3	3812	9559
01-feb-12	1151	1016	123	607	87	0	453	77	45	0	0	0	0	0	0	83	0	0	1	0	3643	8661
02-feb-12	1257	1094	106	629	101	0	495	86	48	0	0	0	0	0	0	80	0	1	0	2	3899	8669
03-feb-12	1327	1172	121	612	137	2	412	90	57	0	0	0	1	0	0	85	0	0	1	3	4020	9510
04-feb-12	1386	1074	147	567	105	1	346	97	63	0	0	0	0	0	0	72	0	0	4	3	3865	9217
05-feb-12	1394	917	136	308	47	0	240	53	67	0	0	0	0	0	0	70	0	0	1	3	3236	7301
TRANSITO PROMEDIO	1255	1066	124	550	95	1	384	83	54	0	0	0	0	0	0	78	0	0	1	3	3693	<b>8898</b>
TPDS	3117	2583	290	1306	206	2	891	180	126	1	24	39	0	0	1	124	0	4	2	4	8898	

Fuente: elaboración propia.



#### 4.3.6. Flujo direccional del tránsito, segundo conteo (12 horas, sin zafra)

Figura 25. Gráfica de flujo direccional, segundo conteo.



Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Proyección de tránsito nocturno (sin zafra):**

Se realizó una consulta con el Ing. Edwin Raúl Barrios Ambrosy, que es consultor especialista en Diseño Geométrico e Ingeniería de Tránsito y labora para la Dirección General de Caminos (DGC) y el Ing. César Augusto Castillo Morales, que es especialista en Ingeniería de Tránsito y labora para la Secretaria de Integración Económica Centro Americana (SIECA), para consultarles sobre el tema de los porcentajes de proyección de tránsito nocturno en la ruta CA02W y concluyeron que las tasas para la proyección de tránsito a utilizar son las que se indican a continuación, debido a la experiencia en este tema:

Vehículos livianos (Autos/pickups) = 2.5 %

Vehículos de transporte de pasajeros (Buses) = 2.0 %

Vehículos pesados comerciales (Camiones) = 3.0 %

Vehículos pesados comerciales (articulados) = 3.0 %

Esta clasificación es la que se hizo para analizar los vehículos, según su tipología, dado que son varios tipos, se analizan de mejor forma y se proyecta con todos, además se puede notar que el número de vehículos de carga lenta aumenta en la noche y disminuye en el día.

#### 4.4.1. Estación de conteo A, primer conteo (24 horas, sin zafra)

Esta tabla indica la cantidad de vehículos con la proyección de tránsito nocturno, la estación se ubicó en el estacionamiento 168+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XVIII. **Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo A, primer conteo**

DÍA AFORADO	SENTIDO: GUATEMALA-TECUN UMAN																				
	TIPO DE VEHICULO																				
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R-3	T3-S2-R2	TACUACIN	TRENZA	TOTAL
31-oct-11	1996	1622	149	517	111	0	262	24	50	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	0	4737
01-nov-11	1784	1192	139	201	43	0	152	20	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3581
02-nov-11	2050	1601	160	490	59	0	307	60	54	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4783	
03-nov-11	1978	1583	215	519	98	0	264	52	43	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	4757
04-nov-11	2045	1682	185	562	73	1	340	25	41	0	0	0	0	1	0	3	0	0	7	0	4965
05-nov-11	1731	1369	144	381	61	0	196	24	42	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3951
06-nov-11	1402	1005	133	98	15	0	140	10	43	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2847
TRANSITO PROMEDIO	1855	1436	161	396	66	0	237	30	46	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	4232	

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.2. Estación de conteo B, primer conteo (24 horas, sin zafra)

Esta tabla indica la cantidad de vehículos con la proyección de tránsito nocturno, la estación se ubicó en el estacionamiento 169+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XIX. Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo B, primer conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO:TECUN UMAN- GUATEMALA																				TRANSITO DIARIO	
	TIPO DE VEHICULO																					
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TACUACION	TRENZA		TOTAL
31-oct-11	1292	1231	114	550	71	94	212	33	43	1	0	0	0	1	0	5	0	0	1	2	3650	8387
01-nov-11	1434	931	113	228	34	0	184	20	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2999	6580
02-nov-11	1251	1158	120	529	68	0	229	47	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3458	8241
03-nov-11	1312	1192	144	576	61	0	287	55	58	0	0	0	0	0	1	7	0	0	1	6	3700	8457
04-nov-11	1533	1197	160	636	100	0	329	60	57	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	4077	9042
05-nov-11	1516	1182	142	522	66	0	333	40	51	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	1	3859	7809
06-nov-11	1262	875	129	135	19	0	121	7	50	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2602	5449
TRANSITO PROMEDIO	1371	1109	132	454	60	13	242	37	52	0	0	0	0	0	4	0	0	1	2	3478	7709	
TPDS	3226	2546	292	849	126	14	479	68	98	0	0	0	0	0	6	0	0	3	2	7709		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.3. Estación de conteo A, segundo conteo (24 horas, con zafra)

Esta tabla indica la cantidad de vehículos con la proyección de tránsito nocturno, la estación se ubicó en el estacionamiento 168+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XX. Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo A, segundo conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO: GUATEMALA-TECUN UMAN																				
	TIPO DE VEHICULO																				
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R-3	T3-S2-R2	TACUACIN	TRENZA	TOTAL
30-ene-12	1931	1615	176	824	207	0	594	143	113	1	152	269	0	0	5	113	0	3	0	3	6152
31-ene-12	2091	1774	166	887	128	0	599	106	65	0	20	11	1	0	1	45	0	0	0	3	5898
01-feb-12	1741	1555	155	799	89	1	567	92	63	1	0	0	0	0	0	58	0	27	2	1	5150
02-feb-12	1607	1331	207	798	114	1	591	130	59	1	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	4896
03-feb-12	1972	1633	180	916	115	1	637	91	68	0	0	0	0	0	22	0	0	1	0	5635	
04-feb-12	2179	1564	150	813	110	6	457	95	82	0	0	0	0	0	35	0	0	1	0	5492	
05-feb-12	1839	1410	152	411	40	0	204	42	63	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4169	
TRANSITO PROMEDIO	1909	1555	169	778	115	1	521	100	73	1	25	40	0	0	1	48	0	4	1	1	5342

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.4. Estación de conteo B, segundo conteo (24 horas, con zafra)

Esta tabla indica la cantidad de vehículos con la proyección de tránsito nocturno, la estación se ubicó en el estacionamiento 169+300 sobre la ruta CA02W:

Tabla XXI. Proyección de tránsito nocturno. Estación de conteo B, segundo conteo

DÍA AFORADO	SENTIDO:TECUN UMAN- GUATEMALA																				TRANSITO O DIARIO	
	TIPO DE VEHICULO																					
	AUTO S	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3- S3	BU S	T2- S1	T2- S2	T2- S3	T3- S1	T3- S4	T3-S1- R2	T3-S2- R4	T3-S3-R- 3	T3-S2- R2	TACUACI N	TRENZ A		TOTA L
30-ene-12	1110	1116	112	533	91	0	328	70	42	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	4	3467	9619
31-ene-12	1217	1129	126	629	101	1	440	111	55	0	0	0	0	1	99	0	0	1	3	3913	9811	
01-feb-12	1180	1041	125	625	90	0	467	79	46	0	0	0	0	0	85	0	0	1	0	3740	8890	
02-feb-12	1288	1121	108	648	104	0	510	89	49	0	0	0	0	0	82	0	1	0	2	4003	8899	
03-feb-12	1360	1201	123	630	141	2	424	93	58	0	0	0	1	0	88	0	0	1	3	4126	9761	
04-feb-12	1421	1101	150	584	108	1	356	100	64	0	0	0	0	0	74	0	0	4	3	3967	9459	
05-feb-12	1429	940	139	317	48	0	247	55	68	0	0	0	0	0	72	0	0	1	3	3319	7488	
TRANSITO PROMEDI O	1286	1093	126	567	98	1	396	85	55	0	0	0	0	0	80	0	0	1	3	3791	9132	
TPDS	3195	2648	296	134 5	212	2	917	185	128	1	25	40	0	0	1	128	0	4	2	4	9132	

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5. Proyecciones de crecimiento vehicular**

Esta tabla indica la cantidad de vehículos que se estima habrán para cada año indicado en la misma. Se tomó como base el año 2012 y se proyectó para cada año hasta llegar al año 2022, esto con la finalidad de ver el crecimiento vehicular y saber para qué tipo de vehículo y que cargas se esperarán a la hora de realizar los diseños. La fórmula utilizada es la de proyección de tránsito:

Se usa la fórmula de proyección de tránsito que está en el marco teórico.

A continuación se muestran como quedan las proyecciones para el tramo de la CA02 W:

Tabla XXII. Proyección de tránsito para 10 años.

AÑO BASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	AUT OS	PIC K-UPS	MIC RO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TACUA CIN	TREN ZA
2012	3195	2648	296	1345	212	2	917	185	128	1	25	40	0	0	1	128	0	4	2	4
AÑOS PROY ECT.	TASA DE CRECIMIENTO APLICADA A CADA TIPO DE VEHICULO																			
	3.5%	3.5 %	3.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5 %	4.5%	3.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
2013	3307	2740	306	1405	222	2	959	193	133	1	26	42	0	0	1	132	0	5	2	4
2014	3423	2836	317	1469	232	2	1002	202	137	1	27	44	0	0	1	136	0	5	2	4
2015	3542	2935	328	1535	242	2	1047	211	142	1	28	46	0	0	1	140	0	5	2	4
2016	3666	3038	339	1604	253	2	1094	221	147	1	29	48	0	0	1	144	0	5	2	4
<b>2017</b>	<b>3795</b>	<b>3144</b>	<b>351</b>	<b>1676</b>	<b>265</b>	<b>2</b>	<b>1143</b>	<b>230</b>	<b>152</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>149</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
2018	3928	3255	364	1751	277	2	1195	241	157	1	32	52	0	0	1	153	0	5	2	4
2019	4065	3368	376	1830	289	3	1248	252	163	1	33	54	0	0	1	158	0	5	2	5
2020	4207	3486	390	1913	302	3	1304	263	169	1	35	57	0	0	1	162	0	6	2	5
2021	4355	3608	403	1999	316	3	1363	275	175	1	37	59	0	0	1	167	0	6	2	5
<b>2022</b>	<b>4507</b>	<b>3735</b>	<b>417</b>	<b>2089</b>	<b>330</b>	<b>3</b>	<b>1425</b>	<b>287</b>	<b>181</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>172</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.





## **5. ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR**

Se realizó el estudio del flujo vehicular, de tal manera que se obtengan los elementos de juicio para nuestra toma de decisiones, en función de los elementos económicos que afectan la operatividad vehicular. Por lo tanto, es necesario calcular los gastos o inversiones que los propietarios de vehículos realizan para tenerlos en funcionamiento.

### **5.1 Costos de operación vehicular para el tramo en estudio (COV)**

El tramo que genera conflicto sobre la ruta tiene una longitud de 1 km. A esto se aproxima el tiempo que toma para cruzar este tramo, siendo de 30 minutos cuando se generan disminuciones en la velocidad de circulación de los vehículos, cuando las camionetas hacen paradas donde no está autorizado o cuando los camiones articulados se detienen a comprar lo que les venden las personas que se dedican a la venta informal, la invasión del derecho de vía, las intersecciones mal ubicadas, la interrupción total de la circulación del tránsito provocada por los ingresos a los ingenios. Estos elementos tienden a disminuir en tiempo en casos excepcionales, sin embargo el problema siempre se manifiesta.

De todo esto cabe mencionar que los costos de operación vehicular son aquellos que el propietario hace para mantener el mismo en buen estado, tomando todos los elementos que le representen un costo sin excepción alguna, para poder determinar al final el costo por kilómetro recorrido.

A continuación se muestran los cálculos de costos de operación vehicular para tres tipos de vehículos:

### 5.1.1. Ejemplos del cálculo del costo de operación vehicular (COV)

A continuación se muestran los cálculos para el costo de operación vehicular de 3 tipos de vehículos, se analizaron en un período de 24 meses los 3 para poder compararlos, se utiliza el dólar americano para el cálculo (7.66 tasa del 28/07/2015, Banco de Guatemala); se analiza un C3, un auto y un autobús.

#### Tipo de vehículo: C3 (camión de 3 ejes)

C3 recorrió 65,000 km. en 24 meses.

- Combustible  
Gasto promedio de combustible: 8 km/gal.  
Costo promedio de combustible \$4.30/ galón

#### Fórmula para cálculo de dinero invertido en combustible

$$65,000.00 \text{ km} \div 8 \frac{\text{km}}{\text{gal}} = 8,125 \text{ gal} \times 4.30 \frac{\$}{\text{gal}} = \$34,937.50$$

- Repuestos + mano de obra  
 $\$ 6,919.06 + \$ 3,655.35 = \$ 10,574.41$   
Servicio de filtros y aceite cada 3,000.00 km y 30,000 km se realizan servicios mayores.
- Mantenimiento  
Mantenimiento correctivo y preventivo =  $\$913.84 + \$652.74 = \$1,566.58$

- Seguro de vehículo  
 Año 1 = \$ 1,109.66  
 Año 2 = \$ 1,044.39  
**Total = \$ 2,154.05**
  
- Impuesto de circulación vehicular  
 Año 1 = \$ 326.37  
 Año 2 = \$ 287.21  
**Total = \$ 613.58**
  
- Depreciación vehicular  
 Año 1 = \$ 10,443.86  
 Año 2 = \$ 9,791.12  
**Costo: \$ 20,234.98**

Sumando todos los factores:

Combustible	= \$ 34,937.50
Repuestos + mano de obra	= \$ 10,574.41
Mantenimiento	= \$ 1,566.58
Seguro de vehículo	= \$ 2,154.05
Impuesto de circulación vehicular	= \$ 613.58
Depreciación vehicular	= <u>\$ 20,234.98</u>
<b>TOTAL</b>	<b>= \$ 70,081.10</b>

Dividiendo el costo total con el total de kilómetros resulta el costo de operación de vehículo por kilómetro recorrido.

$$\text{\$ 70,081.10} \div \text{65,000.00km} = \text{1.08 US\$/km}$$

### Tipo de vehículo: Auto (Camioneta)

Modelo: 2003

Cilindros: 4

CC: 2000

Vehículo recorrió 84,000 km. en 24 meses.

#### ➤ Combustible

Gasto promedio de combustible: 42.5 km/gal. En carretera abierta tiene un consumo de 45 km/gal y en ciudad de 40 km/gal.

Costo promedio de combustible \$4.50/ galón

#### **Fórmula para cálculo de dinero invertido en combustible**

**= \$ 8,896.50**

#### ➤ Repuestos + mano de obra

**= \$ 2,278.72**

#### ➤ Mantenimiento

Servicio de filtros y aceite cada 5,000.00 km.

Costo promedio de servicio de filtros y aceite \$ 50.00

$$84,000.00 \text{ km} \div 5,000 \frac{\text{km}}{\text{servicio}} = 17 \text{ servicios} \times \$ 50.00 \frac{\text{c}}{\text{servicio}} = \$ 850.00$$

#### ➤ Seguro de vehículo

Año 1 = \$ 690.86

Año 2 = \$ 519.28

**Total = \$ 1,210.14**

#### ➤ Impuesto de circulación vehicular

Año 1 = \$ 116.19

Año 2 = \$ 86.42

Total = \$ **202.61**

➤ Depreciación vehicular

Año 1 = \$ 1,445.36

Año 2 = \$ 1,445.36

Costo: \$ **2,890.72**

Sumando todos los factores:

Combustible	= \$ 8,896.50
Repuestos + mano de obra	= \$ 2,278.72
Mantenimiento	= \$ 850.00
Seguro de vehículo	= \$ 1,210.14
Impuesto de circulación vehicular	= \$ 202.61
Depreciación vehicular	= <u>\$ 2,890.72</u>
<b>TOTAL</b>	<b>= \$ 16,328.69</b>

Dividiendo el costo total con el total de kilómetros resulta el costo de operación de vehículo por kilómetro recorrido.

$$\text{\$ } 16,328.69 \div 84,000.00 \text{ km} = \text{\$ } 0.19 \text{ US \$/km}$$

**Tipo de vehículo: Autobús (de 2 ejes)**

Autobús recorrió 216,000 km. en 24 meses.

➤ Combustible

Gasto promedio de combustible: 11 km/gal.

Costo promedio de combustible \$4.30/ galón

**Fórmula para cálculo de dinero invertido en combustible**

**= \$ 84,635.47**

➤ Repuestos + mano de obra

**= \$ 10,574.41**

➤ Mantenimiento

**= \$ 28,546.08**

➤ Seguro de vehículo

**= \$ 2,443.86**

➤ Impuesto de circulación vehicular

**= \$ 691.91**

➤ Depreciación vehicular

**= \$ 39,164.99**

Sumando todos los factores:

Combustible	= \$ 84,635.47
Repuestos + mano de obra	= \$ 10,574.41
Mantenimiento	= \$ 28,546.08
Seguro de vehículo	= \$ 2,443.86
Impuesto de circulación vehicular	= \$ 691.91
Depreciación vehicular	<u>= \$ 39,164.49</u>
<b>TOTAL</b>	<b>= \$ 166,056.22</b>

Dividiendo el costo total con el total de kilómetros resulta el costo de operación de vehículo por kilómetro recorrido.

$$\text{\$ } 166,056.22 \div 216,000.00\text{km} = \mathbf{0.77 \text{ US\$/km}}$$

## 5.2. Resumen de costos de operación vehicular (COV) para vehículo particular, camión C3 y autobús extraurbano

En este ejercicio se tomaron gastos promedios y el tiempo analizado es para los 3 casos 24 meses.

Tabla XXIII. **Resumen de costos de operación vehicular (COV) para vehículo, camión C3 y autobús extraurbano.**

No.	TIPO DE GASTO	TIPO DE VEHÍCULO		
		C3	PARTICULAR	AUTOBÚS
1	Combustible	\$34,937.50	\$8,896.50	\$84,635.47
2	Repuestos + mano de obra	\$10,574.41	\$2,278.72	\$10,574.41
3	Mantenimiento	\$1,566.58	\$850.00	\$28,546.08
4	Seguro	\$2,154.05	\$1,210.14	\$2,443.86
5	Impuesto circulación vehicular	\$613.58	\$202.61	\$691.91
6	Depreciación vehicular	\$20,234.98	\$2,890.72	\$39,164.49
	<b>TOTAL</b>	<b>\$70,081.10</b>	<b>\$16,328.69</b>	<b>\$166,056.22</b>
	Kilómetros recorridos	65,000.00	84,000.00	216,000.00
	<b>COV (US\$/KM)</b>	<b>1.08</b>	<b>0.19</b>	<b>0.77</b>

(7.66 tasa del 28/07/2015, Banco de Guatemala)

Fuente: elaboración propia.

Con los costos de operación vehicular que se tienen ya se puede realizar un análisis para el caso con las 3 situaciones del proyecto suponiendo circunstancias que influyen en el aumento del mismo.



### **5.3. Cálculo de costos de operación vehicular (COV) con tres escenarios**

A continuación se presentan las tres propuestas para este proyecto:

#### **5.3.1. Situación actual**

La situación actual genera caos vial como el que sin duda se ha vivido durante mucho tiempo y esa es la razón por la cual se analiza esta problemática. El crecimiento del parque vehicular ha provocado que las vías sean incapaces de dar transitabilidad holgada a la demanda generada, más aun al considerar que se han colocado zonas de comercio paralelas a estas.

#### **5.3.2. Alternativa Dirección General de Caminos (DGC)**

En la propuesta se nota que todo el tránsito vehicular proveniente de Tulate y La Máquina no se consideró o por lo menos se piensa en un futuro integrarlo. Este proyecto tiene 1.5 km de longitud y si se deja de esta manera se seguirá generando caos porque los vehículos que se quieren integrar a la ruta CA02W provenientes de Tulate deberán hacer el recorrido que hacen ahora y de igual manera se congestionará la integración.

#### **5.3.3. Propuesta del estudio**

Ésta propuesta busca integrar tanto el tránsito vehicular que viene de la capital hacia Tecún Umán y viceversa como el tránsito proveniente de Tulate hacia la capital y hacia Retalhuleu, así como el tránsito local que tendrá acceso por un distribuidor para acceder a éste.

La propuesta propia tiene una longitud de 2.5 km, de esta forma los vehículos pesados que entren y salgan provenientes de los ingenios (T3S2R4) no generaran congestionamiento por estar en una ruta de dimensiones necesarias para la misma. De la misma manera se disminuye el nivel de accidentes provocados en la ruta tomando en cuenta que la pasarela que existía la quitaron porque provoco un accidente, porque según las autoridades siempre hay más de algún accidente provocado por buses extraurbanos, camiones articulados o vehículos particulares.

Para justificar dicha propuesta, se incluye además el análisis de los costos de operación vehicular, realizado con los diversos elementos estudiados durante el desarrollo del presente trabajo.

#### **5.4. Análisis de costos de operación vehicular (COV) de la ruta**

A continuación se muestra el análisis realizado para un día de conteo en el cual se toman los tres tipos de vehículos en los cuales se subdividieron todos, este análisis se hizo para un día del primer conteo en el capítulo de discusión de resultados se analiza para los 2 conteos realizados.

##### **5.4.1. Tipo de vehículo: automóvil**

El ejemplo se basó en los resultados obtenidos del resumen obtenido del COV que se analizó anteriormente, se consideraron como automóviles los pickups y autos, se indica el tiempo que se demora un vehículo en cruzar el tramo en condiciones normales y otro en condiciones críticas (provocadas por el congestionamiento vehicular).

Normalmente un vehículo debería tardar en cruzar el tramo en condiciones normales 5 minutos, pero en condiciones críticas lo hace en 30 minutos. Del COV de un automóvil que es de \$ 0.19/km y conociendo que la longitud del tramo es de 1 km el vehículo debería gastar eso, sin embargo se incrementa 6 veces.

$\$ 0.19/\text{km} \times 6 = \$ 1.14/\text{km}$  (costo de atravesar el tramo en condiciones críticas).

Ahora si se considera la cantidad de automóviles que circulan en un día y que pasan por los 3 puntos de conteo establecidos tenemos la siguiente información:

Punto A = 3,529 automóviles (Capital – Tecun Umán)

Punto B = 2,641 automóviles (Tecun Umán – Capital)

Punto C = 2,478 automóviles (entran y salen de Cuyotenango)

Total de automóviles en un día = **8,646** (TPDA 31/10/2011)

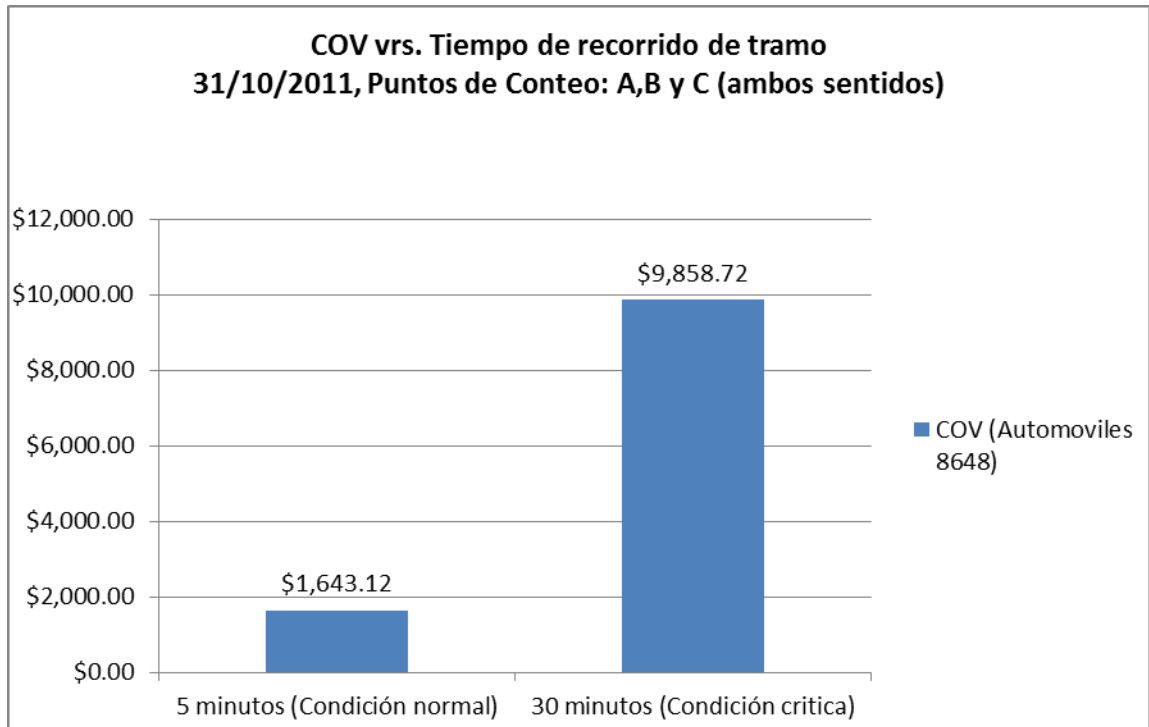
Ahora se multiplica el total de vehículos que recorren la ruta un día por el COV en condiciones normales como sigue:

$8,646 \text{ automóviles} \times \$ 0.19/\text{km} = \$ 1,642.74$  es el gasto de los automóviles en condiciones normales por la ruta.

$8,646 \text{ automóviles} \times \$ 1.14/\text{km} = \$ 9,856.44$  es el gasto de los automóviles en condiciones críticas por la ruta.

A continuación se muestra la siguiente gráfica de los resultados anteriores donde se compara el COV contra el gasto generado en condiciones normales y críticas:

Figura 26. **Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para vehículo.**



Fuente: elaboración propia.

#### 5.4.2. Tipo de vehículo: C3

El ejemplo se basó en los resultados obtenidos del resumen obtenido del COV que se analizó anteriormente, se consideraron como C3 los camiones y articulados, se indica el tiempo que se demora un camión en cruzar el tramo en condiciones normales y otro en condiciones críticas (provocadas por el congestionamiento vehicular).

Normalmente un camión debería tardar en cruzar el tramo en condiciones normales 5 minutos, pero en condiciones críticas lo hace en 30

minutos. Del COV de un Camión C3 que es de \$ 1.08/km y conociendo que la longitud del tramo es de 1 km el vehículo debería gastar eso, sin embargo se incrementa 6 veces.

$\$ 1.08/\text{km} \times 6 = \$ 6.48/\text{km}$  (costo de atravesar el tramo en condiciones críticas).

Ahora si se considera la cantidad de camiones que circulan en un día y que pasan por los 3 puntos de conteo establecidos tenemos la siguiente información:

Punto A = 894 camiones C3 (Capital – Tecun Umán)

Punto B = 942 camiones C3 (Tecun Umán – Capital)

Punto C = 358 camiones C3 (entran y salen de Cuyotenango)

Total de automóviles en un día = **2,194** (TPDA 31/10/2011)

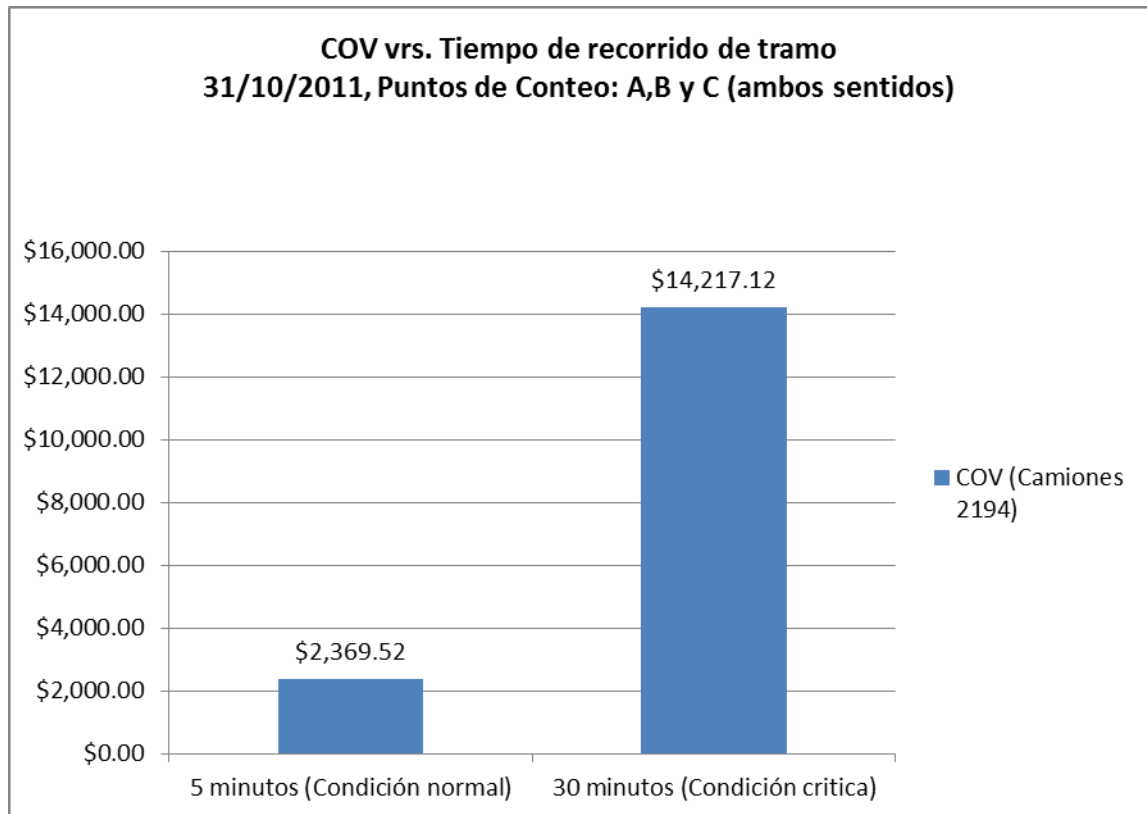
Ahora se multiplica el total de vehículos que recorren la ruta un día por el COV en condiciones normales como sigue:

$2,194 \text{ camiones} \times \$ 1.08/\text{km} = \$ 2,369.52$  es el gasto de los camiones en condiciones normales por la ruta.

$2,194 \text{ camiones} \times \$ 6.48/\text{km} = \$ 14,217.12$  es el gasto de los camiones en condiciones críticas por la ruta.

A continuación se muestra la siguiente gráfica de los resultados anteriores donde se compara el COV contra el gasto generado en condiciones normales y críticas

Figura 27. **Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para camión.**



Fuente: elaboración propia.

#### 5.4.3. Tipo de vehículo: autobús

El ejemplo se basó en los resultados obtenidos del resumen obtenido del COV que se analizó anteriormente, se consideraron como Autobús los buses urbanos y extraurbanos, se indica el tiempo que se demora un autobús en cruzar el tramo en condiciones normales y otro en condiciones críticas (provocadas por el congestionamiento vehicular).

Normalmente un autobús debería tardar en cruzar el tramo en condiciones normales 5 minutos, pero en condiciones críticas lo hace en 30 minutos. Del COV de un Autobús que es de \$ 0.77/km y conociendo que la longitud del tramo es de 1 km el vehículo debería gastar eso, sin embargo se incrementa 6 veces.

$\$ 0.77/\text{km} \times 6 = \$ 4.62/\text{km}$  (costo de atravesar el tramo en condiciones críticas).

Ahora si se considera la cantidad de autobuses que circulan en un día y que pasan por los 3 puntos de conteo establecidos tenemos la siguiente información:

Punto A = 195 autobuses (Capital – Tecun Umán)

Punto B = 154 autobuses (Tecun Umán – Capital)

Punto C = 92 autobuses (entran y salen de Cuyotenango)

Total de automóviles en un día = **441** (TPDA 31/10/2011)

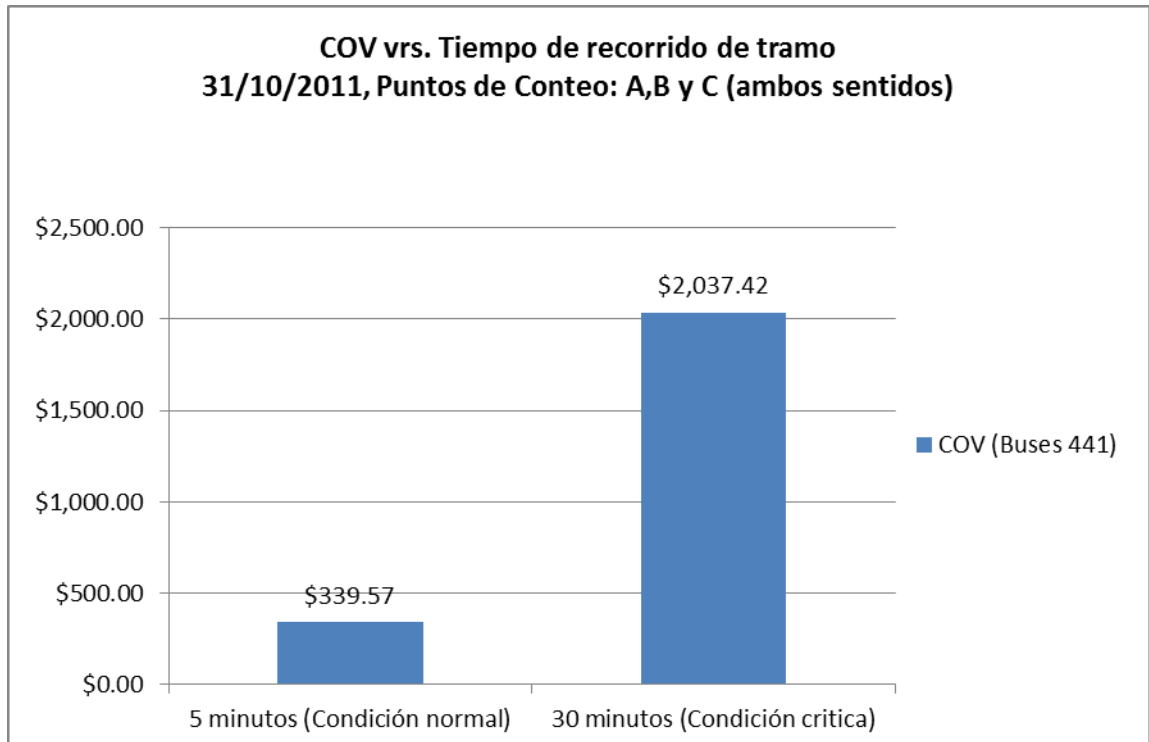
Ahora se multiplica el total de autobuses que recorren la ruta un día por el COV en condiciones normales como sigue:

$441 \text{ autobuses} \times \$ 0.77/\text{km} = \$ 339.57$  es el gasto de los autobuses en condiciones normales por la ruta.

$441 \text{ autobuses} \times \$ 4.62/\text{km} = \$ 2,037.42$  es el gasto de los autobuses en condiciones críticas por la ruta.

A continuación se muestra la siguiente gráfica de los resultados anteriores donde se compara el COV contra el gasto generado en condiciones normales y críticas.

Figura 28. **Análisis de costos de operación vehicular y tiempo de recorrido para autobús.**



Fuente: elaboración propia.

Estos resultados indican el gasto generado por la congestión vehicular, por no tener la fluidez necesaria en el tramo y más aún si recordamos que este problema se da en un 75% del día y un 65% durante el año.

A pesar de que la carretera CA02W forma parte del corredor pacífico, que interconecta Centroamérica con México, su nivel de servicio varía conforme todo su recorrido, en función de las diversas características que la carretera tiene.



Es por eso que la pérdida generada por el estrangulamiento vial en este paso es cada día más crítico puesto que cada vez aumenta el volumen de tránsito que circula por esta ruta.

## **6. ALTERNATIVAS PARA EL TRAMO EN ESTUDIO**

Para realizar la evaluación del tramo en estudio, se utilizó una fotografía aérea para ubicar mejor la situación vial que tiene estrangulado el tramo de la ruta CA02W al pasar por la población de Cuyotenango.

### **6.1. Tramo en estudio**

Cuyotenango es un municipio que genera caos vehicular por estar en una posición privilegiada respecto al comercio internacional y nacional. Es una zona próspera y de comercio fuerte como el cacao, caña de azúcar, hule y ganado.

Todo lo anterior, hacen un punto importantísimo para la movilización de materias primas y productos generados en la zona, sin embargo, este crecimiento también ha generado caos en el tema vial, porque su estrecha sección típica dado el volumen de vehículos circulando por el área ha quedado a deber, razón por la cual es necesario proponer situaciones viales que generen opciones para que sean tema de análisis.

De esa cuenta en el presente capítulo se desarrollarán las alternativas que se han analizado a corto, mediano y largo plazo.

Figura 29. **Fotografía aérea de Cuyotenango, Suchitepéquez.**



Fuente: fotografía aérea de Cuyotenango, Suchitepéquez, Instituto Geográfico Nacional.

## **6.1.1. Alternativas de corto plazo**

### **6.1.1.1. Policías de tránsito**

Se ha considerado colocar policías de tránsito, de hecho se han realizado ejercicios para esto, sin embargo, debido al volumen y falta de regulación del tránsito esta alternativa ha llegado a generar problemas con la población y choferes de vehículos por el tiempo que se restringe el paso de un carril para cruce hacia la playa del Tulate o paso de peatones.

### **6.1.1.2. Colocación de semáforos**

Esta alternativa sería descartada puesto que es una ruta principal y no se puede detener el tránsito, porque de lo contrario se ampliarían los tiempos de viaje, debido al intervalo de tiempo que el semáforo usa para habilitar el paso.

### **6.1.1.3. Señalización vertical y horizontal**

Este recurso debe estar presente, porque los conductores carecen de una educación vial y no se toman en cuenta a la hora de circular, ayudaría a mejorar la fluidez, aunque no evitaría los embotellamientos generados por el alto volumen de tránsito.

### **6.1.1.4. Intersecciones (Tulate)**

Realizar un ciclo de vías que pueda ser manejado por la policía de tránsito para disminuir en su momento a escala menor la demora generada por el cruce (intersección) hacia la playa de Tulate, mas al considerar que este es el lugar turístico de mayor atracción que cuenta el municipio en la zona costera.

#### **6.1.1.5. Regulación de horario para circulación**

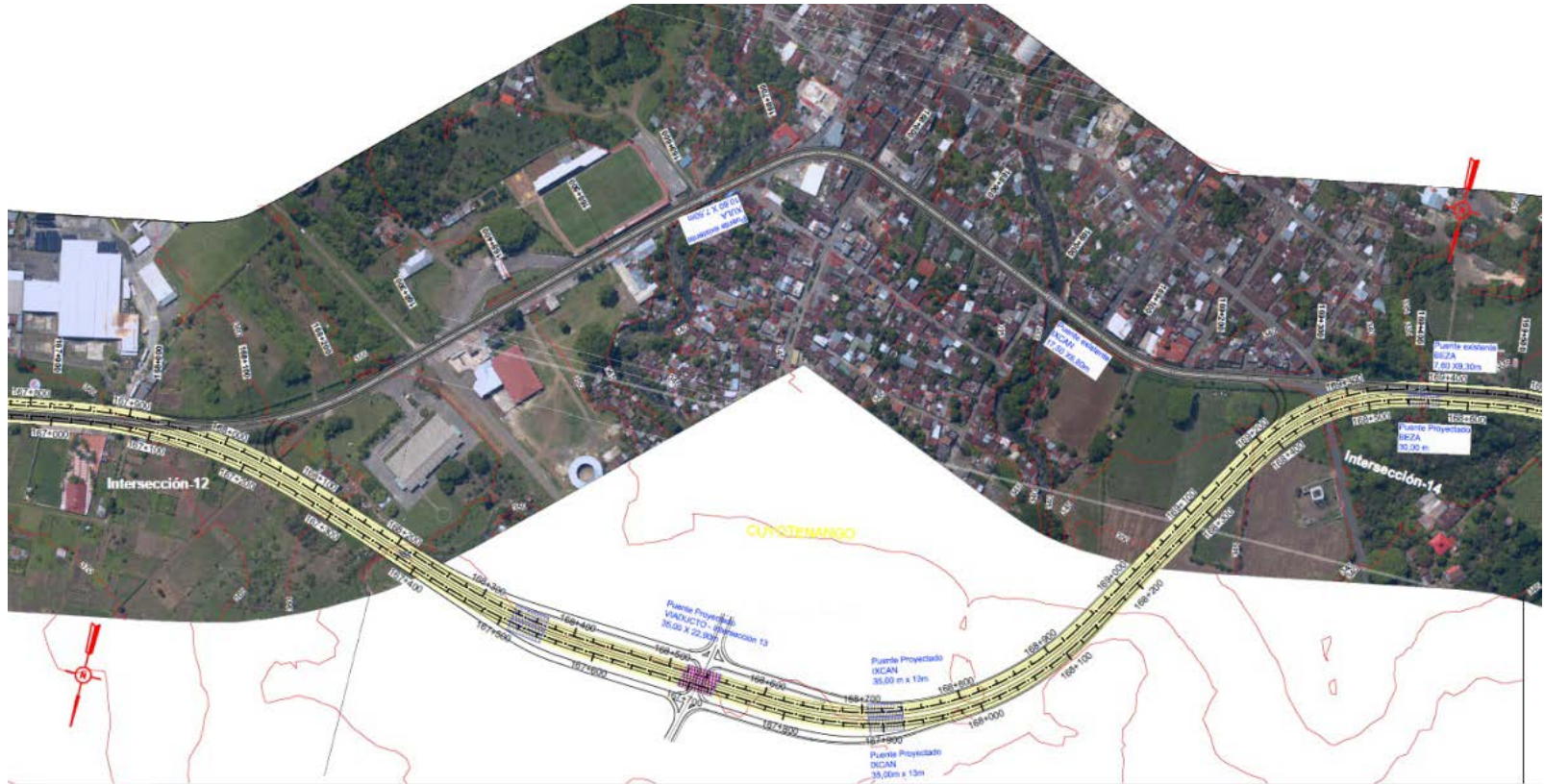
No se podría aplicar debido a la importancia de la ruta al no tener alguna alterna obliga a circular por esta.

#### **6.1.2. Alternativa de mediano plazo**

##### **6.1.2.1. Alternativa generada por La Dirección General de Caminos (DGC)**

La entidad encargada a nivel nacional de proponer alternativas de impacto vial es la Dirección General de Caminos (DGC), se ha realizado un estudio y una propuesta que considera disminuir la problemática que se genera en este sector. Sin embargo esta considera el tránsito principal que se moviliza de Tecun Umán hacia la capital y viceversa, pero no contempla como solución integral el que se genera por el comercio hacia Tulate que si es considerable. A continuación se presenta la gráfica de la opción planteada por la Dirección General de Caminos (DGC).

Figura 30: Alternativa generada por la Dirección General de Caminos (DGC).



Fuente: Dirección General de Caminos (DGC).

### **6.1.3. Propuesta de largo plazo**

#### **6.1.3.1. Consideraciones para el presente estudio**

Dada las circunstancias que se tienen en el tramo en estudio se considera integrar los vehículos que vienen de Tulate, la razón principal es para evitar la congestión en este tramo porque la mayoría de transporte pesado que se moviliza hacia Tulate aumenta cuando es época de zafra y si a eso le sumamos los vehículos que regularmente transitan tenemos más o menos 180 Camiones articulados por día durante 5 meses, lo cual genera que se formen colas de más de 1 km y el tiempo para poder atravesarlo es de aproximadamente 30 min o más en algunas oportunidades.

De esa forma, todo esto viene a encarecer los insumos que deben adquirir las familias, porque los tiempos perdidos crecen exponencialmente y se aumentan los costos de operación vehicular y se refleja más al estar en época de zafra, por tener en un tramo tan corto 2 ingenios azucareros.

De la misma fuente, se establece que dicha carretera está clasificada como “Arterial Menor Rural”, AMR, dado que maneja TPDA de entre 3000 – 10000 y posee dos carriles.

Por lo anterior, en la propuesta de ampliación que se encuentra realizando la DGC, está elevando este tramo de la carretera CA02W a clasificación “Arterial Urbana”, AU, donde se incrementa el número de carriles a 4 (2 por vía), aun sin contar con los volúmenes de TPDA requeridos (mínimo 10000), dado que este proyecto forma parte del mejoramiento del corredor Pacífico del Proyecto Mesoamérica.

En todo caso, para la presente investigación, donde se está planteando la circunvalación a la población de Cuyotenango, podría realizarse manteniendo las características geométricas de la carretera clasificada como AMR.

A continuación se presenta la propuesta propia para esta ruta CA02W donde se integra el tránsito pesado que se mueve hacia el sur del municipio.

### **6.1.3.2. Consideraciones para el desarrollo de la propuesta geométrica de solución a largo plazo**

Hernández (2010) define algunos términos en su obra que se deben considerar a la hora de realizar un diseño geométrico, dentro de los cuales se encuentran:

#### **6.1.3.2.1. Ancho de corona o calzada**

Es el ancho que se le da a la carretera y abarca la calzada y los hombros, que para esta es de 3.60 m y 1 m de hombro de cada lado. También incluye desde un talud en la parte alta hasta la esquina de las cunetas.

#### **6.1.3.2.2. Rasante**

Es la altura o perfil central que una carretera posee al momento de construirse y esta define la altura de las capas del pavimento que se esté trabajando.



#### **6.1.3.2.3. Bombeo**

Es la pendiente que se da a la carpeta asfáltica de un lado hacia otro de la rasante y el objetivo de esta es drenar el agua que pueda acumularse sobre el asfalto. Esto ayuda a que los vehículos no corran peligro ni ningún tipo de deslizamiento o accidente.

#### **6.1.3.2.4. Ancho de carril**

Este está determinado de acuerdo al tipo de carretera y al uso que se le dará a la misma, se clasifican de la siguiente manera:

- Rutas centroamericanas (CA), tienen derecho de vía de 25.00 m (12.50 m de cada lado de la línea central)
- Rutas nacionales (RN), tienen derecho de vía de 25.00 m (12.50 m de cada lado de la línea central)
- Rutas departamentales (RD), tienen derecho de vía de 20.00 m (10.00 m de cada lado de la línea central)
- Caminos rurales (CR)

#### **6.1.3.2.5. Hombros**

Son parte de las carreteras y van construidas a ambos lados de la carpeta asfáltica, el propósito de estos es permitir a un vehículo estacionarse por cualquier emergencia o desperfecto. Además son conocidos como bermas.

#### **6.1.3.2.6. Terraplenes**

Los terraplenes deben ser construidos en capas continuas, a todo el ancho de la sección típica de la carretera y en tramos que permitan su compactación adecuadamente.

El espesor de las capas de los terraplenes debe estar de acuerdo con la maquinaria que se posea para este efecto puesto que tendrá que seguirse las indicaciones que estén en los planos para este efecto.

#### **6.1.3.2.7. Compactación de terraplenes**

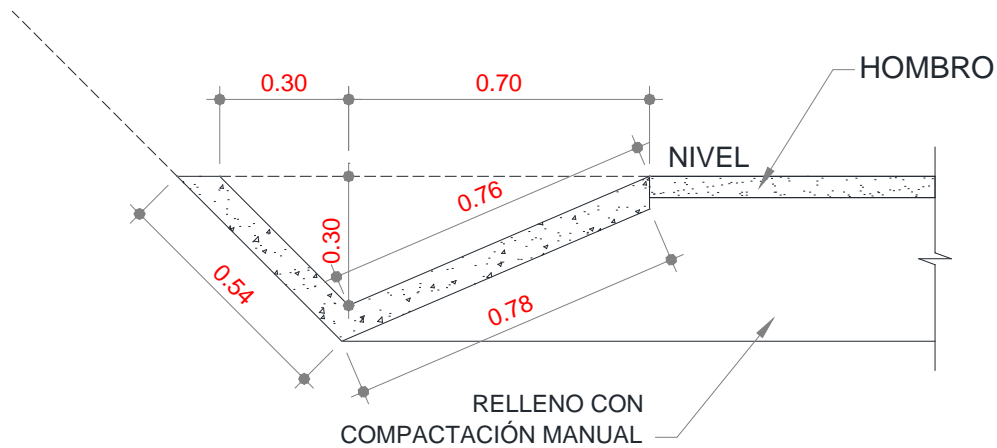
Los terraplenes se deberán compactar a un 90 % del proctor modificado y los últimos 0.30 m o ultimas capas deberán estar a un 95 % del mismo de la densidad máxima (AASHTO T 180).

#### **6.1.3.2.8. Cunetas**

Son unas zanjas que se hacen a cada lado de la carretera, el propósito es conducir las aguas tanto de la carretera como de la corona del talud hacia algún punto que no perjudique los trabajos de construcción.

No hay un diseño específico para las cunetas, éstas se adecuan a la ubicación del proyecto puesto que también depende de la intensidad de lluvia registrada en el lugar, el principio que se usa para estas es el de canales abiertos y existen triangulares, trapezoidales, rectangulares, dependerá del tipo de proyecto.

Figura 31. Detalle de cuneta triangular de concreto



Fuente: Diseño geométrico de la carretera CA02W, Dirección General de Caminos, Año 2011.

#### 6.1.3.2.9. Drenaje transversal

Éste tiene como propósito permitir el paso transversal del agua de una carretera, por debajo de la misma, sin que se obstruya el paso de la misma. Para los caudales que se tengan en el área de influencia, se determinará si es obra de drenaje mayor o menor el que requiera en el tramo.

Dentro de las obras de drenaje transversal se tienen los puentes y alcantarillas, de estas últimas se recomienda construirlas en distancias no mayores de 300 m y para transversales se debe utilizar como mínimo tubería de hierro galvanizado con diámetro de 30" o lo que indique el cálculo específicamente.

#### **6.1.3.2.10. Mampostería de piedra y mortero para cabezales**

La piedra a utilizarse para esto puede ser cualquier tipo de piedra ya sea canto rodado o de cantera y forma, pero deben estar ente los 5 cm y 17.5 cm. Debe ser sólida y no presentar defectos de ninguna clase para que se pueda garantizar la resistencia a la intemperie. Además no debe tener contaminación de ningún tipo como tierra, arcilla o cualquier material que dificulte la adherencia del mortero.

El mortero debe ser una mezcla de cemento en una parte y agregado fino por dos partes, debe estar la proporción en volumen. Antes de la colocación de mortero se deben humedecer las piedras para una mejor adherencia, las piedras deben ser colocadas y no tiradas, puesto que esto permitirá que se hagan capas regulares que disminuyan el riesgo de asentamiento posterior, además se deben colocar las piedras mayores en la base y en las esquinas uniformemente para que quede bien conformado.

#### **6.1.3.2.11. Movimiento de tierras**

Para realizar el cálculo de movimiento de tierra se debe obtener el listado de estaciones de las que se tiene secciones transversales, estas se llevaron a cabo en campo. Luego se calculan los PC y PT de cada curva y el grado de curvatura, se ingresa la velocidad de diseño y luego se calcula el peralte, sobre ancho y por último el corrimiento.

Después de esto se inicia el diseño y cálculo de la sub-rasante para cálculo de la misma y las correcciones que sean necesarias por curvas

verticales. Luego se dibuja la sección típica con la altura de la sub-rasante chequeada, el peralte, el sobre ancho y el corrimiento. Con esta información se calcula el área de corte o relleno de cada sección típica, dentro de esta cantidad de corte se deben considerar los 30 cm de corte de capa vegetal.

#### **6.1.3.2.12. Velocidad**

La velocidad es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta para el diseño de rutas y movilización de vehículos como medio de transporte.

La velocidad de los vehículos en las carreteras depende de la experiencia o inexperiencia de los conductores, del tipo de vehículo, del diseño geométrico de la misma, de las distracciones que posea, el clima en donde esté ubicada, la velocidad y cantidad de vehículos que circulan y de los límites permitidos por el reglamento de tránsito o las autoridades competentes.

#### **6.1.3.2.13. Velocidad de operación**

Es la velocidad a la cual se conducen las personas en su vehículo en condiciones libres de obstáculos o de tránsito. Generalmente un 85% de distribuciones de velocidades son las usadas como medida para determinar las requeridas para diseño geométrico.

#### **6.1.3.2.14. Velocidad de recorrido**

La velocidad de recorrido es la que se toma como el tiempo en que un vehículo atraviesa un tramo y la longitud del tramo dividido en tiempo necesario para esto. Los promedios de velocidad de recorrido de los vehículos que

circulan en determinado tramo son los tomados para evaluar el nivel de servicio y costos de operación vehicular.

#### **6.1.3.2.15. Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño es la que se usa para realizar el diseño geométrico de una carretera. Esta debe estar de acuerdo a la normativa y además debe adecuarse al lugar considerando la topografía, clasificación de la misma y el uso al que se someterá.

Después de seleccionar la velocidad de diseño, todos los elementos relacionados a la carretera deben buscar un diseño balanceado de la misma. Y si por alguna razón se realizara algún cambio en la velocidad de diseño se deben reevaluar los elementos ligados a ello, para evitar deficiencias en el mismo.

#### **6.1.3.2.16. Sobre ancho**

El sobre ancho es diseñado en las curvas horizontales de radio pequeño puesto que permitirán maniobras de los vehículos de forma segura, cómoda y eficiente. Además consideran los ejes traseros de los vehículos de carga lenta o los de doble remolque, debido a que para este tipo es más difícil mantenerse en el centro de los carriles sin que una parte del mismo roce los hombros de la carretera.

#### **6.1.3.2.17. Tangentes verticales**

Las tangentes verticales están limitadas por dos curvas seguidas, la longitud de una tangente es la distancia media entre el final de una curva y el

principio de otra, la pendiente es la diferencia entre el desnivel y distancia de los dos puntos.

#### **6.1.3.2.18. Pendiente máxima**

Es la que pendiente mayor que se puede permitir en el proyecto, está relacionada con el volumen y tipología del tránsito así como la topografía del terreno.

Se usará siempre y cuando desde el punto de vista económico convenga para librar obstáculos como precipicios, zonas inestables o fallas pero sin llegar a sobrepasar la longitud crítica.

#### **6.1.3.2.19. Pendiente mínima**

Ésta se usa para permitir el drenaje básicamente, en los rellenos o terraplenes no es necesaria pero en los cortes se recomienda un mínimo de 0.5% para que puedan drenar las cunetas, por otra parte se debe tomar en cuenta que la pendiente puede variar dependiendo del lugar y la intensidad de la lluvia, por lo que puede acoplarse a la situación en campo.

#### **6.1.3.2.20. Longitud crítica**

Es la longitud máxima que se le puede dar a un tramo para que un camión con carga pueda ascender sin reducir su velocidad. Esto básicamente dependerá mucho de la tipología de tránsito que vaya a tener la carretera y de los volúmenes de tránsito estén circulando en el lugar.

Se deben evaluar las condiciones de los camiones cargados para el diseño de los mismos puesto que esas características indican el tramo que pueden recorrer.

También se deben considerar los costos de operación vehicular para livianos y pesados para el tramo puesto que ellos definen gran parte del diseño.

#### **6.1.3.2.21. Curvas verticales**

Las curvas verticales son las que unen dos tangentes del alineamiento vertical, para que en toda su longitud se realice un cambio gradual de la pendiente de entrada como la de salida. Esta debe ser segura, agradable a la vista y con condiciones correctas para que pueda drenar el agua.

#### **6.1.3.2.22. Dispositivos para la regulación del tránsito**

El reglamento de señalización indica las especificaciones para diseño, ubicación y ampliación de los dispositivos para la regulación del tránsito en las carreteras. Se debe realizar un estudio para saber dónde realmente hay que implementar un proyecto de señalización o semaforización.

#### **6.1.3.2.23. Señalización**

Es la parte que junto al diseño geométrico se complementan para que la carretera pueda ser transitada y el conductor tenga una circulación más fácil, incluye tanto señalización horizontal como vertical. Existe el manual centroamericano de señalización vial el cual indica los requerimientos que debe tener para brindar la información adecuada.



#### **6.1.3.2.24. Señalización horizontal**

Este tipo de señalización es el que abarca la aplicación de marcas viales que son: líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre la carpeta asfáltica, bordillo o cualquier estructura vial paralela a la carretera. Además de la colocación de objetos que se colocan sobre la superficie, con el objetivo de regular velocidades, avisar de obstáculos o pasos peligrosos.

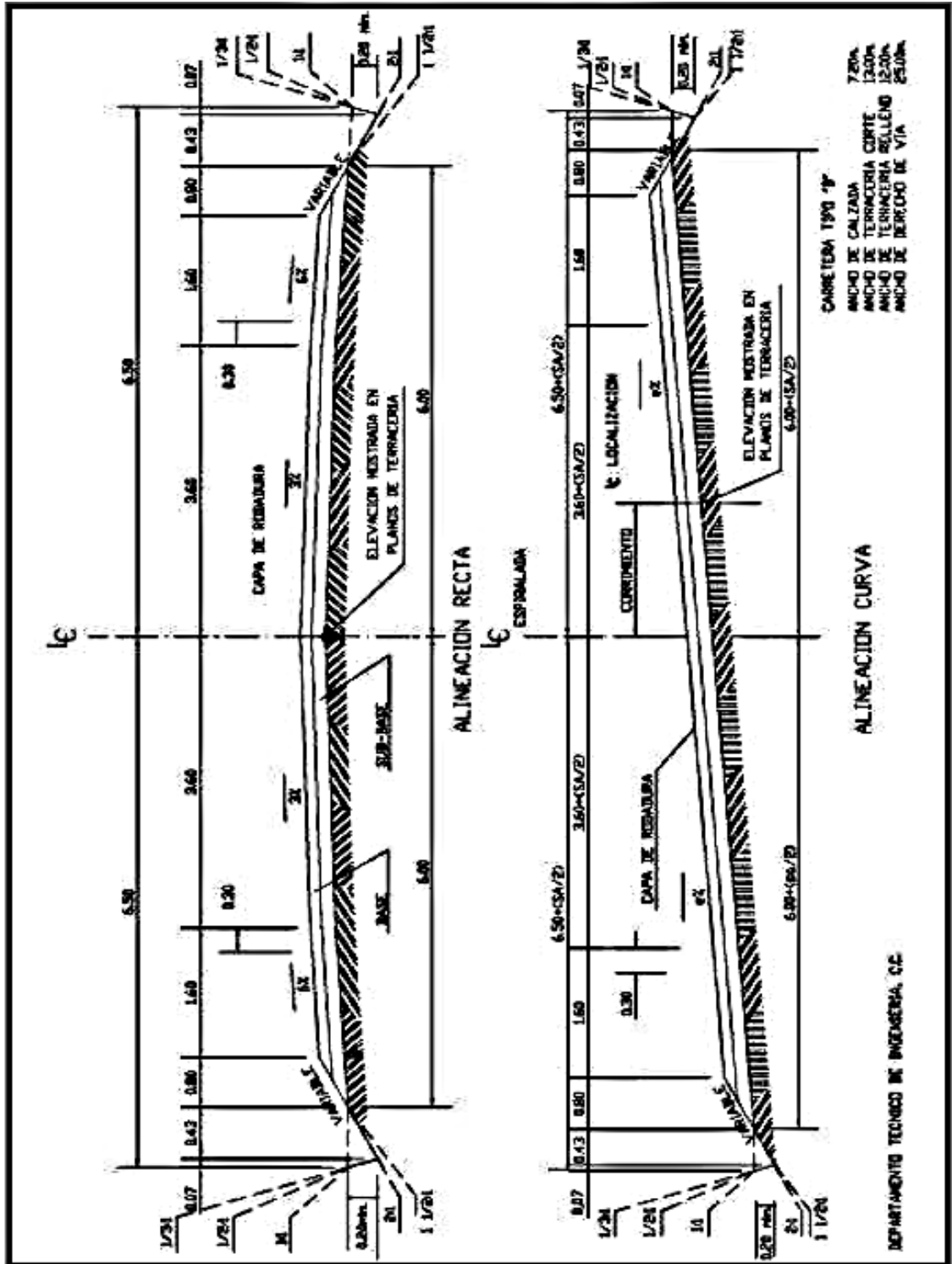
Estas deben ser reflectivas excepto el paso peatonal tipo cebra.

#### **6.1.3.2.25. Señalización vertical**

Las señales verticales son dispositivos colocados paralelos a la carretera o sobre ella misma, en postes o estructuras metálicas cuyo objetivo de estos al igual que los horizontales es de proporcionar información valiosa al conductor, advertir sobre algún peligro, prohibir o restringir algún acto, mediante simbología especial o palabras.

El propósito de éstas es evitar accidentes causados por falta de información o por desconocimiento de las condiciones geométricas de la carretera que se circula.

Figura 32. Detalle de sección típica tipo B



Fuente: Departamento técnico de ingeniería de Caminos.

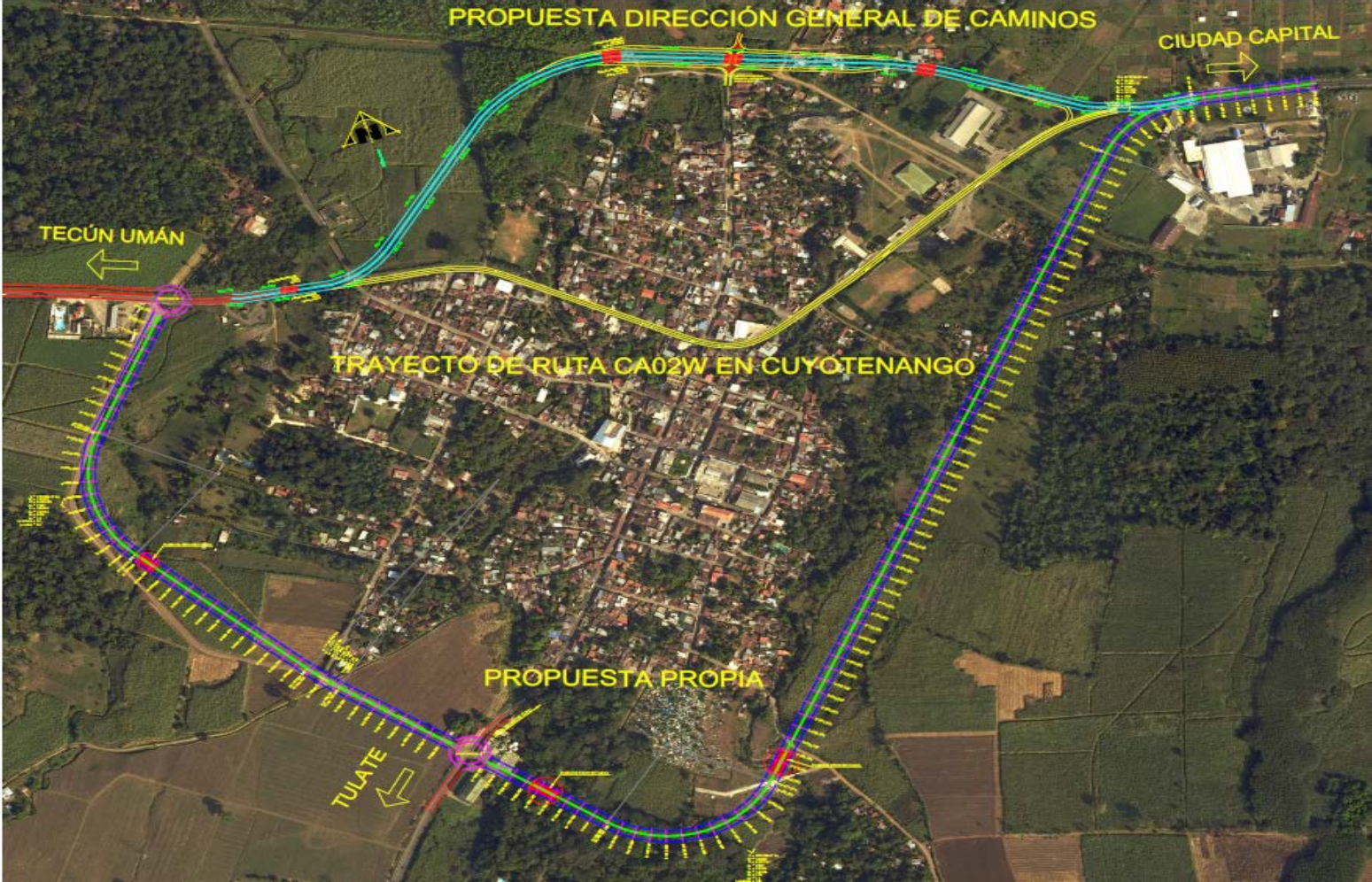
Tabla XXIV: Características geométricas recomendadas para el tramo en estudio.

T.P.D.A. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	ANCHO CALZADA (M)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (M)	RADIO MINIMO (M)	PENDIENTE MAXIMA (M)	DISTANCIA VISIBILIDAD PARADA		DISTANCIA VISIBILIDAD PASO	
				CORTE (M)	RELLENO (M)				MINIMA (M)	RECOMENDADA (M)	MINIMA (M)	RECOMENDADA (M)
3000 A 5000	TIPO "A" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	100 80 60	2x7.20	25	24	50	375 225 110	3 4 5	160 110 70	200 150 100	700 520 350	750 550 400
1500 A 3000	TIPO "B" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80 60 40	7.2	13	12	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200
900 A 1500	TIPO "C" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80 60 40	6.5	12	11	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200
500 A 900	TIPO "D" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	80 60 40	6	11	10	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200
100 A 500	TIPO "E" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	50 40 30	5.5	9.5	8.5	25	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200
10 A 100	TIPO "F" REGIONES LLANAS ONDULADAS MONTAÑOSAS	40 30 20	5.5	9.5	8.5	15	225 110 47	6 7 8	110 70 40	150 100 50	520 350 180	550 400 200

Fuente: Diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia, departamento de Guatemala. Hernández, Allan.

Facultad de ingeniería. USAC. Octubre de 2010.

Figura 33. Propuesta de libramiento de comunidad e integración de transporte pesado para Cuyotenango.



Fuente: elaboración propia.



## **7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **7.1. Aumento de vehículos de carga lenta**

Debido a la cantidad de vehículos que circulan por la ruta CA02W y la ruta hacia Tulate, se puede destacar que esta es una ruta primordial para el desarrollo del país.

Como muestran los resultados, además es de suma importancia incluir en la priorización de los resultados, un proyecto que incluya el tránsito que se moviliza hacia la playa de Tulate, puesto que no solo muestra altos índices vehiculares para ese tipo de ruta, sino además, la tipología para el caso de vehículos de carga, muestra un comportamiento económico de la zona.

No se puede desarrollar un plan para Cuyotenango sin tomar en cuenta las exigencias de la zona, a todo ello se le debe sumar que cada día hay más inversión en esta zona del país al estar considerado como un punto de producción en sentido agrícola, ganadero, industrial y comercial.

De lo expuesto en el capítulo 3, se puede observar que el aumento de vehículos de carga lenta obedece a la época de zafra, esto se considera debido a que existen 2 ingenios cerca, ambos comparten rutas para poder movilizar su materia prima hacia su destino final.

En tal sentido, al analizar la importancia de la ruta CA02W para el transporte de carga, se debe tomar en consideración que el Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y México, que forma parte del Plan Puebla –

Panamá, generará a mediano plazo un aumento en los tiempos de viaje de los vehículos de carga lenta, puesto que los T3S2R4 (85 toneladas) circulan en buen numero en las autopistas de México, y aún más al recordar que son los vehículos de máxima carga sin pasar a ser cargas especiales.

Razón primordial por la que se evaluar la propuesta de construcción de esta circunvalación, todo ello desencadena una serie de ventajas en el sentido de seguridad vial, se disminuiría accidentes como primer punto, esto porque la circulación de vehículos de carga lenta tendrían una ruta alejada de la población; luego se disminuirían los costos operación vehicular al estar más fluida la circulación, ya no se perdería demasiado tiempo por las paradas obligatorias por el reducido derecho de vía, se reducirían los tiempos de viaje por tener menos tiempo de espera para el paso por esta ruta al congestionarse, se propiciaría la inversión extranjera la cual es importante para el país, debido a que los empresarios saben que no tendrán pérdidas derivadas del estancamiento vial en proporciones desmedidas como las que actualmente se sufren, se aumentaría la competitividad del país porque sería más eficientes las personas que laboran por el sector y los que usan la ruta para diferentes actividades.

## **7.2. Análisis de cargas especiales circulando por la CA02W**

Se debe analizar también la circulación de cargas especiales sobre la ruta, debido a que estas generan un efecto dañino a la estructura del pavimento cuando se conducen con la carga pero no tan grave como el que se puede provocar en los puentes, es por eso que el diseño de éstos se debe considerar puesto que pueden provocar una fatiga o destrucción total de los elementos estructurales.

El Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos controla y regula estos, y ellos indican que la frecuencia de los viajes es un punto a tomar en cuenta porque entre el año 2011 al 2013 se movilizaron 7 cargas especiales y todas ellas pasaron por esta ruta según los permisos especiales que se extendieron, es por esa razón que el considerar esto es de necesidad prioritaria.

La propuesta considera dos puentes, por esa razón, se menciona el tema de las cargas especiales para las que se debe diseñar, pensando en la circulación esporádica de estos. Por el contrario, la frecuencia de viajes de los T3S2R4 que llegan hasta 85 toneladas pueden provocar un daño considerable a las estructuras de los puentes y del pavimento, de esa cuenta se debe realizar un diseño apropiado debido a la existencia de los 2 ingenios en la región.

### **7.3. Derecho de vía**

#### **7.3.1 Reglamentación sobre el derecho de vía de los caminos en Guatemala**

Actualmente no existe un reglamento vigente o actualizado, el que se usa en Guatemala data del año 1942. En este encontramos las definiciones de los caminos, derecho de vía, categorizaciones, obras, entre otros. Además contempla una enumeración de trabajos que no están permitidos realizarse en las propiedades.

Así mismo, menciona la extracción de materiales de predios que colinden con los caminos a realizarse deberá haber mutuo acuerdo entre ambas partes para que se logre hacer en un área determinada, básicamente por el propietario.



Se menciona también el procedimiento para apertura de nueva ruta y a quien poder acudir, ya sea la Dirección General de Caminos o si fuera una de menor orden la Gobernación departamental, siempre y cuando se cumplan los artículos citados en este reglamento. En el tema de especiales se indica quienes son los que pueden entrar a los predios para apertura de carretera así como si en su momento es necesario bloquear un camino provisionalmente y buscar rutas alternas para que se pueda circular sin problema, por otra parte también se mencionan que no se deben causar daños a ninguna estructura de la ruta, puesto que de hacerlo se aplicarán sanciones, que dictarán los jueces de paz del lugar y si así lo requiera incluso de conformidad con el Código Penal.

En resumen ese reglamento da algunas directrices para lo que respecta al derecho de vía, sanciones, señalizaciones, levantamiento de rutas en el lugar, etc. Y puesto que a la fecha no se dispone de uno actualizado sigue en vigor este.

### **7.3.2. Trámite para la adquisición del derecho de vía**

Actualmente no existe un reglamento actualizado, el que se usa en Guatemala data del año 1942. En este encontramos las definiciones de los caminos, derecho de vía, categorizaciones, obras, entre otros. Además contempla una enumeración de trabajos que no están permitidos realizarse en las propiedades.

Dentro del trámite que se realiza para la adquisición del derecho de vía se puede mencionar lo siguiente:

- Los inspectores de derecho de vía averiguan quien es el propietario y lo contactan, para solicitarle el permiso e iniciar los trabajos de topografía por medio de una carta.
- Del área que se usará el afectado hace una solicitud reclamando una indemnización por el área afectada.
- Esta solicitud se pasa a la División de Supervisión de Construcciones de la Dirección General de Caminos, para que esta lo remita a la supervisora del proyecto carretero donde se haga constar el área a utilizarse y donde conste que es el área afectada.
- Luego de haber revisado el plano el área técnica del derecho de vía, el cual es aprobado por el Departamento Técnico de Ingeniería de la Dirección General de Caminos, se le solicita al interesado acreditar la propiedad.
- Al tener todos estos requisitos se envía el informe a DICABI para que se realice el respectivo avalúo del área afectada.
- Al tener el avalúo realizado por DICABI, se le informa al propietario y si está de acuerdo se hace un convenio con el Director General de Caminos, en el cual se hace constar que esa fracción pasa a ser propiedad del Estado, si y solo si se le pague lo indicado en el avalúo practicado.
- Luego se pasa el expediente a Gobernación Departamental, para que pueda aprobar el convenio celebrado por ambas partes y así hacer el pago.
- Luego al tener la resolución de Gobernación Departamental en donde se aprueba este convenio, se envía al departamento financiero de la Dirección General de Caminos, para emitir la orden de pago.
- Luego de haber pagado al interesado se inicia el trámite para escriturar a favor del Estado.

De todo este proceso indicado anteriormente no surgió ninguna inconformidad, se logra sin mucho problema; sin embargo, cuando el propietario

no está de acuerdo en el monto valuado de su propiedad se hace de la siguiente manera:

- El afectado realiza su avalúo con quien el desee y lo presenta, si es demasiada la diferencia entre uno y otro, se procede a solicitar a Gobernación Departamental que designe un tercer valuador, y se conoce como tercero en discordia.
- Del avalúo realizado por este último, será el precio a pagar al afectado sin poder reclamar nada.
- Luego se le da trámite por la vía legal y se dirige a Finanzas Públicas para realizar el pago correspondiente.
- Incluso durante el período de análisis del área a expropiar se le propone al propietario realizarle mejoras a su inmueble, estas pueden ser,
- De no aceptarse éste último se analiza realizar un cambio de línea siempre y cuando no afecte la funcionalidad del proyecto.

### **7.3.3. Trámite para la adquisición del derecho de vía en la ruta de estudio**

Del tramo en estudio se necesitan 25 metros de derecho de vía, esto con la finalidad de proporcionar una ruta que satisfaga las necesidades del comercio internacional, considerando que este paso por Cuyotenango es primordial, sin olvidar que en Guatemala no existe un ente que regule la tipología del tránsito, en cuanto a número de ejes y más aún al tomar en cuenta que cada día son más los articulados que ingresan por esta frontera.

En tal sentido, se destaca la capacidad para crecer a futuro por las cargas vehiculares que se incrementan año con año.

Para el tramo involucrado se colindan con terrenos en el lado sur, yendo de la ciudad de Guatemala hacia la frontera, con terrenos propiedad de los Señores Cazali y los Señores Aceituno.

#### **7.3.4. Áreas de derecho de vía para el tramo en estudio**

Del tramo en estudio se necesitan 25 metros de derecho de vía, esto con la finalidad de proporcionar una ruta que pueda crecer sin ningún problema a futuro. Se realizó una consulta con el Ing. Edwin Raúl Barrios Ambrosy, que es consultor especialista en Diseño Geométrico e Ingeniería de Tránsito y labora para la Dirección General de Caminos (DGC) y una consulta en la Coordinación de Asesoría Jurídica de la Dirección General de Caminos (DGC) sobre este tema, y se discutió el costo de la tierra en este lugar que puede variar en gran manera por la cercanía muchas veces a cabeceras departamentales o comercios importantes en la región.

También por el uso del suelo que tiene (comercial, residencial, agrícola); la topografía del mismo (plana, ondulada, quebrada, mixta); si existen recursos hídricos (río, riachuelos, nacimientos); el tipo de sector (urbano o rústico) y el tipo de construcciones, de que categoría es (alta, media, baja) y el valor estimado de la misma. Todos estos factores se toman en cuenta por el Ingeniero Valuador para realizar una investigación sobre los valores de la propiedad y así tener la idea del costo de la misma. Para este caso en particular se determinó que el costo aproximado es de US\$ 24.80/m<sup>2</sup>, para terreno plano y con fines agrícolas (7.66 tasa del 28/07/2015, Banco de Guatemala).

El trazo sobre el cual se sitúa la propuesta de este estudio, y que completa la circunvalación de la población de Cuyotenango, se puede dividir en

dos tramos: uno que ya existe y forma parte de la red de caminos de la municipalidad, donde el camino tiene un ancho de 10 metros y se estima que el derecho de vía es de 15 m. Este tramo tiene una longitud de 1 kilómetros y puede ser utilizado con la anuencia de las autoridades para el mejoramiento vial de la zona. El otro tramo, aunque no está registrado, tiene una brecha que se utiliza para movilización interna de las dos fincas propietarias de esta franja. La Finca propiedad de la familia Aceituno y la finca propiedad de la familia Cazali, con quienes tanto las autoridades municipales como el investigador han conversado sobre la posibilidad de ceder dicha franja para la construcción de la carretera. En este sentido, se observó buena disposición de los propietarios a negociar y/o ceder a cambio de mejoras, dicho tramo.

Se pudo establecer la factibilidad del uso de estos terrenos, dado que para el primer tramo, es la municipalidad quien autoriza el uso de dicha vía y para el segundo tramo, la negociación se deberá realizar únicamente con dos propietarios, lo cual facilita esta gestión y trato final para su uso.

#### **7.4. Análisis de ventajas de propuesta de solución vial propia sobre alternativa de la DGC y situación actual**

La propuesta propia tiene ventajas sobre la realizada por la Dirección de Caminos, a continuación se enumeran algunas de éstas:

- Involucrar el tránsito de carga lenta generado por los ingenios, industrias y comercio de la región para incorporarse sin problema a la ruta CA02W, por el contrario la propuesta de la DGC no consideró estos volúmenes y tipología de tránsito proveniente de la playa de Tulate.

- De la longitud total de la propuesta a largo plazo se tiene 1 kilómetro de trazo existente municipal entre potreros de caña de azúcar, por el cual circulan los vehículos de carga lenta para incorporarse a la ruta CA02W en sentido hacia Tecún Umán, lo que haría más accesible el derecho de vía.
- La propuesta libra casi en toda su longitud poblados o caseríos, lo que genera un costo de adquisición para el Estado más bajo a la hora de analizar el derecho de vía.
- Disminuir accidentes, puesto que no existen poblaciones paralelas a la circunvalación ni comercio cercano a este, lo que sería beneficioso para los índices de accidentalidad en el sector.
- Mejorar el nivel de vida de las personas que viven actualmente a orillas de la ruta CA02W, por medio de disminuir la contaminación ambiental con la emanación de humo de la combustión de motores y la auditiva con sonido de bocinas y motores.
- Se disminuirían los tiempos perdidos provocados por el estrangulamiento del derecho de vía y comercios contiguos a la ruta en estudio.
- La propuesta propia tiene de longitud 2.5 km y la propuesta de la Dirección General de Caminos tiene 1.5 km, esto da una diferencia de 1 km, sin embargo a la hora de hacer una estimación de costo de adquisición para el derecho de vía la diferencia no es muy grande al considerar que la segunda pasa por población y viviendas, mientras que la otra pasa en una parte donde ya existe una ruta establecida que se está aprovechando.
- Disminución de los tiempos de viaje por tener una ruta con menos descensos en la velocidad de circulación de los vehículos.

- Disminución en los costos de operación vehicular, en todo los tipos de vehículos, por no verse obligado a detenerse hasta llegar a la una velocidad que tienda a cero.
- Se eliminan virajes a la izquierda, los cuales siempre generan un grado de inseguridad.

### **7.5. Propuesta geométrica de solución**

Un diseño geométrico o propuesta de carretera óptima es la que se adapta de mejor forma a las condiciones topográficas del lugar y se ajusta a las características y requerimientos de seguridad, nivel de servicio y a la tipología de vehículos que circularan en el lugar.

Sin embargo, la selección del trazado y la adaptabilidad al terreno dependerá del criterio del diseño geométrico adoptado, por lo tanto, estos están en función de la intensidad, tipología, volumen y velocidad del tránsito futuro.

Como propuesta se consideró el criterio de una carretera típica B de la Dirección General de Caminos (DGC), la cual norma los tipos de carreteras.

#### **7.5.1. Parámetros de la propuesta propia**

A continuación se presenta algunos parámetros de la propuesta propia para esta ruta CA02W donde se integra el tránsito pesado que se mueve hacia el sur del municipio.

- La propuesta considera trabajos de ampliación que está realizando la DGC al norte de la población de Cuyotenango, como parte de la solución al conflicto vial que se genera en el lugar.
- Dado que en la actualidad la circunvalación como tal no está completa, se debe terminar este proceso para crear un anillo vial a la población. A la fecha únicamente existe el tramo de la estación 169+300 hacia la bifurcación de la ruta hacia la playa de Tulate.
- En la estación 169+300 sobre la ruta CA02W se debe realizar un distribuidor vial para conectar con la propuesta de circunvalación de la población por la parte sur.
- En la intersección de la ruta RD SCH 09 (tramo hacia la playa de Tulate) y la circunvalación, se debe realizar una rotonda para distribuir el tránsito hacia los distintos destinos.
- Además se deben realizar 5 líneas de drenaje transversal y la construcción de dos puentes de 15 metros de largo aproximadamente.
- Tendrá un ancho de carril de 3.60 m en cada sentido y un hombro de 1.60 m.
- Señalización vial (vertical y horizontal) y dispositivos de seguridad, de preferencia que sean horizontales puesto que los verticales muchas veces se los roban.
- Diseñar en función del volumen de crecimiento vehicular especialmente para cargas especiales y vehículos de carga lenta (T3S2R4).





## CONCLUSIONES

1. El volumen de tránsito de vehículos que circulan en la ruta CA02W es de 8,898 vehículos diarios.
2. Los tiempos perdidos por la congestión vial se incrementan un 600% en este tramo de la ruta CA02W.
3. Los costos de operación calculados son los siguientes: para un camión C3 es de \$1.08/km, para un vehículo particular es de \$0.19/km y para un autobús es de \$0.77/km recorrido, estos provocados por el congestionamiento vehicular.
4. Se propone una alternativa de solución a largo plazo, para el conflicto vial por medio de una circunvalación que considere el tránsito de carga lenta generado por las zonas industriales aledañas al tramo en estudio.
5. Para la realización del diseño de pavimento y puentes en la ruta, se deben considerar las cargas especiales y los vehículos T3S2R4 por ser críticos más aún al considerar el desarrollo económico del área.
6. La colocación de dispositivos de señalización son necesarios e irremplazables en la ruta, aunque no den la solución definitiva ayudan a dar seguridad.



## RECOMENDACIONES

1. Considerar los volúmenes de tránsito que circulan por el área para el diseño del libramiento, dado que son indicadores de la necesidad de realizar el libramiento.
2. En la medida de lo posible, se debe reemplazar la señalización vertical por la horizontal, esto porque se deterioran muy rápido y no se reemplazan a la inmediatez.
3. Reforzar las soluciones de corto plazo, mencionadas en el desarrollo del documento para evitar que crezca el problema de la congestión vehicular.
4. Es necesario implementar una normativa guatemalteca actualizada en lo referente a tránsito puesto que de esta manera se pueden ir haciendo estudios para ampliar la infraestructura vial proyectada a un futuro.
5. Proponer a los ingenios de la zona un acuerdo, por medio de ceder a un precio accesible el derecho de vía y así disminuir la congestión en este punto.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ávila, R., & Alarcón, J. (2006). *Calculo de los costos de operación vehicular en la carretera Cuitzeo-Puruándiro-Zináparo y su impacto en los usuarios*. México.
2. Barreto, B. (3 de Julio de 2012). Recuperado el 29 de Octubre de 2012, de sitio web de SkyscraperCity: <http://www.skyscrapercity.com>
3. Caminos, D. G. (2010). *Perfil técnico económico y plan de desarrollo vial*. Guatemala.
4. Caminos, D. G. (2011). *Plan operativo anual*. Guatemala.
5. Caminos, D. G. (2012). *Formato para estaciones de conteo*. Guatemala.
6. Caminos, D. G., & Ministerio de Comunicaciones, I. y. (2000). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América S.A.
7. Cárdenas, A. (2011). *Monografía del municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
8. Castillo, C. (2015). *Transporte y economía del tráfico*. Guatemala.
9. Clares, F. (2009). *Planes viales, diagnóstico y desarrollo del sistema vial*. Costa Rica: Euroestudios - Ingenieros de consulta.

10. García, N. (2010). *Control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. Guatemala.
11. Guatemala, G. d. (1942). *Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesan*. Guatemala.
12. Guatemala, I. N. (2012). *Estimación proyectada de la población total por municipio al 30 de junio de 2012*. Guatemala: INE.
13. H, S., & Tulio, M. (2011). *Control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. Guatemala: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
14. Hernández, A. (2010). *Diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia, departamento de Guatemala*. Guatemala.
15. Merritt, F., Loftin, K., & Ricketts, J. (1999). *Manual del Ingeniero Civil, Cuarta edición*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
16. Montoya, G. (2005). *Apuntes de ingeniería de tránsito*. Lima.
17. Ordoñez, M. (2013). *Informe final del estudio de tránsito que se realizó en la CA02W*. Guatemala.
18. Paz, R. (2008). *Monografía de Cuyotenango, Suchitepéquez*. Guatemala.
19. Planificación, S. G. (2006). *Sistema nacional de planificación estratégica territorial, base metodológica*. Guatemala: SEGEPLAN.

20. Quiroa, M. (2005). *Contabilidad de costos aplicando costeo directo para empresas de transporte extraurbano*. Guatemala.
21. Robles, E. (17 de Septiembre de 2012). *La red vial en Guatemala*. Recuperado el 25 de Diciembre de 2012, de deGuate.com: [http://www.deguate.com/artman/publish/seguridad\\_vial/la-red-vial-en-guatemala.shtml#.VbVWpqR\\_Okp](http://www.deguate.com/artman/publish/seguridad_vial/la-red-vial-en-guatemala.shtml#.VbVWpqR_Okp)
22. Sáenz, D. (1997). *Implicaciones técnicas, financieras y legales de la concesión de un corredor vial centroamericano*. Honduras: INCAE.
23. Torres, G., & Pérez, J. (2002). *Métodos de asignación en tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución*. Queretaro: Instituto Mexicano del Transporte.



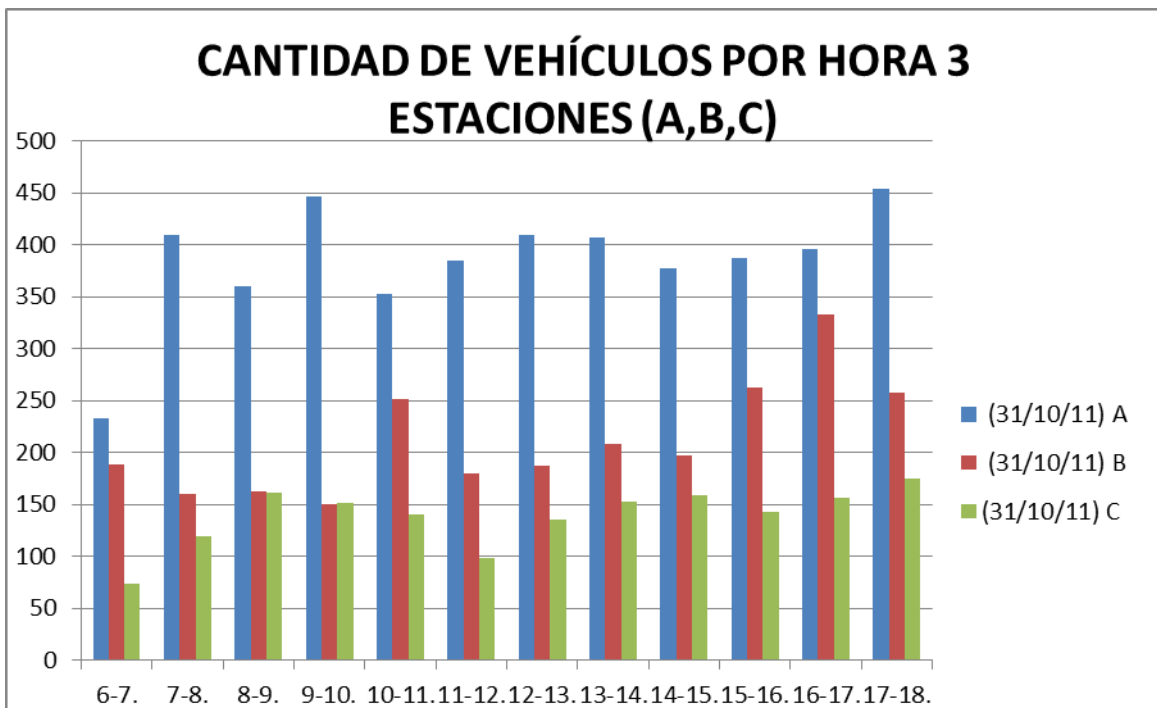
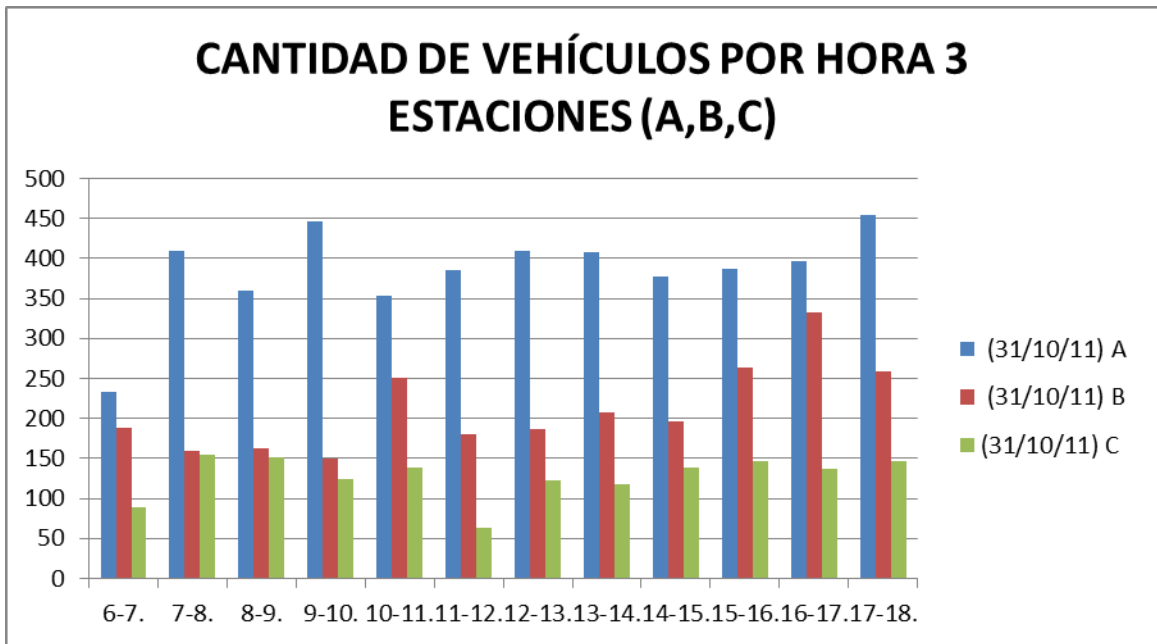


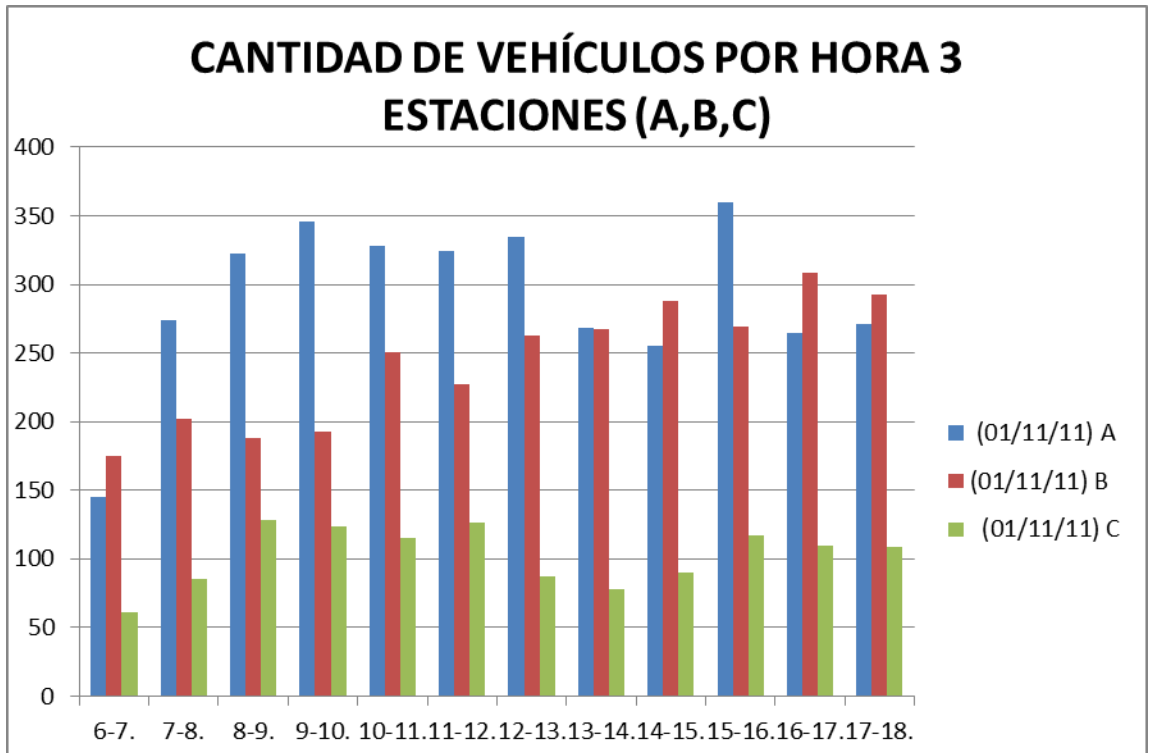
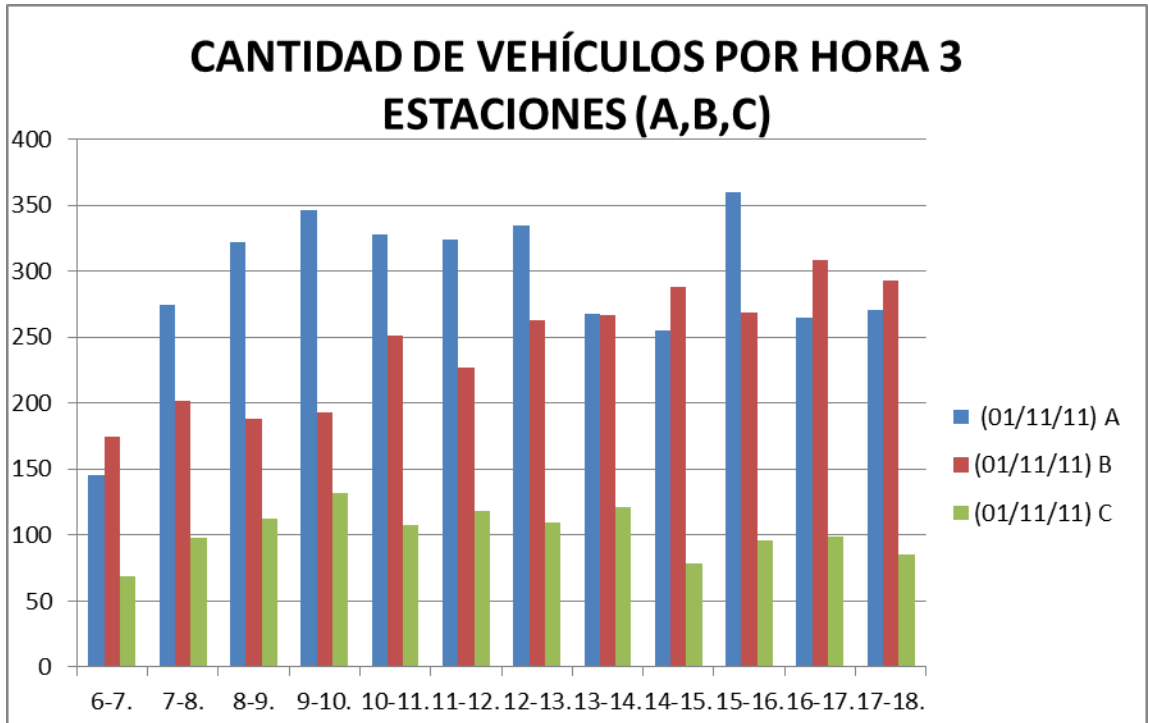
## **APÉNDICES**

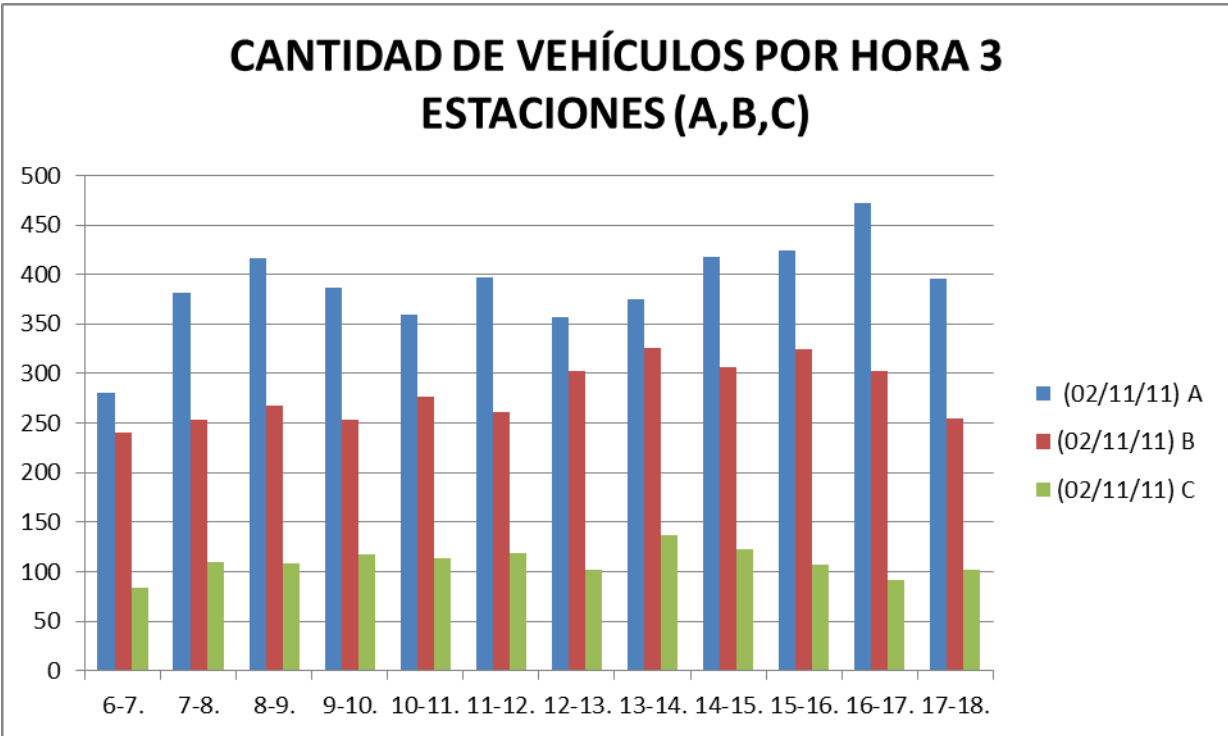
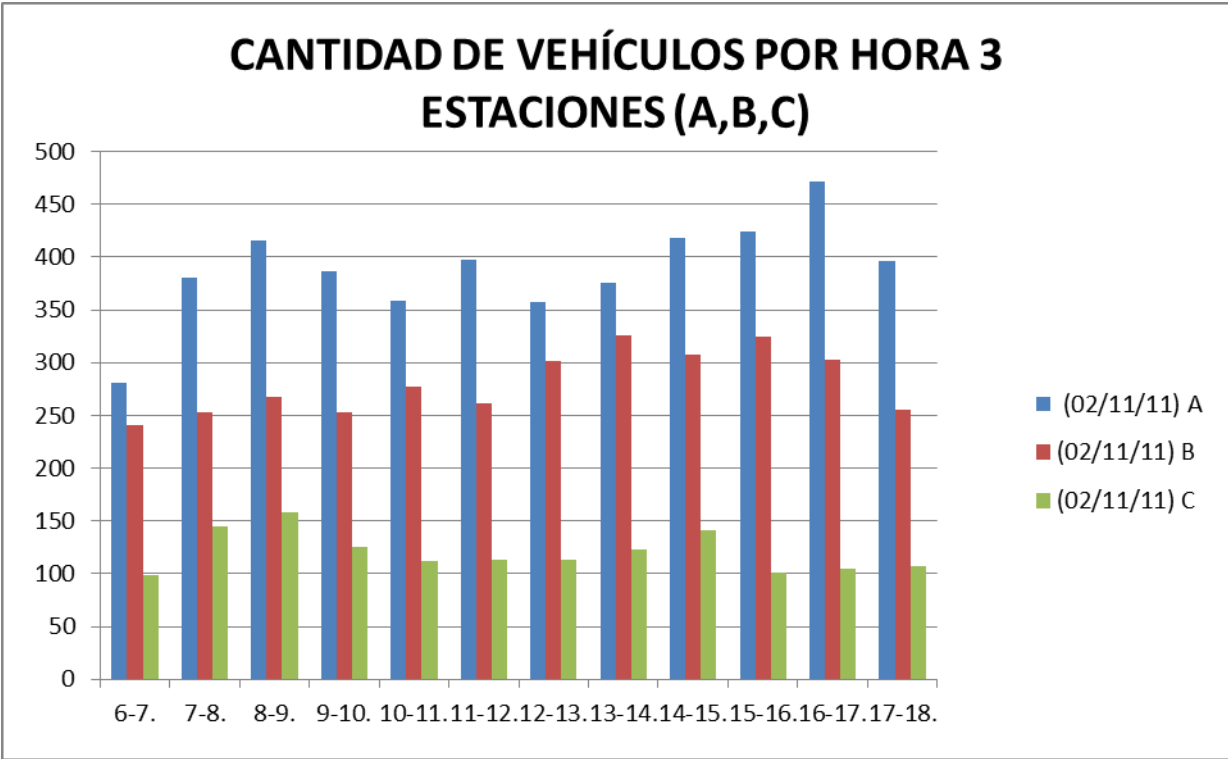


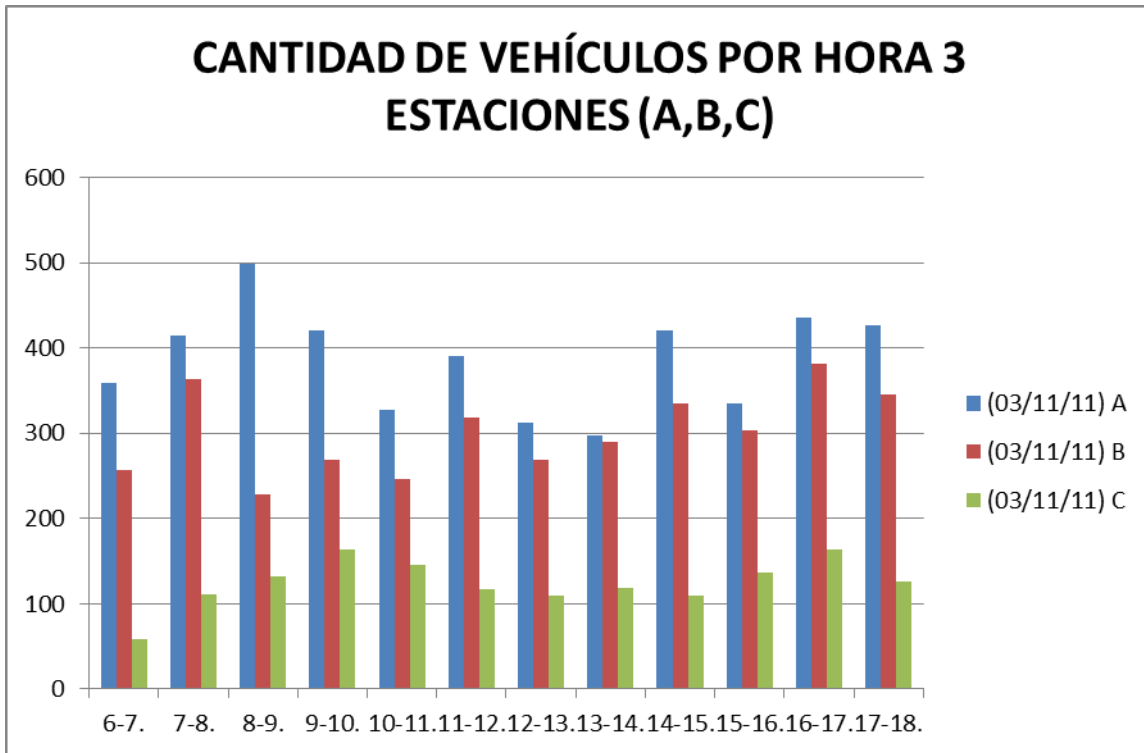
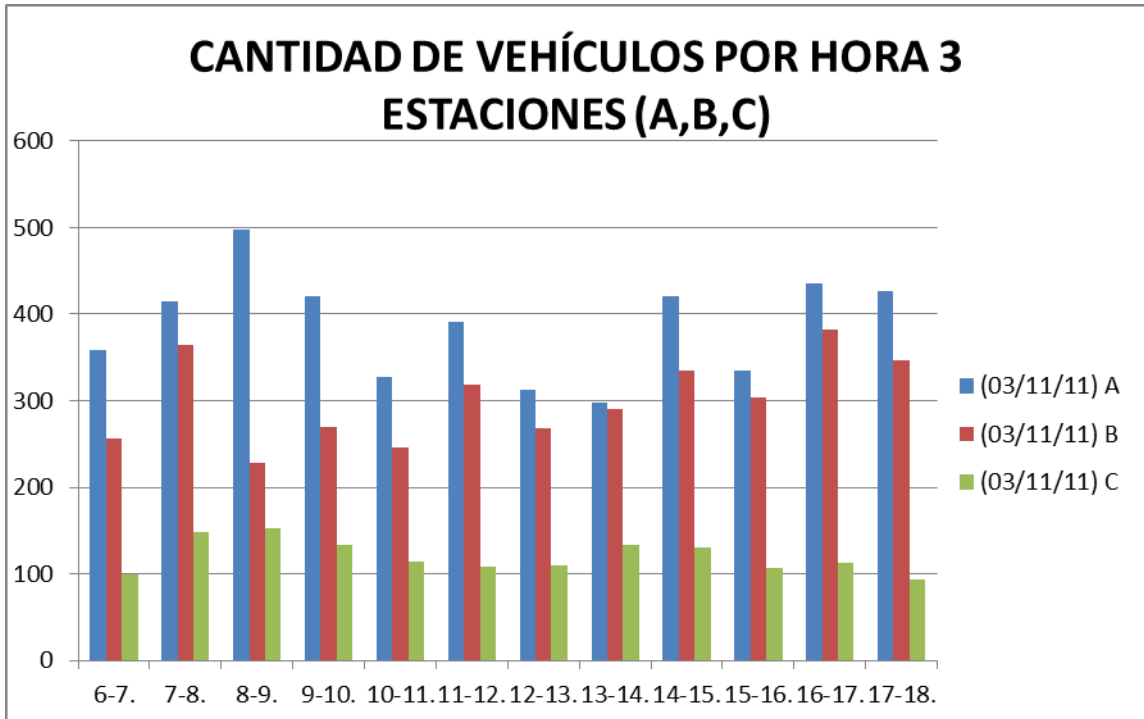
## 1. Representación gráfica de primer conteo

A continuación se mostraran los comportamientos de las tres estaciones de conteo por día del primer conteo.

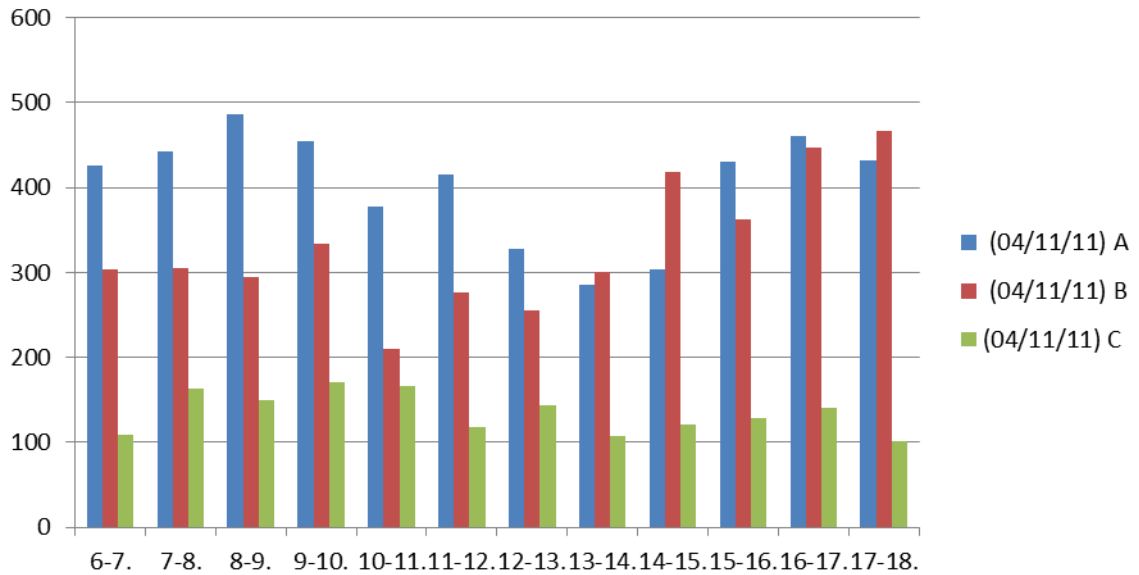




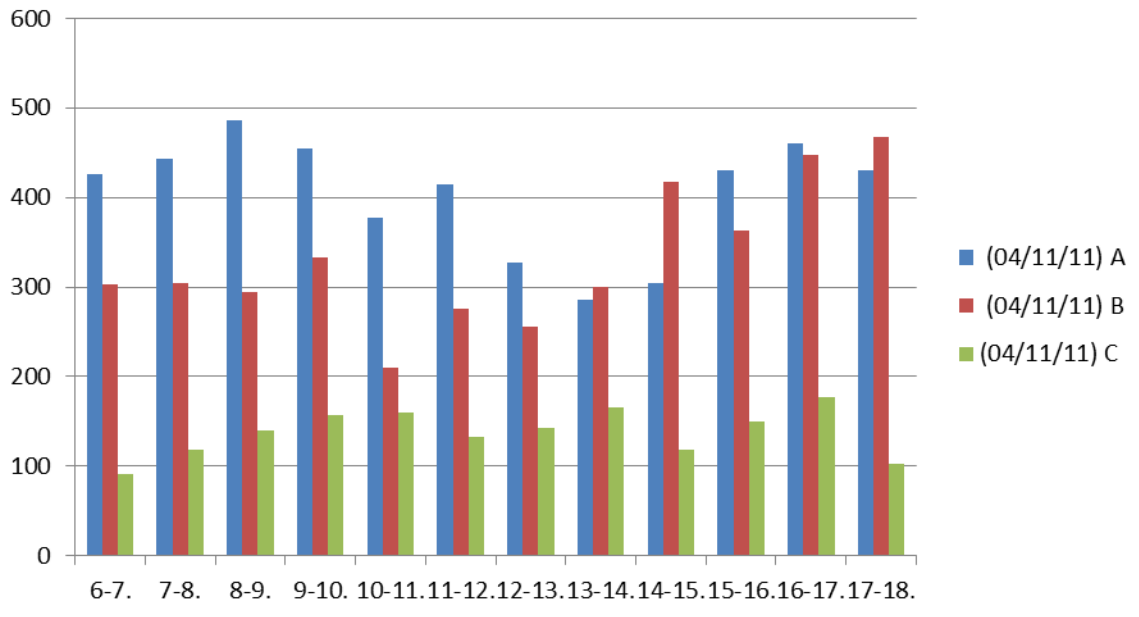




### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

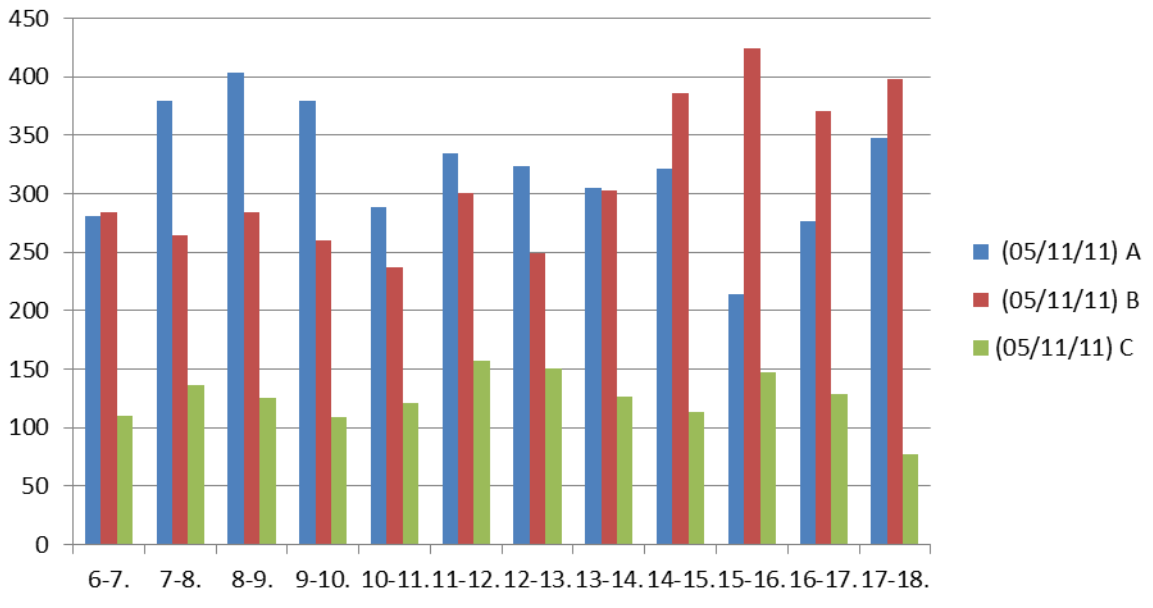


### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

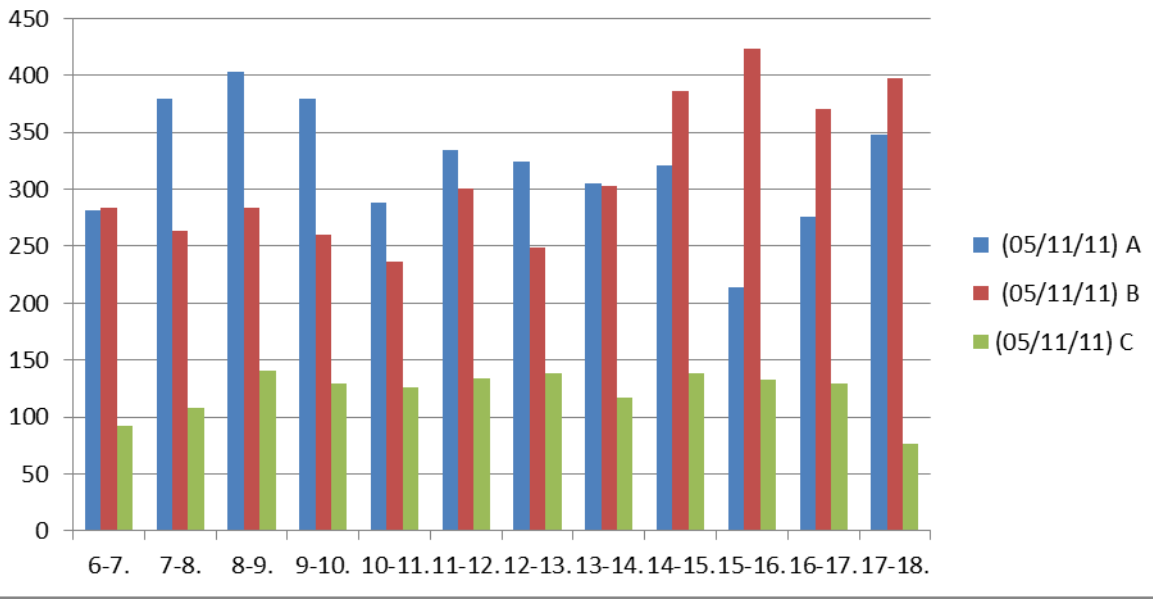


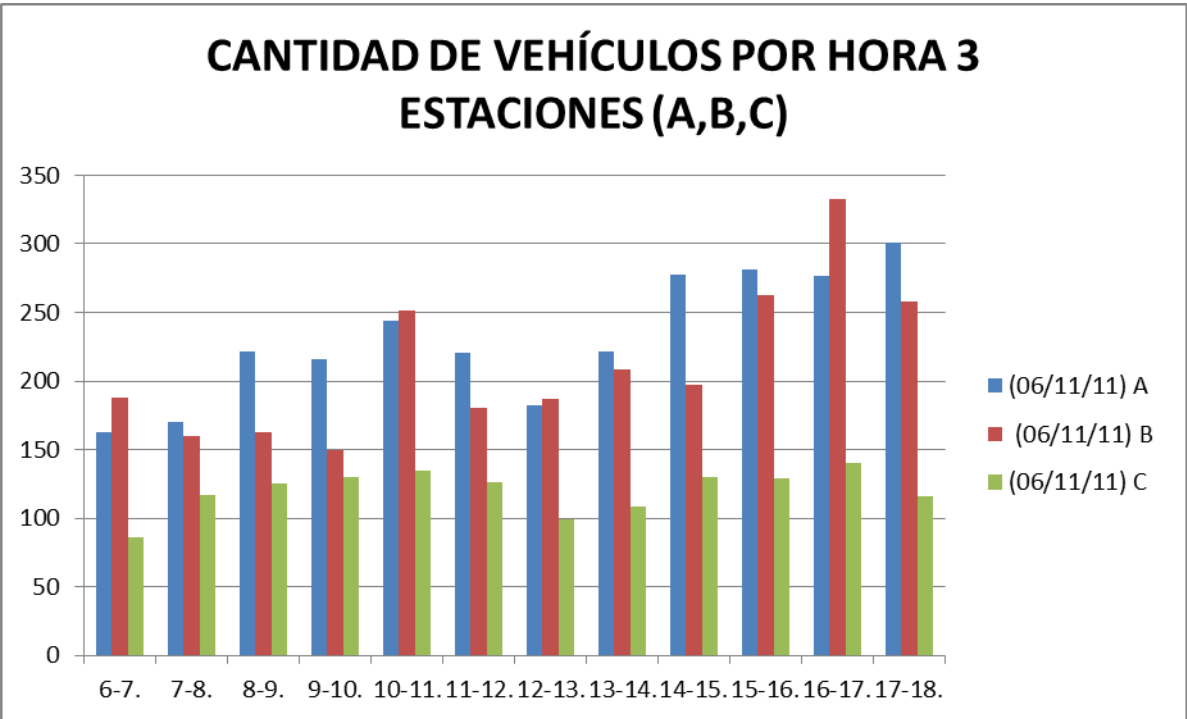
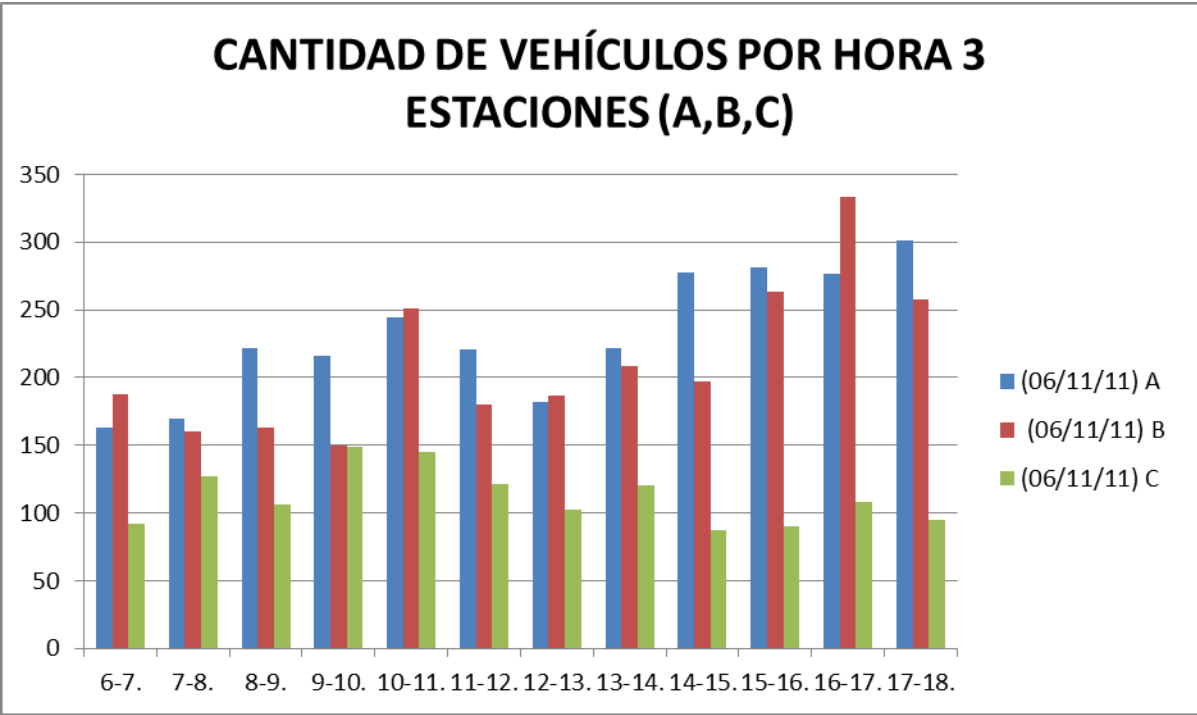


### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)



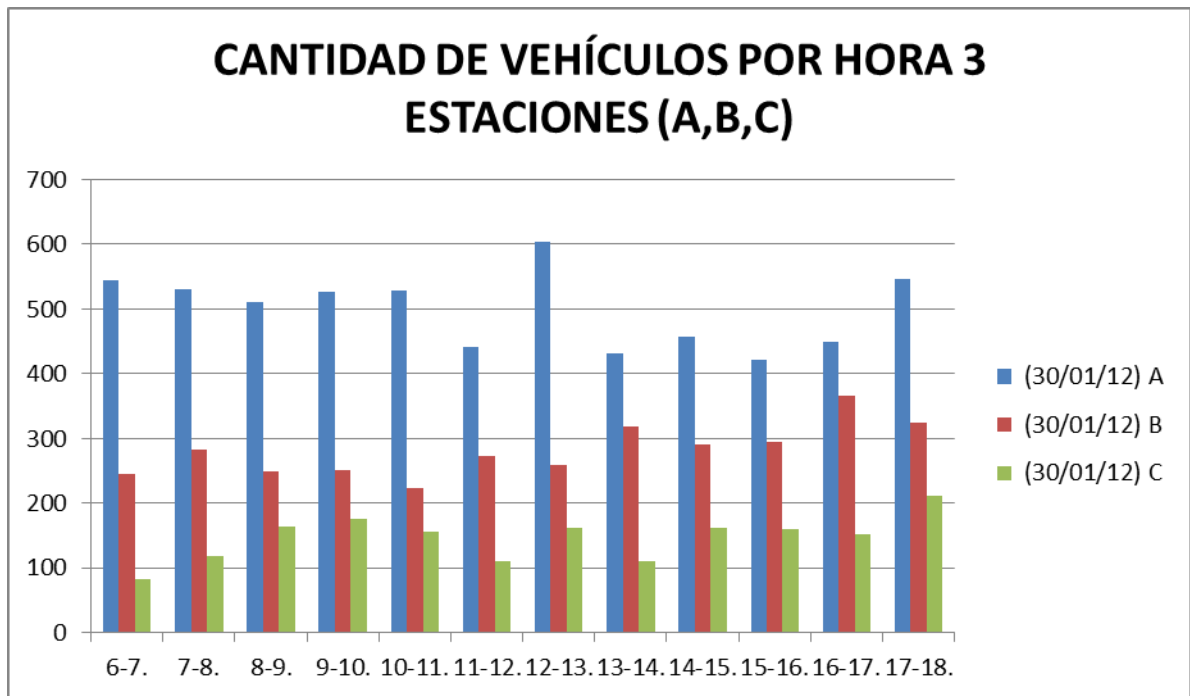
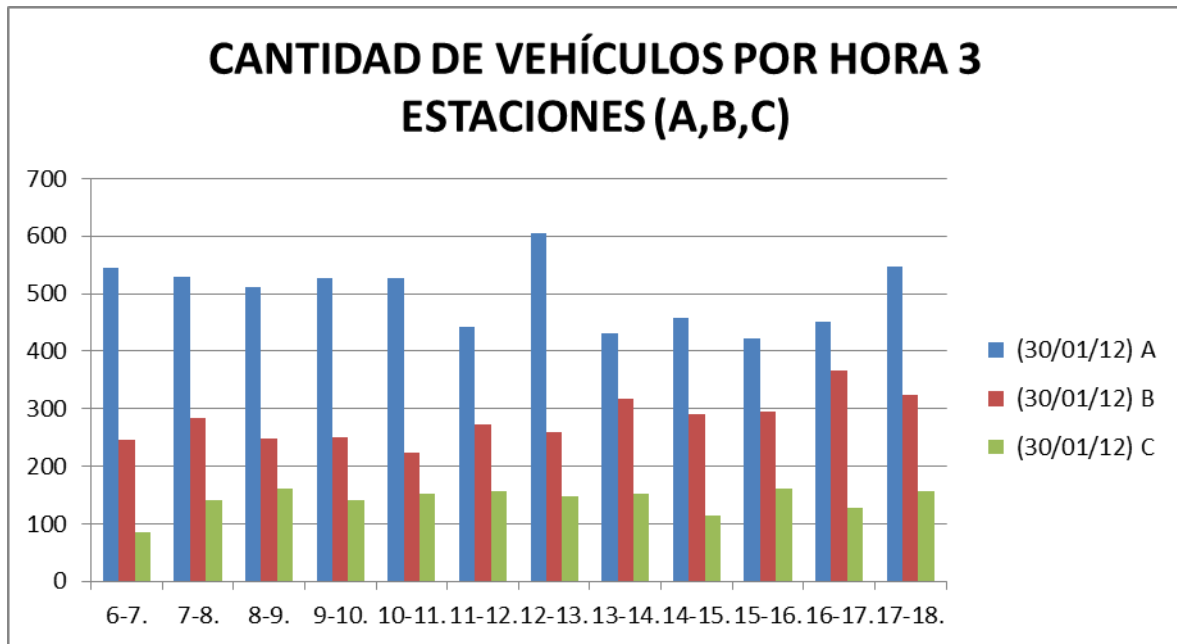
### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)



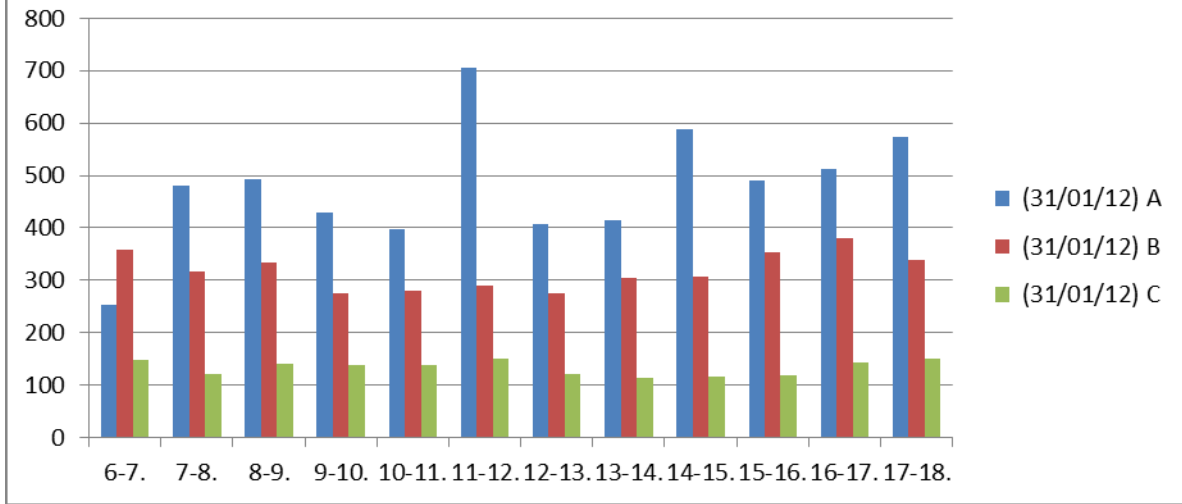


## 2. Representación gráfica de segundo conteo

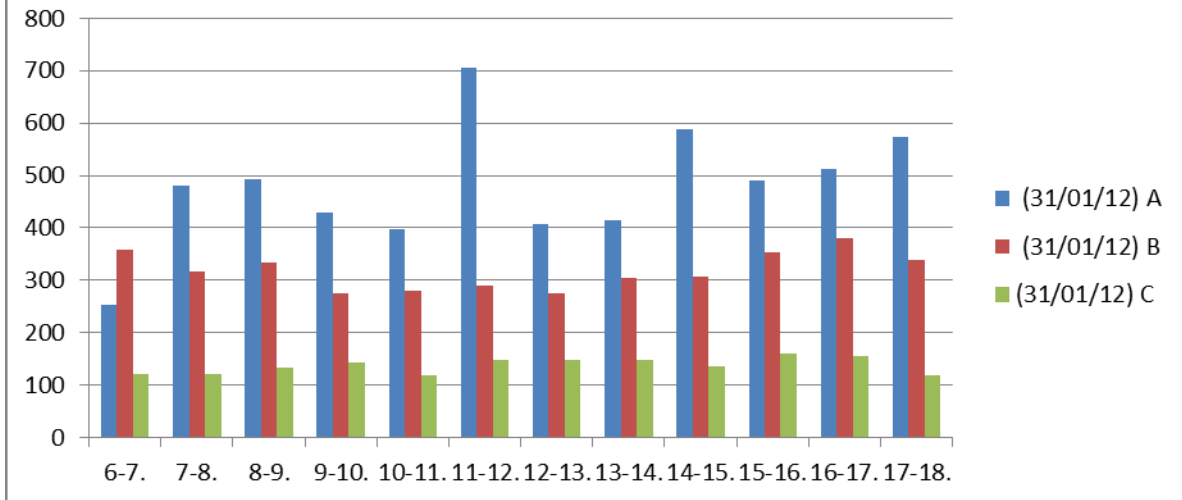
A continuación se mostraran los comportamientos de las tres estaciones de conteo por día del segundo conteo.



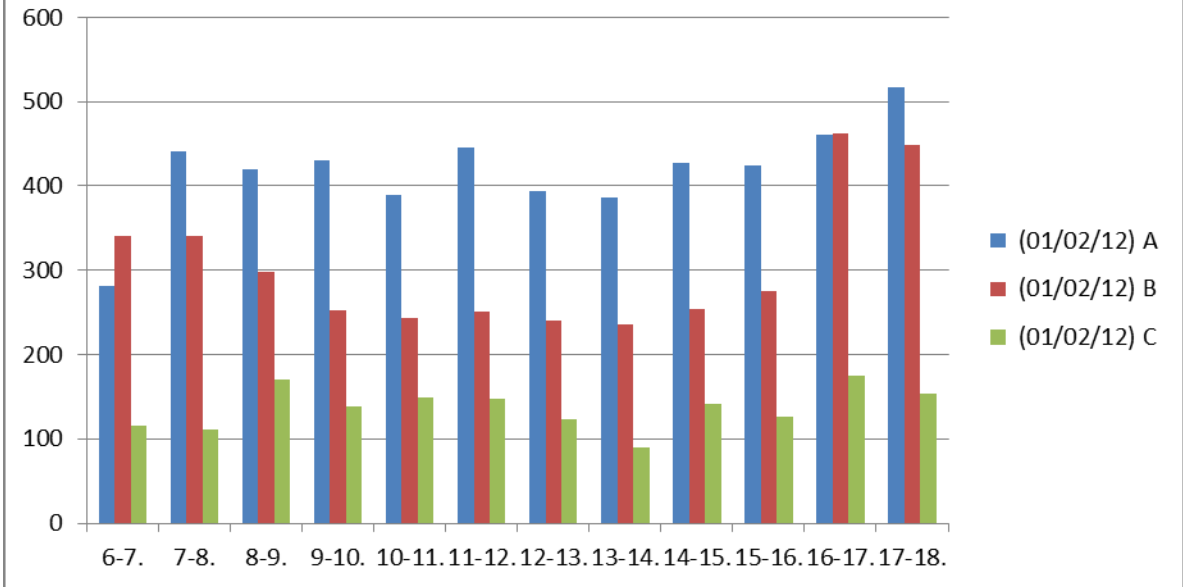
### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)



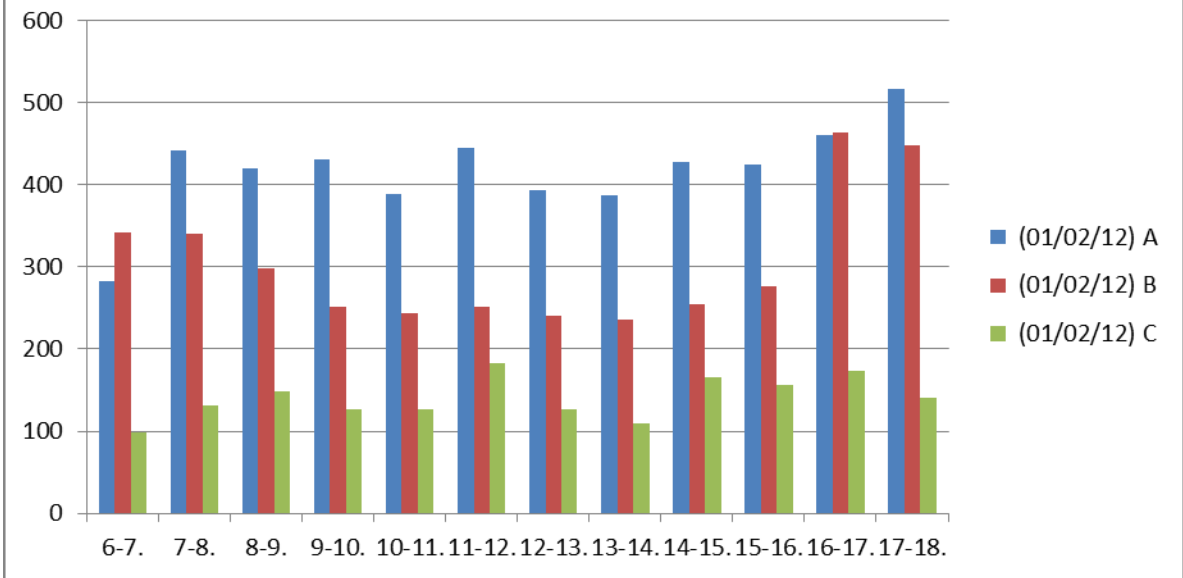
### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

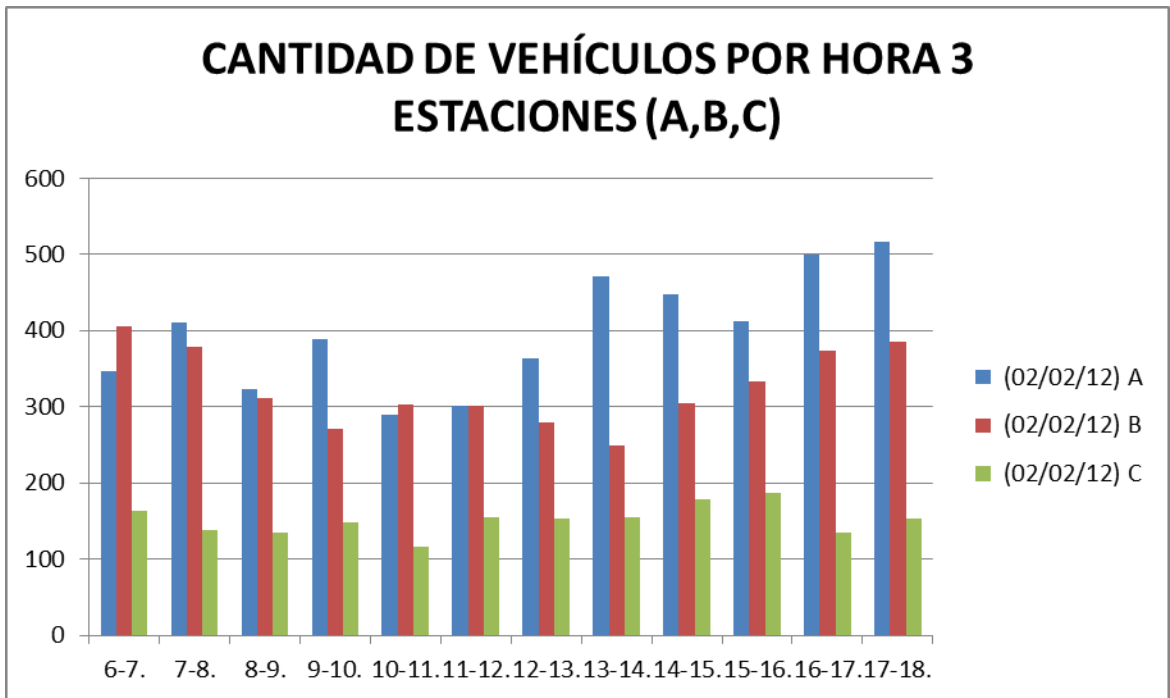
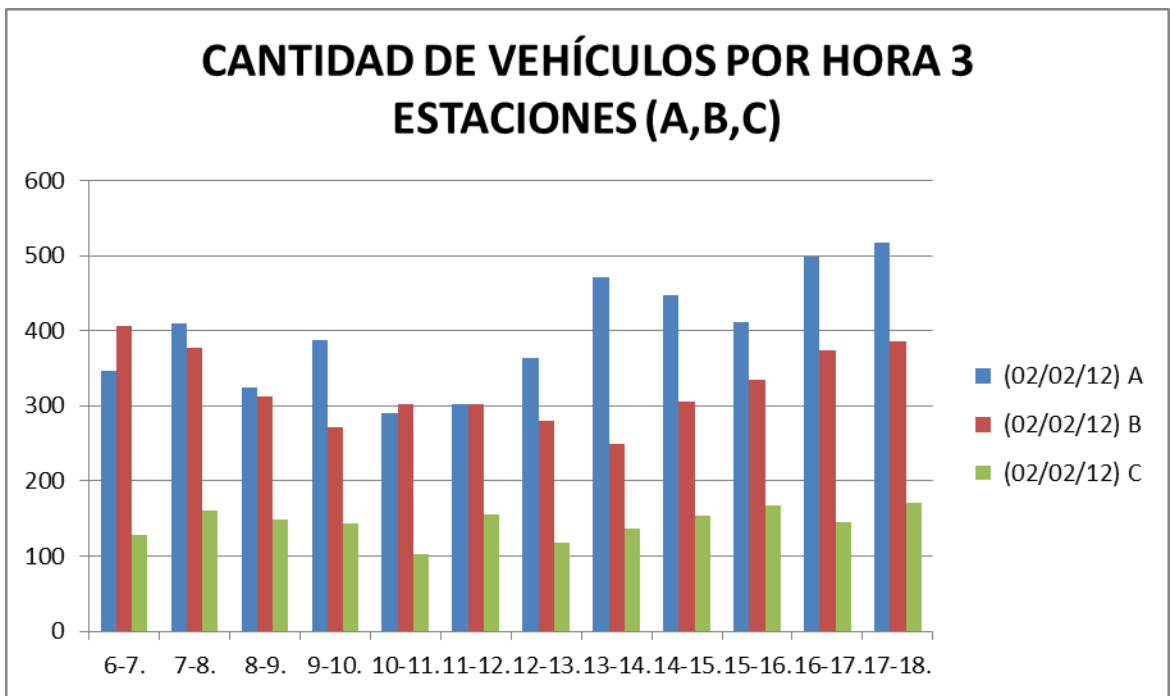


### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

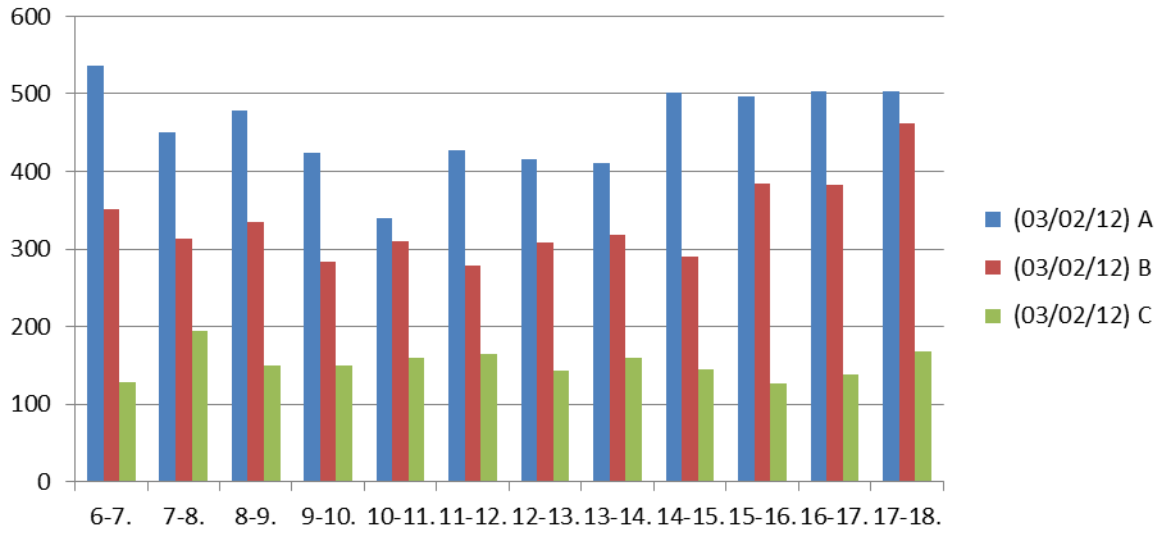


### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

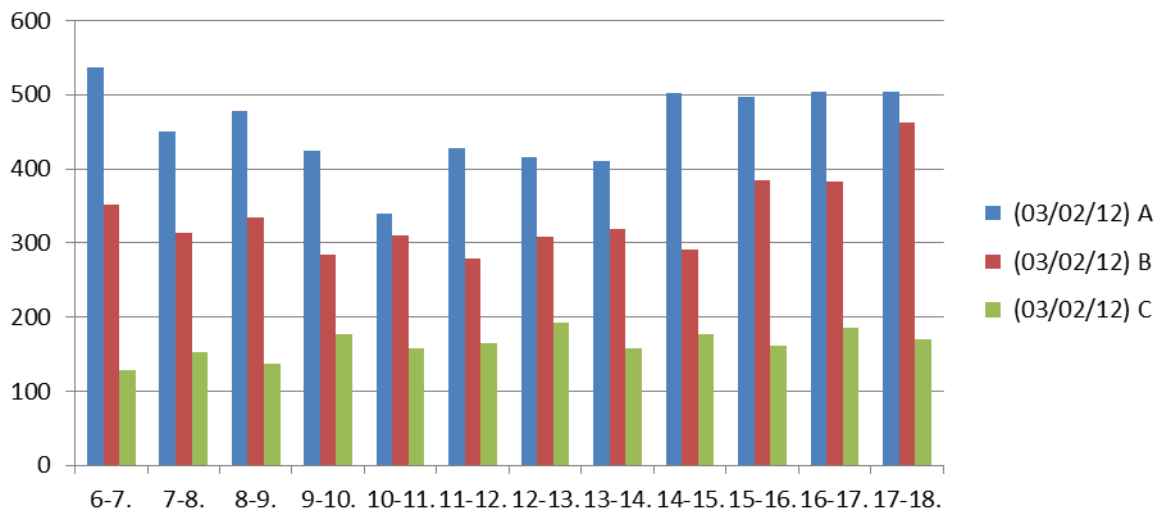


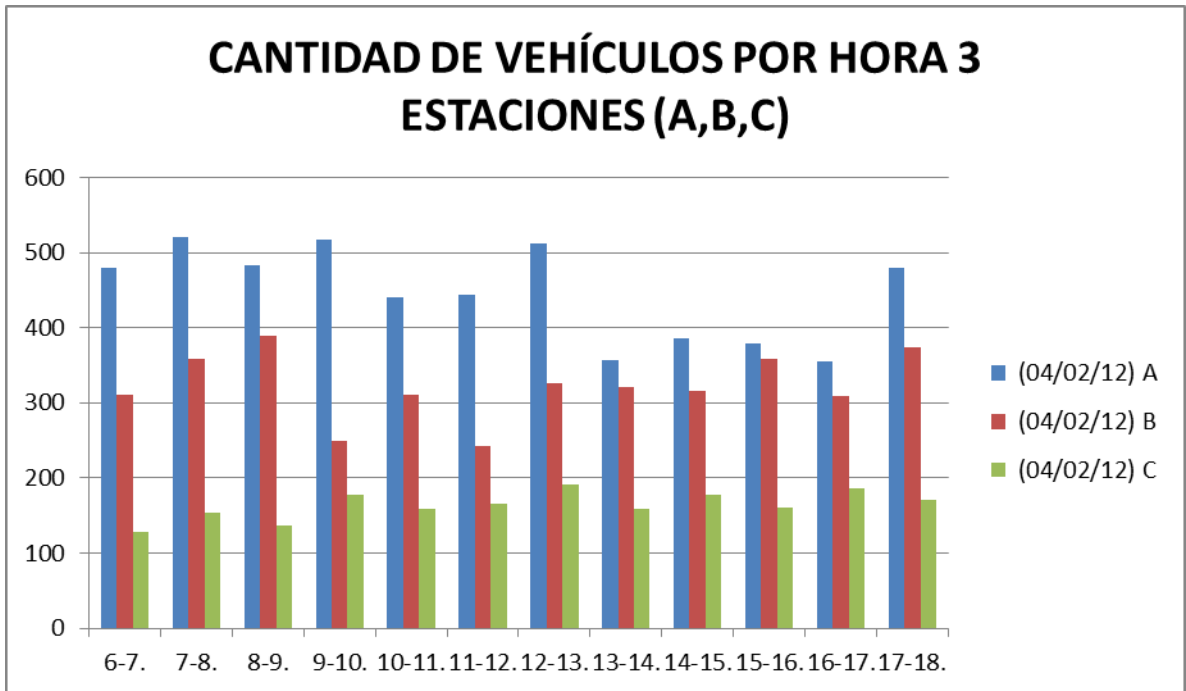
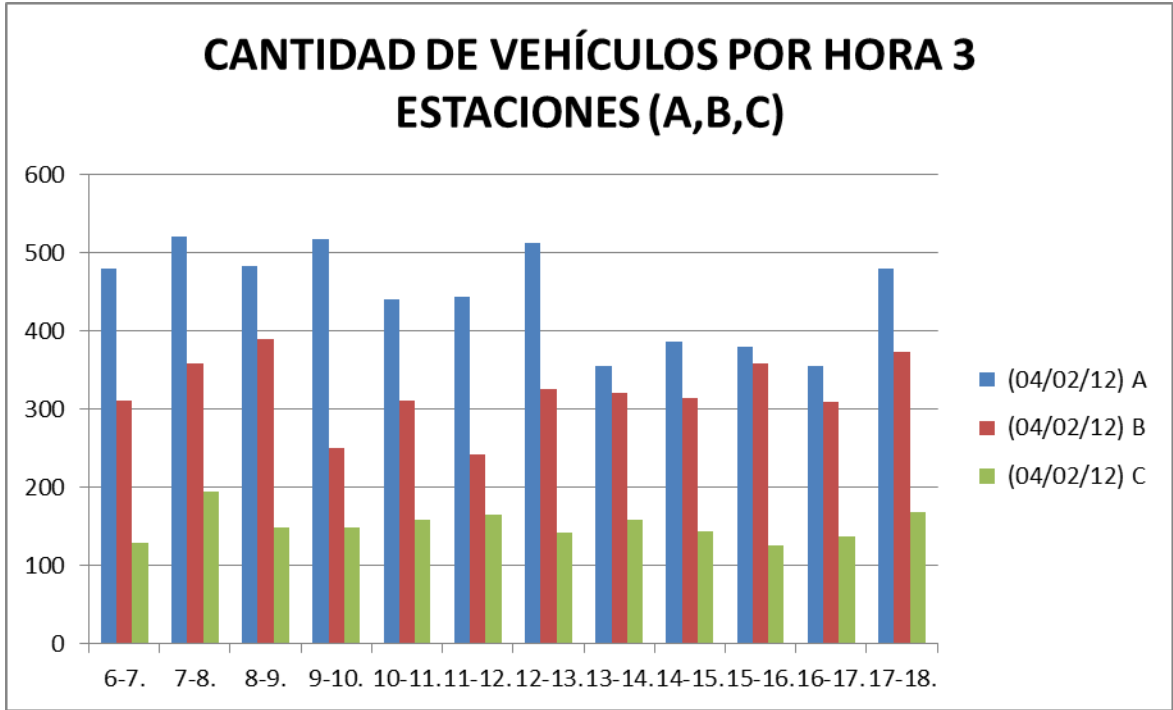


### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)



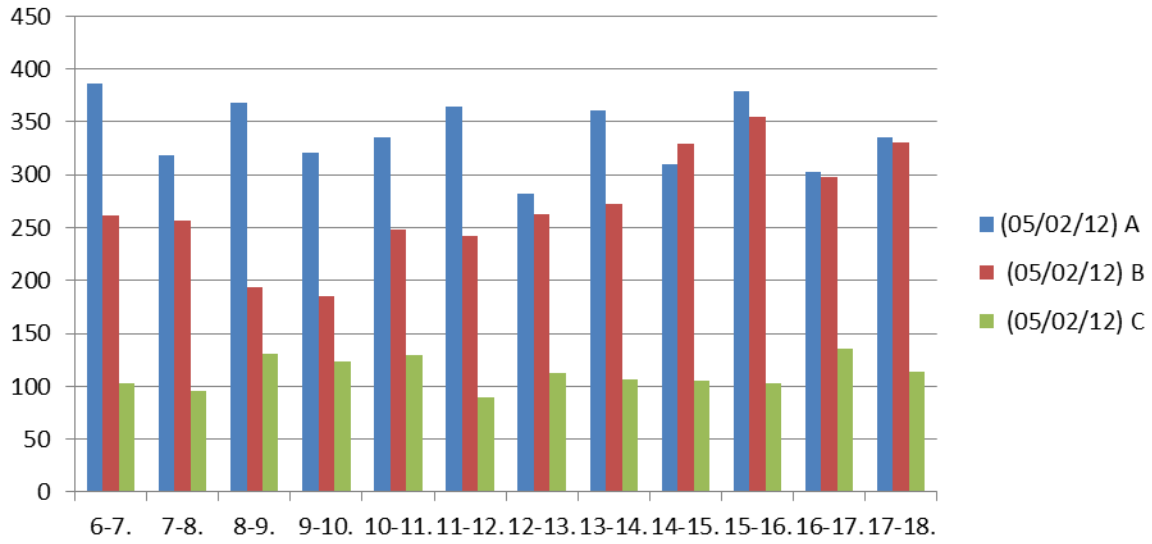
### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)







### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)



### CANTIDAD DE VEHÍCULOS POR HORA 3 ESTACIONES (A,B,C)

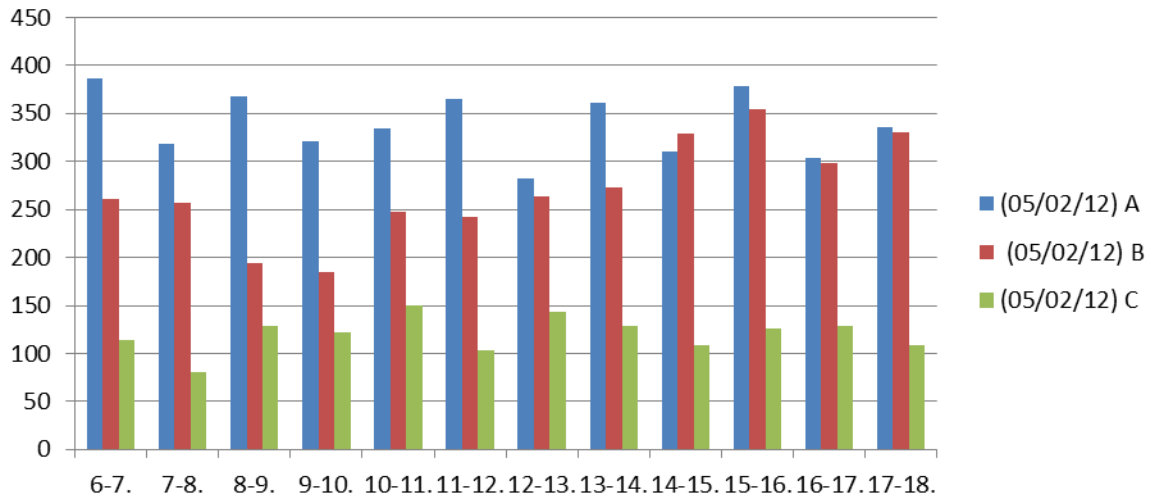


Tabla XXV. Formato de control para conteo vehicular

24 HORAS	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C-2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	TRENZA
06-Jul																			
07-Aug																			
08-Sep																			
09-Oct																			
10-Nov																			
11-Dec																			
Dec-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			

Fuente: elaboración propia

