

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

“PROPUESTA PARA LA SOLUCION DEL CONGESTIONAMIENTO  
VEHICULAR EN LA INTERSECCION DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA  
CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL”.

**PRESENTAN:**

ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC  
FUENTES RÍOS, IRINA EMELY  
OCHOA GARCÍA, DOLORES  
ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

INGENIERO CIVIL

**DOCENTE DIRECTOR:**

INGENIERO RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, NOVIEMBRE 2011.

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

***RECTOR:***

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

***VICERRECTOR ACADÉMICO:***

Lic. Ana María Glower de Alvarado

***SECRETARÍA GENERAL:***

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

***DECANO:***

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

***VICEDECANO:***

Lic. Carlos Alexander Díaz

***SECRETARIA:***

Lic. Fernando Pineda Pastor

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**“PROPUESTA PARA LA SOLUCION DEL CONGESTIONAMIENTO  
VEHICULAR EN LA INTERSECCION DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA  
CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL”.**

PRESENTADO POR:

**ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC  
FUENTES RÍOS, IRINA EMELY  
OCHOA GARCÍA, DOLORES  
ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

**COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:  
ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA**

**DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
ING. RIGOBERTO LOPEZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN MIGUEL, NOVIEMBRE DE 2011.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

DOCENTE DIRECTOR:

---

ING. RIGOBERTO LOPEZ

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:

---

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro Dios Todopoderoso, porque con su bendición a cada instante nos permitió lograr culminar nuestra carrera, venciendo todas las pruebas que nos presentó a lo largo de este camino;

A la Universidad de El Salvador, por proporcionarnos el medio para aumentar y adquirir nuestros conocimientos y haber permitido convertirnos en Profesionales;

A nuestro Docente director, Ing. Rigoberto López por su valiosa ayuda en el desarrollo de este proyecto;

A la coordinadora de Proyectos de Graduación, Ing. Milagro de María Romero Bardales, por darnos ánimos en momentos difíciles.

Al Ing. Jaime Perla Palacios por tan excelentes aportes.

A todos los docentes que a lo largo de los años de estudio compartieron con nosotros todos sus conocimientos.

A nuestros familiares y amigos que de una u otra forma pusieron sus granitos de arena para la realización de esta investigación.

Y de una manera especial agradecemos a los Ingenieros Jorge Alberto Laínez, Víctor Flores, y a todos los ingenieros del Ministerio de Obras Publicas que nos brindaron el valioso apoyo incondicional para lograr culminar esta investigación.

Amílcar, Emely, Ochoa, Alexandra.

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A **DIOS TODOPODEROSO**: Por permitirme alcanzar este triunfo, estoy plenamente convencido que a Él le debo todo y sé que por mi propia cuenta este logro no hubiese sido posible. Gracias Dios por esta bendición, ayúdame a utilizar de la mejor forma este regalo que me has dado.

A **MIS PADRES**: Amílcar Alfaro y Bety Marina Romero, por haberme enseñado que debo de depender de Dios, por haberse esforzado día a día para que su hijo pudiera llegar hasta la meta, gracias por ese apoyo incondicional, por las veces en las que me encontré en circunstancias difíciles, su apoyo siempre estuvo ahí.

A **MIS HERMANOS**: Oved Adalberto Alfaro y Carlos Mario Alfaro por brindarme su apoyo en momentos difíciles.

A **MI FAMILIA**: Porque a través de mi vida me han demostrado su apoyo de una o de otra manera.

A **MIS AMIGOS DE LA IGLESIA**: Gracias a todos ellos por todo, por sus oraciones al Dios Todopoderoso para que las cosas en mi vida caminen bien.

A **MIS AMIGOS**: Quienes estuvieron ahí alentándome, poniendo su granito de ayuda y compartiendo mis alegrías y tristezas.

A **MIS COMPAÑEROS**: Irina, Alexandra y Dolores, por haber formado junto a ellos un excelente grupo de trabajo que se esforzó para alcanzar en equipo todas las metas que algún día nos trazamos y especialmente el presente.

A todos con mucho afecto y cariño.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” (FILIPENCES 4:13)

Amílcar Enoc Alfaro Romero

No existe duda de que Dios me fortalece. Que él convierte los sueños en realidad y bendice nuestras vidas. Finalizar este trabajo es un sueño hecho realidad, y estoy convencida que aun en los momentos más críticos Dios está conmigo. Por eso agradezco inmensamente a mi Padre Celestial porque me brindó todo el apoyo espiritual necesario para llegar a la finalización de mi carrera y me brinda la oportunidad de comprender que éste es el principio de una cuesta que día a día escalare y la cual él conducirá para llevarme a donde sea su voluntad.

Mi Madre Santa también fue un apoyo importante, y en los momentos donde me sentí vencida estuvo allí brindándome todo su hermoso amor.

También le agradezco a:

A mis **Abuelos** Benedicto Ríos y María de la Paz Ortez que desde el cielo me brindaron todas esas ganas de luchar por mi sueño y quienes siempre estuvieron ahí cuando más los necesite. Gracias Abuelos.

A mi **Abuela** Marta Fuentes que en cada instante estaba brindándome su cariño y su apoyo para que lograra culminar con mi carrera.

A mi **Viejito** que jamás voy a olvidar Vicente Paul Fuentes que aunque ya no esté con nosotros, desde el cielo está muy feliz al ver que logre terminar lo que tanto añoraba. Gracias Abuelo porque por su amor incondicional hoy estoy aquí.

A mi **Padre** Oscar Osmín Fuentes por ser un pilar fundamental en mi vida y mi ejemplo a seguir, quien siempre me brinda ese amor, cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A mi **Madre** Irina Luvis Ríos por ser la mejor mamá del mundo y quien está conmigo en cada instante dándome ese amor de madre único, también agradezco sus consejos.



A mis **hermanos** Oscarito y Francisco Fuentes porque nunca me dejaron sola, siempre estaban allí dándome su apoyo.

A mis **Tías y Tíos** que con gran especial cariño y ese amor incondicional que me han brindado de corazón les doy mil gracias.

A mis **Primos y Primas** que siempre me brindaron su comprensión y su apoyo.

A mis **Padrinos** un especial agradecimiento que con delicadeza y cariño han estado conmigo en cada momento de mis tiempos difíciles.

A mi **novio** Marvin Sorto por su comprensión, quien estuvo conmigo en los momentos críticos de esta investigación.

A toda mi **familia**, no tengo palabras como agradecerles porque de una u otra forma me han ayudado para seguir adelante.

A mis **maestros** del Complejo que me formaron en mi educación básica y media, quienes sembraron en mí la semillita del aprendizaje.

A mis **maestros** de la Universidad que me brindaron todos sus conocimientos y me ayudaron a formarme intelectualmente.

A mis **compañeros** de tesis por su amistad sincera y su comprensión.

Al **Docente Director** por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A mis **amigos** por sus palabras de ánimo y su cariño.

A **ti** por tomarte el tiempo de leer nuestro proyecto.

Irina Emely Fuentes Ríos

El principio de la sabiduría es el temor de Jehová y el gran objetivo de la educación no es el conocimiento sino la acción.

**Dedicado a Dios:** por darme la vida, a los que estuvieron, los que están y continuaran a mi lado.

**A mis queridos padres:** Julio Ochoa Ramos y Blanca Rosa García de Ochoa por enseñarme lo que se y formarme como soy.

**A mis tres grandes amores:** Flor María González de Ochoa Por su amor, apoyo y comprensión; Génesis Daniela Ochoa González y Diego Ezequiel Ochoa González Por ser mi alegría e inspiración.

**A mis hermanos:** Por su ayuda económica y moral pues cada uno de ellos tiene parte en mi tesis.

**A Norma Edith Ochoa García:** Por creer en mí.

**A mis sobrinos y cuñados:** En especial a Tony, Julio Cesar y Estela pues para mí son como mis hermanos.

**A mis 26 compañeros egresados:** y futuros colegas por los momentos inolvidables que hemos vivido.

**A los que no pueden faltar:** Ing. Jaime Perla, Ing. Víctor Flores e Ing. Jorge Laínez por tan excelentes aportes pues sin su ayuda no hubiésemos logrado los resultados obtenidos.

**A ellos:** Enrique Villatoro, Javier Antonio Rubio e Hipólito Rubio por su voto de confianza.

**A mí:** Por tanto esfuerzo, desvelos, penurias, tensiones, tristezas y alegrías pero sobre todo por tan bella experiencia “DEFINITIVAMENTE” Inolvidable.

Y Finalmente a todas las personas que se cruzaron en este camino y que me dieron palabras de aliento y apoyo.

“El fracaso no me sobrecogerá nunca si mi determinación para alcanzar el éxito es lo suficientemente poderosa”

By: &a.

**DOLORES OCHOA GARCÍA.**

Al término de esta etapa, **Dios** ha sido la roca en la cual he edificado mi vida, mi escudo y mi fuerza, doy Gracias por no dármelo todo, sino solo lo que necesito.

¿Cómo puedo decir “**Gracias**” cuando hay tantas personas a quienes agradecer?

Con especial dedicación:

A mi **Mamá** María del Carmen Orellana Romero; por entregarme toda su vida, todo su ser y estar siempre ahí entregándome su amor.

A mi **Hermano** Agustín Benjamín Medrano Orellana; por el gran apoyo brindado durante los años más felices de mi vida, en los cuales he logrado terminar mi carrera profesional; sin duda tuve la fortuna de tener el mejor hermano del mundo.

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo fue su apoyo.

A la familia Orellana Romero por ayudarme de una u otra forma; Gracias por ser para ustedes esa hermanita pequeña.

Por todos aquellos quienes ya no están pero que han dejado una huella en mi corazón; especialmente a Transito María Romero de Orellana (Q.D.D.G).

A todas esas personas especiales en mi vida.

Por lo que ha sido y será... Gracias.

*Me enseñaras el camino de la vida, me hartaras de gozo en tu presencia, de dicha perpetua a tu derecha.  
(Sal 16,11)*

Alexandra Marisela Orellana

## **RESUMEN**

Este trabajo consiste en SEIS Capítulos, los cuales se describen a continuación:

El Capítulo UNO, constituye El Anteproyecto.

En el Capítulo DOS, se describen los marcos referenciales (Histórico, Normativo y teórico) así como también la teoría existente en relación a la ingeniería de tránsito, por ejemplo, objetivos y alcances, los flujos vehiculares, etc.

El Capítulo TRES, incluye el análisis y diagnóstico del congestionamiento vehicular en la intersección; se determina el Transito Promedio Diario Anual (TPDA), incluye el análisis de la infraestructura existente, registros de accidentes y muchos aspectos importantes para el estudio.

En el Capítulo CUATRO, se efectúa un análisis del tránsito efectuando proyecciones necesarias para el diseño geométrico de las alternativas a plantear, utilizando el Highway Capacity Manual 2000 (HCM).

En el Capítulo CINCO, se presentan las alternativas para la solución al congestionamiento vehicular y realizando un análisis con sus ventajas y desventajas se determina la propuesta más factible y a corto plazo que solucionara en gran medida el problema en análisis.

El Capítulo SEIS, presenta conclusiones y recomendaciones.

# INDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>i</b>
<b>CAPITULO 1 “ANTEPROYECTO”</b>	
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>37</b>
<b>1.1 INTRODUCCION .....</b>	<b>40</b>
<b>1.2 DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>41</b>
1.2.1 ANTECEDENTES.....	41
1.2.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	43
1.2.3 JUSTIFICACION.....	44
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>46</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	46
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	46
<b>1.4 DELIMITACION .....</b>	<b>47</b>
1.4.1 ALCANCES .....	47
1.4.2 LIMITANTES.....	48
<b>1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>49</b>
1.5.1 TIPO DE LA INVESTIGACION.....	49
1.5.2 UNIDAD DE ANALISIS.....	50
1.5.3 VARIABLES Y MEDICION .....	51
1.5.3.1 <i>DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES</i> .....	51
1.5.3.2 <i>INDICADORES Y SU MEDICIÓN</i> .....	56
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	63
TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEARSE EN LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	64
1.5.4 ESTUDIOS INGENIERILES Y TECNICOS .....	64
<b>CAPITULO 2 “MARCO REFERENCIAL”</b>	
<b>2.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>2.2 MARCO HISTÓRICO .....</b>	<b>67</b>
<b>2.3 MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>71</b>
2.3.1 LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES.....	71

2.3.2 LEY DE TRANSPORTE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL .....	73
2.3.3 REGLAMENTO DE TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA DE EL SALVADOR .....	74
2.3.4 REGLAMENTO GENERAL DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL.....	74
2.3.5 ESTUDIO CENTROAMERICANO DE TRANSPORTE(ECAT).....	75
2.3.6 ACUERDO CENTROAMERICANO SOBRE CIRCULACIÓN POR CARRETERAS .....	77
2.3.7 MANUAL DE NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO .....	77
<b>2.4 MARCO TEORICO .....</b>	<b>78</b>
2.4.1 LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y SUS PRINCIPIOS .....	78
2.4.2 CATEGORÍAS DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO.....	79
2.4.3 OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO.....	79
2.4.4 ALCANCES DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO.....	80
2.4.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO.....	80
2.4.4.2 REGLAMENTACIÓN DEL TRANSITO.....	81
2.4.4.3 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE CONTROL .....	81
2.4.4.4 PLANIFICACIÓN VIAL .....	82
2.4.4.5 ADMINISTRACIÓN .....	82
2.4.5 OPERACIONES DE TRANSITO .....	83
2.4.5.1 INGENIERÍA DE TRANSPORTE .....	83
2.4.5.2 INGENIERÍA DE TRÁNSITO.....	83
2.4.5.3 COMPONENTES BÁSICOS DE TRANSITO .....	83
EL USUARIO .....	83
<input type="checkbox"/> El proceso de percepción – reacción .....	84
LA VIALIDAD .....	85
<input type="checkbox"/> Clasificación de una Red Vial .....	85
<input type="checkbox"/> Vías urbanas.....	87
<input type="checkbox"/> Componentes que forman las vías urbanas.....	88
<input type="checkbox"/> Sección transversal típica .....	89
<input type="checkbox"/> Alineamiento .....	91
<input type="checkbox"/> Superficie de rodamiento .....	92
<input type="checkbox"/> Drenajes.....	93
EL VEHÍCULO .....	93
<input type="checkbox"/> Características Estáticas.....	93
<input type="checkbox"/> Características Cinemáticas .....	94
2.4.6 ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO.....	96
2.4.6.1 ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO.....	96

UBICACIONES DE SITIOS PARA LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD	97
LA HORA DEL DÍA Y LA DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO .....	98
TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO .....	100
MÉTODOS PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO .....	101
<input type="checkbox"/> Detectores de camino .....	102
<input type="checkbox"/> Medidores con el principio Doppler .....	102
<input type="checkbox"/> Detectores electrónicos.....	102
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO.....	103
<input type="checkbox"/> Otras formas de presentación y análisis de los datos de velocidad. ....	103
<i>2.4.6.2 ESTUDIOS DE VOLUMEN .....</i>	<i>104</i>
USO DE LOS VOLÚMENES DE TRANSITO .....	104
VOLÚMENES DE TRANSITO HORARIO.....	108
<input type="checkbox"/> Volumen Horario Máximo Anual. ....	108
<input type="checkbox"/> Volumen Horario de Máxima Demanda. ....	108
<input type="checkbox"/> Volumen Horario – Décimo, Vigésimo, Trigésimo – Anual. ....	108
<input type="checkbox"/> Volumen Horario de Proyecto. ....	108
VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.....	109
MÉTODOS PARA REALIZAR LOS CONTEOS DE VOLUMEN .....	110
<input type="checkbox"/> Método Manual .....	110
<input type="checkbox"/> Método Automático .....	110
TIPOS DE CONTEO DE VOLUMEN .....	111
<input type="checkbox"/> Conteo acordonado .....	111
<input type="checkbox"/> Condeos de línea de pantalla .....	111
<input type="checkbox"/> Condeos en intersecciones.....	112
<input type="checkbox"/> Condeos periódicos de volumen.....	112
PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE VOLUMEN DE TRANSITO .	113
CARACTERÍSTICAS DEL VOLUMEN DE TRANSITO.....	113
EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y EL AJUSTE DE LOS CONTEOS PERIÓDICOS .....	114
<input type="checkbox"/> Determinación y número de estaciones de conteo .....	114
<input type="checkbox"/> Ajuste de los conteos periódicos.....	115
<i>2.4.6.3 ESTUDIOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORAS .....</i>	<i>116</i>



APLICACIONES DE LOS DATOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORA .....	117
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON LOS ESTUDIOS DE TIEMPO Y DEMORA .....	117
MÉTODOS PARA ELABORAR ESTUDIOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORAS.....	118
<input type="checkbox"/> Métodos que requieren un vehículo de prueba.....	118
<input type="checkbox"/> Métodos que no requieren de automóvil de prueba.....	119
2.4.6.4 ESTUDIOS DE APARCAMIENTO.....	119
TIPOS DE INSTALACIONES PARA ESTACIONAMIENTOS.....	119
DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS DE APARCAMIENTO.....	120
METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS DE APARCAMIENTO .....	121
2.4.7 ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR.....	121
2.4.7.1 VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO .....	122
TASA DE FLUJO O FLUJO(q) Y VOLUMEN(q) .....	122
2.4.7.2 VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD.....	123
2.4.7.3 VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD.....	124
2.4.7.4 CONCEPTO DE NIVEL DE SERVICIO.....	125
2.4.7.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA DEL TRANSITO .....	128
2.4.8 DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRANSITO .....	129
2.4.8.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL .....	129
SEÑALES .....	129
MARCAS .....	138
OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS .....	142
DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN EN OBRAS .....	143
SEMÁFOROS.....	143
<input type="checkbox"/> Clasificación de los Semáforos.....	143
<input type="checkbox"/> Elementos que Componen un Semáforo. ....	144
<input type="checkbox"/> Significado de las Indicaciones.....	146
2.4.9 INTERSECCIONES .....	148
2.4.9.1 TIPOS DE INTERSECCIONES A NIVEL .....	149
INTERSECCIONES TIPO T .....	151
INTERSECCIONES DE 4 VIAS O TREBOLES .....	152
INTERSECCIONES DE VÍAS MÚLTIPLES .....	153
<input type="checkbox"/> Glorietas.....	153
<input type="checkbox"/> Distribuidores viales circulares.....	154

2.4.9.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LAS ENCRUCIJADAS A NIVEL .....	155
ALINEAMIENTO DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL .....	157
PERFIL DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL .....	157
CURVAS EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL.....	157
2.4.9.3 TRAZADO DE CARRILES EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL .....	158
TIPOS DE CAMELLONES.....	160
<input type="checkbox"/> Camellones con guarnición.....	160
<input type="checkbox"/> Camellones formados con marcas en el pavimento .....	160
<input type="checkbox"/> Camellones formados por el borde del pavimento.....	160
FUNCIÓN DE LOS CAMELLONES.....	160
2.4.9.4 ANCHOS MÍNIMOS DE PAVIMENTO DE LAS CALZADAS PARA DAR VUELTA EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL.....	161
<b>CAPITULO 3 “DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DEL CONGESTIONAMIENTO VIAL EN LA INTERSECCION”</b>	
<b>3.1 INTRODUCCION .....</b>	<b>165</b>
<b>3.2 UBICACIÓN Y ASPECTOS RELEVANTES DE LA CIUDAD .....</b>	<b>166</b>
3.2.1 ÁMBITO TERRITORIAL.....	166
3.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	167
3.2.3 EL RELIEVE Y LA TOPOGRAFÍA .....	168
3.2.4 CLIMA.....	169
<b>3.3 PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA CIUDAD.....</b>	<b>169</b>
<b>3.4 DIAGNOSTICO DEL ÁREA EN ESTUDIO.....</b>	<b>171</b>
3.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE TRANSITO .....	172
3.5.1 DATOS HISTÓRICOS.....	172
3.5.1.1 CONTEOS HISTÓRICOS DE TRÁFICO. ....	173
ANÁLISIS HISTÓRICO DEL TRÁFICO NORMAL Y SU TENDENCIA .....	177
3.5.2 FACTORES DE EXPANSIÓN DE TRÁFICO.....	179
<b>3.6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE .....</b>	<b>181</b>
<b>3.7ANALISIS DE REGISTROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO.....</b>	<b>183</b>
<b>3.8 ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE LAS VÍAS QUE CONVERGEN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>184</b>

3.8.1 GENERALIDADES .....	184
3.8.2 PERIODIZACIÓN.....	185
3.8.3 VOLÚMENES .....	186
3.8.3.1 FACTOR DE VEHICULO EQUIVALENTE .....	195
3.8.3.2 TRANSITO DIARIO (TD).....	199
3.8.3.3 TRANSITO PROMEDIO SEMANAL/MENSUAL.....	202
3.8.3.4 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.....	203
3.8.3.5 FACTOR DE HORA PICO.....	204
<b>3.9 DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL .....</b>	<b>204</b>
3.9.1 ANÁLISIS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL .....	205
3.9.1.1 SEÑALES VIALES VERTICALES O AÉREAS.....	205
<b>3.10 ANÁLISIS DE LOS CONGESTIONAMIENTOS .....</b>	<b>206</b>
<b>3.11 DIAGNOSTICO DEL TRANSPORTE.....</b>	<b>206</b>
3.11.1 ANÁLISIS DEL TRANSPORTE COLECTIVO .....	206
<b>CAPITULO 4 “ANÁLISIS Y PROYECCIONES DE DATOS DE TRAFICO PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE LAS ALTERNATIVAS”</b>	
<b>4.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>210</b>
<b>4.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE TRÁFICO .....</b>	<b>211</b>
4.2.1 TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR.....	212
4.2.1.1 HIPÓTESIS DE CRECIMIENTO MÁS PROBABLE .....	213
4.2.1.2 HIPÓTESIS PESIMISTA .....	214
4.2.1.3 HIPÓTESIS OPTIMISTA.....	214
4.2.2 PERÍODO DE DISEÑO DE LA PROPUESTA .....	215
<b>4.3 DIAGNOSTICO DEL TRÁFICO.....</b>	<b>216</b>
<b>4.4 PROYECCIONES DEL TRÁFICO .....</b>	<b>217</b>
<b>4.5 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA .....</b>	<b>227</b>
4.5.1 CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA VÍA.....	227
<b>4.6 VELOCIDAD DE DISEÑO .....</b>	<b>229</b>
<b>4.7 ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL.....</b>	<b>230</b>
4.7.1 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO PARA LAS ARTERIAS .....	232
4.7.2 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO PARA LA INTERSECCION.....	242
4.7.2.1 NIVEL DE SERVICIO.....	244

ANÁLISIS DE OPERACIÓN .....	245
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE OPERACIÓN.....	247
CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OPERACIÓN. ....	256
<b>4.7.2.2 CAPACIDAD .....</b>	<b>270</b>
DEMORA UNIFORME .....	272
DEMORA POR INCREMENTOS.....	273
DEMORA DE LA DEMANDA RESIDUAL .....	273
DEMORA TOTAL .....	276
DEMORA EN EL ACCESO.....	277
DEMORA EN LA INTERSECCIÓN.....	277
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD.....	278
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	293
<b>CAPITULO 5 “DISEÑO GEOMETRICO, ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS PRESENTADAS Y ELECCION DE LA PROPUESTA VIABLE”</b>	
<b>5.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>300</b>
<b>5.2 PROPUESTA NO 1 “MODIFICACION DE LOS INTERVALOS DE TIEMPO EN LO SEMAFOROS” .....</b>	<b>301</b>
5.2.1 VENTAJAS .....	301
5.2.2 DESVENTAJAS .....	301
5.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MECANISMO DE CONTROL.....	302
5.2.4 CALCULO DE LOS TIEMPOS DE LOS SEMAFOROS .....	304
5.2.4.1 CALCULO DEL INTERVALO DE CAMBIO DE FASE.....	306
5.2.4.2 LONGITUD DE CICLO DE SEMÁFOROS. ....	307
5.2.4.3 VEHICULOS EQUIVALENTES .....	307
5.2.4.4 FLUJO DE SATURACIÓN Y TIEMPO PERDIDO .....	309
5.2.4.5 TIEMPO TOTAL PERDIDO POR CICLO. ....	310
5.2.4.6 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS VERDES. ....	310
5.2.4.7 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO VERDE EN LAS DIFERENTES FASES.....	310
5.2.4.8 TIEMPO VERDE REAL PARA CADA FASE.....	311
5.2.5 PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DEL TIEMPO DE SEMAFORO .....	311

5.2.6 ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL CON LOS NUEVOS TIEMPOS DE SEMAFOROS.....	322
<b>5.3 PROPUESTA NO 2 “ROTONDA” .....</b>	<b>325</b>
5.3.1 SELECCIÓN DE PARAMETROS.....	325
5.3.1.1 VELOCIDAD DE DISEÑO .....	326
5.3.1.2 VEHICULO DE DISEÑO .....	327
5.3.1.3 DIÁMETRO DEL CÍRCULO INSCRITO .....	328
5.3.1.4 ANCHO DE ENTRADA .....	330
5.3.1.5 ANCHO MINIMO DE SENDA CIRCULATORIA. ....	331
5.3.1.6 DIÁMETRO DE LA ISLA CENTRAL.....	332
5.3.1.7 ANCHO DE LOS FALDONES. ....	333
5.3.1.8 CURVAS DE ENTRADA. ....	333
5.3.1.9 CURVAS DE SALIDA.....	334
5.3.1.10 ACERA.....	335
5.3.1.11 ISLAS DE SEPARACION.....	335
5.3.2 ANALISIS DE CAPACIDAD VIAL PARA LA ROTONDA .....	336
5.3.2.1 ANALISIS DE FLUJO DE ENTRADA.....	336
FLUJO MÁXIMO DE ENTRADA.....	338
5.3.2.2 VOLÚMENES QUE CIRCULAN.....	339
5.3.2.3 CAPACIDAD .....	341
5.3.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	351
5.4.3 DISEÑO GEOMETRICO .....	351
<b>5.4 PROPUESTA NO 3 “ESTRUCTURA A DESNIVEL O INTERCAMBIADOR” .....</b>	<b>352</b>
5.4.1 SELECCIÓN DE PARAMETROS.....	352
5.4.1.1 VEHICULO DE DISEÑO .....	352
5.4.1.2 PROYECCIONES DE LOS VOLUMENES .....	353
5.4.1.3 VELOCIDAD DE DISEÑO .....	353
5.4.1.4 ANCHO DE CARRIL .....	354
5.4.1.5 ANCHO MINIMOS DE HOMBROS Y ACERAS .....	354
5.4.1.6 RADIOS MINIMOS Y GRADOS MAXIMOS DE CURVAS HORIZONTALES PARA VELOCIDADES DE DISEÑO.....	355
5.4.1.7 SOBREALCHOS EN CURVAS.....	356
5.4.1.8 TRANSICIÓN SIMPLE DE PERALTE Y SOBREALCHO .....	357

5.5.1.9	<i>DISTANCIAS MINIMAS (<math>D^x</math>, en metros) PARA REALIZAR LA SEPARACION DE NIVELES EN ESTRUCTURAS DE PASO POR ARRIBA O POR DEBAJO</i>	361
5.5.1.10	<i>DISEÑO DE ANCHOS PARA LOS GIROS EN LAS RAMPAS SOBRE INTERCAMBIADORES</i>	363
5.5.1.11	<i>DISEÑO DE ANCHOS PARA GIROS EN CARRETERAS</i>	365
5.5.1.12	<i>NARICES</i>	366
5.4.2	<i>ANALISIS DE CAPACIDAD</i>	367
5.4.3	<i>DISEÑO GEOMETRICO</i>	368
<b>5.5</b>	<b>SELECCIÓN DEL PREDISEÑO DE LA ALTERNATIVA</b>	<b>368</b>
5.5.1	<i>DISEÑO GEOMÉTRICO</i>	369
5.5.1.1	<i>PROPUESTA NO 1: MODIFICACION DE LOS INTERVALOS DE LOS SEMAFOROS</i>	369
	<i>VENTAJAS</i>	369
	<i>DESVENTAJAS</i>	369
5.5.1.2	<i>PROPUESTA NO 2: ROTONDA</i>	369
	<i>VENTAJAS</i>	369
	<i>DESVENTAJAS</i>	370
5.5.1.3	<i>PROPUESTA NO 3: ESTRUCTURA A DESNIVEL O INTERCAMBIADOR</i>	370
	<i>VENTAJAS</i>	370
	<i>DESVENTAJAS</i>	371
5.5.2	<i>SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA</i>	371
	<i>SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA</i>	371
	<i>SEMAFOROS</i>	371
	<i>ROTONDA</i>	371
	<i>INTERCAMBIADOR</i>	371
	<i>Geometría</i>	371
	<i>Mala</i>	371
	<i>Buena</i>	371
	<i>Buena</i>	371
<b>6.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>374</b>
<b>6.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>376</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>378</b>

**ANEXOS.....380**

Anexo 1 “Señales existentes en la zona, estado actual geométrico”

Anexo 2 “Zona de influencia del proyecto”

Anexo 3 “Esquema de los estacionamientos de la zona en estudio”

Anexo 4 “Esquema de los flujos vehiculares del año 2011”

Anexo 5 “Esquema de los TPDA para cada arteria”

Anexo 6 “Esquema de los flujos vehiculares del año 2032”

Anexo 7 “Diseño de la Rotonda”

Anexo 8 “Diseño del Intercambiador”

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1	Velocidad Promedio.....	100
Ecuación 2.2	Desviación Estándar de las velocidades.....	101
Ecuación 2.3	Factor de la hora de máxima demanda.....	109
Ecuación 2.4	Factor de la hora de máxima demanda, periodos De 15 min.....	108
Ecuación 2.5	Factor de la hora de máxima demanda, periodos De 5 min.....	110
Ecuación 2.6	Número mínimo de la muestra.....	114
Ecuación 2.7	Factores de expansión.....	115
Ecuación 2.8	Factores de expansión diarios.....	116
Ecuación 2.9	Factores de expansión mensuales.....	116
Ecuación 2.10	La tasa de flujo.....	122
Ecuación 2.11	Intervalo Promedio (a).....	122
Ecuación 2.12	Intervalo Promedio (b).....	123
Ecuación 2.13	Densidad o concentración.....	124
Ecuación 2.14	Espaciamiento promedio (a).....	124
Ecuación 2.15	Espaciamiento promedio (b).....	125
Ecuación 4.1	Formula para proyecciones de tráfico.....	217
Ecuación 4.2	Calcular la intensidad vehicular.....	218
Ecuación 4.3	Flujo de servicio.....	236
Ecuación 4.4	Factor de vehículos pesados.....	237
Ecuación 4.5	Flujo de Saturación.....	252
Ecuación 4.6	Capacidad de un grupo de carriles.....	270
Ecuación 4.7	Grado de saturación.....	271



Ecuación 4.8	Razón Crítica.....	271
Ecuación 4.9	Demora Uniforme.....	272
Ecuación 4.10	Demora por incrementos.....	273
Ecuación 4.11	Demora de la demanda residual.....	275
Ecuación 4.12	Demora Total.....	276
Ecuación 4.13	Demora en el acceso.....	277
Ecuación 4.14	Demora en la intersección.....	277
Ecuación 4.15	Verde Efectivo.....	281
Ecuación 4.16	Relación de flujo.....	283
Ecuación 4.17	Demora por cola inicial utilizando el caso V.....	290
Ecuación 5.1	Intervalo de cambio.....	306
Ecuación 5.2	Ciclo optimo.....	307
Ecuación 5.3	Flujo de vehículos directos equivalentes.....	309
Ecuación 5.4	Tiempo total perdido por ciclo.....	310
Ecuación 5.5	Tiempo verde efectivo total.....	310
Ecuación 5.6	Distribución del tiempo verde.....	310
Ecuación 5.7	Tiempo verde real.....	311
Ecuación 5.8	Máximas relaciones de flujo actual a flujo de Saturación.....	319
Ecuación 5.9	Volumen circulando en la dirección ESTE.....	339
Ecuación 5.10	Volumen circulando en la dirección OESTE.....	339
Ecuación 5.11	Volumen circulando en la dirección NORTE.....	340
Ecuación 5.12	Volumen circulando en la dirección SUR.....	340
Ecuación 5.13	Demora en una rotonda .....	346
Ecuación 5.14	Longitud de cola.....	347

Ecuación 5.15 Longitud de la cola estimada en el percentil 95.....348

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Noticia publicada sobre el problema que existe en San Miguel.....	69
Figura 2.2	Intervalo Promedio.....	123
Figura 2.3	Densidad o Concentración.....	124
Figura 2.4	Espaciamiento Promedio .....	125
Figura 2.5	Colocado de las señales de tránsito preventivas.....	132
Figura 2.6	Colocación de señales de restricción.....	135
Figura 2.7	Postes de referencia.....	137
Figura 2.8	Señales de identificación.....	137
Figura 2.9	Señales de información.....	138
Figura 2.10	Marcas en el pavimento, cruce a la derecha.....	139
Figura 2.11	Marcas en el Pavimento.....	140
Figura 2.12	Marcas en el pavimento y demarcación de isletas.....	141
Figura 2.13	Ejemplos de intersecciones a desnivel.....	150
Figura 2.14	Ejemplos de intersecciones a nivel.....	151
Figura 2.15	Ejemplos de intersecciones en T.....	152
Figura 2.16	Ejemplos de intersecciones de vías múltiples.....	153
Figura 3.1	Mapa de San Miguel.....	169
Figura 3.2	Usos de suelo del área en estudio.....	171
Figura 3.3	Tendencia del crecimiento del tráfico normal de la CA01E.....	178
Figura 3.4	Tendencia del crecimiento del tráfico normal de la CA07N.....	179
Figura 4.1	Clasificación Funcional de las carreteras.....	228
Figura 4.2	Giros permitidos en una intersección.....	243
Figura 4.3	Metodología para intersecciones semaforizadas.....	247

Figura 4.4	Fases que controlan los semáforos.....	256
Figura 4.5	Factores importantes para los grupos de carriles.....	261
Figura 4.6	Distribución del grupo de carriles.....	262
Figura 4.7	Caso III: Inicio de la demora de cola con la cola inicial limpia durante T.....	274
Figura 4.8	Caso IV: Inicio de la demora de cola con la cola inicial Disminuyendo durante T.....	275
Figura 4.9	Caso V: Inicio de la demora de cola con la cola inicial Incrementando durante T.....	276
Figura 4.10	Tiempos de los semáforos del año 2011.....	280
Figura 4.11	Colas generadas en la Rama A.....	287
Figura 4.12	Cola que se genera en la Rama C.....	288
Figura 4.13	Cola que se genera en la Rama D.....	289
Figura 4.14	Vehículo de diseño WB-20.....	298
Figura 5.1	Esquema de las fases para el movimiento vehicular.....	309
Figura 5.2	Distribución de los tiempos en cada fase.....	321
Figura 5.3	Elementos geométricos de una rotonda.....	326
Figura 5.4	Isla central con faldón.....	333
Figura 5.5	Dimensiones mínimas para islas de separación.....	337
Figura 5.6	Parámetros del flujo de tráfico.....	337
Figura 5.7	Capacidad de acercamiento para rotondas de doble carril.....	342
Figura 5.8	Capacidad de acercamiento para la rotonda propuesta.....	343
Figura 5.9	Control de la demora en función de la capacidad y el Flujo de entrada .....	345
Figura 5.10	Longitud de la cola estimada en el percentil 95.....	350

Figura 5.11	Transición simple de peralte y sobre ancho.....	358
Figura 5.12	Transición espiral de peralte y sobree ancho.....	358
Figura 5.13	Diagrama de transición espiral del peralte.....	359
Figura 5.14	Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor del eje..	360
Figura 5.15	Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor Del borde interno.....	360
Figura 5.16	Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor Del borde externo .....	361
Figura 5.15	Características típicas del área de cuchilla.....	367

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Elementos que integran una vía urbana.....	90
Tabla 2.2	Rango de los límites estatales de la longitud del vehículo por tipo del peso máximo del vehículo.....	95
Tabla 2.3	Dimensiones de los vehículos de diseño.....	99
Tabla 2.4	Señales de tránsito preventivas.....	130
Tabla 2.5	Señales de tránsito de restricción.....	133
Tabla 2.6	Señales de información.....	136
Tabla 2.7	Anchos de líneas sobre el pavimento.....	142
Tabla 2.8	Características de las categorías de distribuidores viales circulares.....	156
Tabla 3.1	Transito Promedio Diario Anual años 2002, 2003 y 2005.....	174
Tabla 3.2	Transito Promedio Diario Anual año 2009.....	175
Tabla 3.3	Transito Promedio Diario Anual año 2010.....	176
Tabla 3.4	Vías utilizadas para el análisis del TPDA histórico.....	177
Tabla 3.5	TPDA histórico de la Carretera Panamericana.....	177
Tabla 3.6	TPDA histórico de la Carretera Ruta Militar.....	178
Tabla 3.7	Factores de expansión.....	180
Tabla 3.8	Inventario de Estacionamiento en la intersección De la Avenida Roosevelt y Carretera Ruta Militar.....	182
Tabla 3.9	Número de accidentes de tránsito ocurridos en El Triangulo...	184
Tabla 3.10	Nomenclatura de las arterias.....	186
Tabla 3.11	Aforo vehicular proyectado para el día Lunes 11 de Julio Del 2011 en la hora punta de la mañana.....	187

Tabla 3.12	Aforo vehicular proyectado para el día Martes 12 de Julio Del 2011 en la hora punta de la mañana.....	188
Tabla 3.13	Aforo vehicular proyectado para el día Miércoles 13 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.....	189
Tabla 3.14	Aforo Vehicular manual para el día Miércoles 13 de Julio del 2011 en la hora punta de la tarde.....	190
Tabla 3.15	Aforo vehicular proyectado para el día Jueves 14 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.....	191
Tabla 3.16	Aforo Vehicular manual para el día Jueves 14 de Julio del 2011 en la hora punta de la tarde.....	192
Tabla 3.17	Aforo vehicular proyectado para el día Viernes 15 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.....	193
Tabla 3.18	Aforo Vehicular manual para el día Viernes 15 de Julio del 2011 en la hora punta de la tarde.....	194
Tabla 3.19	Factor de Equivalencia según tipo de vehículo para Vehículo equivalente.....	195
Tabla 3.20	Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares Para el día miércoles 13 de julio del 2011.....	196
Tabla 3.21	Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares Para el día jueves 14 de julio del 2011.....	197
Tabla 3.22	Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares Para el día viernes 15 de julio del 2011.....	198
Tabla 3.23	Datos de transito diario para las arterias en estudio.....	201
Tabla 3.24	Datos de transito Promedio diario semanal.....	202
Tabla 3.25	Transito Promedio Diario Anual.....	204

Tabla 3.26	Datos de rutas de transporte urbano en la Ciudad De San Miguel.....	207
Tabla 3.27	Datos de Rutas de Transporte interurbano en la Ciudad De San Miguel.....	208
Tabla 4.1	Proyección del tráfico carretero en Centroamérica.....	212
Tabla 4.2	Tasas estimadas a partir de las variables Macroeconómicas, Hipótesis más probable.....	213
Tabla 4.3	Tasas estimadas a partir de las variables Macroeconómicas, hipótesis pesimista.....	214
Tabla 4.4	Tasas estimadas a partir de las variables Macroeconómicas, hipótesis optimista.....	215
Tabla 4.5	Volumen horario en la hora punta.....	218
Tabla 4.6	Proyecciones para los primeros 5 años.....	220
Tabla 4.7	Proyecciones desde 6 años hasta 10 años.....	221
Tabla 4.8	Proyecciones desde 11 años hasta 15 años.....	222
Tabla 4.9	Proyecciones desde 16 años hasta 20 años.....	223
Tabla 4.10	Proyecciones del TPDA desde el año 2012 hasta 2032.....	225
Tabla 4.11	Clasificación funcional de las carreteras regionales Volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de Superficie de rodamiento.....	228
Tabla 4.12	Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para Diseño.....	231
Tabla 4.13	Composición del Tránsito en las arterias.....	234
Tabla 4.14	Factores de Ajuste por Distribución Direccional Del Tránsito en carreteras de dos carriles.....	234



Tabla 4.15	Nivel de Servicio (V/C) para carreteras.....	235
Tabla 4.16	Ancho de carriles considerados.....	235
Tabla 4.17	Factores de Ajuste por efecto combinado de carriles Angostos y hombros restringidos, carretera de dos Carriles.....	236
Tabla 4.18	Velocidad de diseño para las arterias en la Intersección.....	236
Tabla 4.19	Automóviles equivalentes por camiones y autobuses, En función del tipo de terreno.....	237
Tabla 4.20	Factores de vehículos pesados para cada nivel de Servicio.....	239
Tabla 4.21	Flujo de servicio para cada arteria que converge en la Intersección.....	241
Tabla 4.22	Disponibilidad de capacidad en las arterias.....	242
Tabla 4.23	Criterios de nivel de servicio para las intersecciones Semaforizadas.....	245
Tabla 4.24	Necesidades de información para cada grupo de carriles Que se analiza.....	248
Tabla 4.25	Hoja de trabajo para información.....	249
Tabla 4.26	Hoja de trabajo para ajuste de volumen y flujo de Saturación.....	254
Tabla 4.27	Factores de ajuste para el flujo de saturación.....	255
Tabla 4.28	Nomenclatura utilizada en el análisis de operación.....	256
Tabla 4.29	Porcentaje de vehículos pesados para el análisis De operación.....	257

Tabla 4.30	Condiciones geométricas de la intersección.....	260
Tabla 4.31	Anchos de carriles por dirección tomado del plano 3.1.....	264
Tabla 4.32	Pendientes para las direcciones.....	266
Tabla 4.33	Ajuste de volúmenes y flujo de saturación.....	269
Tabla 4.34	Tiempos de los semáforos para las dos fases.....	279
Tabla 4.35	Valores del nivel de servicio, Asociados al Grado de Saturación.....	282
Tabla 4.36	Valores recomendados de k para grupos de carriles bajo control actuado y a tiempo fijo.....	285
Tabla 4.37	Valores recomendados para l en las intersecciones.....	286
Tabla 4.38	Vehículos acumulados durante los 15 min de la Hora punta.....	290
Tabla 4.39	Factor de ajuste de progresión para el cálculo uniforme de retraso.....	291
Tabla 4.40	Resultados del análisis de capacidad.....	294
Tabla 4.41	Clasificación y dimensiones de los vehículos de diseño.....	296
Tabla 4.42	Elementos de diseño geométrico de carreteras Regionales....	297
Tabla 5.1	Volumen Mínimo de vehículos, Requisito 1.....	302
Tabla 5.2	Volumen Mínimo de vehículos, Requisito 2.....	303
Tabla 5.3	Volumen Mínimo de peatones, Requisito 3.....	303
Tabla 5.4	Equivalencias vehiculares.....	308
Tabla 5.5	Volúmenes Horarios de Máxima Demanda del año 2012.....	313
Tabla 5.6	Porcentaje de Buses y camiones en cada movimiento.....	314
Tabla 5.7	Factor de vehículos pesados en cada movimiento.....	315
Tabla 5.8	Flujos de vehículos directos equivalentes.....	316

Tabla 5.9	Flujos de vehículos directos equivalente por acceso.....	317
Tabla 5.10	Intervalos para cada fase.....	318
Tabla 5.11	Tiempos de los semáforos.....	321
Tabla 5.12	Resultados del análisis de capacidad con los nuevos Tiempos de semáforos.....	323
Tabla 5.13	Velocidad máxima de diseño en entrada.....	327
Tabla 5.14	Rangos de diámetros del círculo inscrito recomendado.....	330
Tabla 5.15	Ancho mínimo de carriles de circulación para rotondas De dos carriles.....	332
Tabla 5.16	Parámetros de diseño para rotonda.....	336
Tabla 5.17	Nomenclatura utilizada para el análisis de capacidad.....	338
Tabla 5.18	Flujos vehiculares equivalentes.....	338
Tabla 5.19	Flujos máximos de entrada.....	339
Tabla 5.20	Flujos de volumen que circulan en la rotonda.....	341
Tabla 5.21	Capacidad de entrada en la rotonda propuesta.....	343
Tabla 5.22	Grado de saturación de las arterias que conforman La rotonda.....	345
Tabla 5.23	Demoras de las arterias que conforman la rotonda.....	346
Tabla 5.24	Longitud de la cola de las arterias que conforman la rotonda...	348
Tabla 5.25	Longitud de la cola estimada en el percentil 95.....	349
Tabla 5.26	Numero de vehículos esperados durante el Percentil 95.....	351
Tabla 5.27	Volúmenes horarios equivalentes del año horizonte.....	353
Tabla 5.28	Capacidad aproximada de rampas en carreteras.....	354
Tabla 5.29	Radios mínimos y grados máximos de curvas Horizontales para distintas velocidades de diseño.....	355

Tabla 5.30	Pre diseño para sobre anchos en curvas con pendientes	
	Del 4%.....	357
Tabla 5.31	Valores de “H” recomendables .....	362
Tabla 5.32	Anchos de diseño para rampas de giro en intercambios.....	364
Tabla 5.33	Anchos requeridos para los giros de curva.....	365
Tabla 5.34	Matriz cualitativa de las características del pre diseño	
	De las alternativas.....	372

## INTRODUCCION

Como parte fundamental en el desarrollo de la infraestructura vial del país, específicamente en la zona oriental, ha nacido la necesidad de presentar una propuesta de solución y su diseño geométrico en la intersección entre la Avenida Roosevelt y la Carretera Ruta Militar en San Miguel, lo cual es el objetivo principal de este trabajo de graduación y cuya finalidad es integrar de manera rápida, económica y segura, las principales ciudades del centro y oriente del país, así como propiciar el desarrollo de las poblaciones intermedias e incluidas en la zona de influencia ya que las vías que concurren en la intersección son las principales de la zona, siendo estas vías de carácter interdepartamental

En la actualidad no existe una iniciativa que pueda impulsar la ejecución de una obra que pueda solucionar la problemática existente en el área de estudio, por lo tanto este estudio podría generar el interés de las autoridades competentes como lo son el mismo gobierno central a través del Ministerio de Obras Públicas, un posible financiamiento de alguna ONG o de algún gobierno extranjero. Es en este contexto, en el cual se enmarca el presente trabajo, siendo la base el pre diseño de la Intersección.

Con base a lo expuesto y como proyecto de naturaleza académica, se desarrollan para la intersección, tres alternativas (modificación de los intervalos de tiempos en los semáforos, rotonda e intercambiador) a altura de pre diseño tanto a nivel como a desnivel, con la filosofía de presentar soluciones geométricas que eviten la adquisición de nuevos predios, por parte del Estado y ajustándose a los requerimientos de las Especificaciones de diseño Geométrico de los principales manuales y normas de diseño geométrico en el mundo, proceso que se presenta en este informe. Para lo cual se realizan los

respectivos estudios relacionados con la temática como lo son la captura de volúmenes de tránsito en el campo y realizar sus respectivas proyecciones al año horizonte y así diseñar en base a estos.

Este trabajo contara de seis capítulos, dentro de cada cual la investigación se realizara de acuerdo a los objetivos señalados.

# CAPITULO I

# || ANTEPROYECTO ||

## 1.1 INTRODUCCION

Desde hace varios años se ha originado un alto crecimiento del flujo vehicular en San Miguel, por el hecho de constituirse en un punto de paso obligado para vehículos livianos, transporte pesado, autobuses del transporte interdepartamental, etc. incorporando considerablemente a este volumen, los vehículos que transitan en la ciudad y en los alrededores de esta.

El presente trabajo describe la situación actual de la problemática existente en la intersección de Avenida Roosevelt y carretera Ruta militar de la ciudad de San Miguel, la que provoca un serio caos vehicular en dicho lugar.

Es usual ingresar a la Avenida Roosevelt, por el sector de El Sitio en horas pico y enfrentar congestionamientos en las arterias que a la larga generan desorden en la principal vía de la ciudad; siendo esta una arteria importante ya que es considerada una vía internacional e interdepartamental.

Para solventar esta situación se presenta una propuesta que solucione completamente todos los conflictos viales que dicha intersección posee.



## **1.2 DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 ANTECEDENTES**

La zona oriental ha crecido y se ha desarrollado demográficamente, centralizando un polo de atracción en la ciudad de San Miguel, del departamento del mismo nombre.

El propósito de desarrollar los antecedentes del proyecto, es el de hacer una evaluación descriptiva de la situación problemática que ha venido creciendo por muchos años y que afecta las condiciones en las que se desenvuelve San Miguel.

A través de los años la ciudad de San Miguel, ha experimentado un rápido crecimiento de asentamientos informales; que requieren de recursos y servicios básicos en la cantidad necesaria y en la calidad adecuada. Cabe mencionar que la capacidad de servicio a disposición resulta insuficiente, la población migueleña crecerá en un 75% entre 1,993 y el año 2,010 e irá duplicándose cada 20 años<sup>1</sup>.

Estos núcleos poblacionales aumentan la demanda de viajes a través de la ciudad; la capacidad de servicio de la mayoría de las arterias de mayor importancia ha sido rebasada, de ahí que nace la inquietud de realizar proyectos de infraestructura vial acordes a los requerimientos de seguridad, capacidad y estética.

<sup>1</sup> Pag. 3 del PLAMADUR de San Miguel, Cap. 1 Diagnostico, Elab. Por El Consorcio PADCO – ESCO.

Es de vital importancia reconocer que ninguno de estos problemas son exclusivos de la ciudad de San Miguel, es más son experimentados por todas las ciudades del mundo.

Esto no debe ser un consuelo; y de hecho como se han registrado, planes de desarrollo urbano encaminados a diagnosticar los problemas característicos de la época en cuestión y así poder orientar en la manera de resolverlos.

En el Plan de Desarrollo Vial de 1,982 se realizó un estudio, que evaluó e identificó las arterias más congestionadas del área urbana y proyectó la implementación de vías alternas, las cuales servirían como un desviador del tráfico. Además, proponía el aumento de la capacidad de las calles y avenidas de la ciudad; también preveía la posibilidad de implementar el uso de un anillo periférico, ubicado en la cercanía a las faldas del volcán y en los márgenes del río grande de San Miguel. Uno de los principales inconvenientes de este plan se refleja en el hecho de no haber sido implementado dentro de su periodo de diseño, el desarrollo espacial que experimenta la ciudad ha rebasado y restringido la posibilidad de poder ampliar la capacidad y mejorar la jerarquía de las calles y avenidas para las que fue diseñado.

Es así como en Junio de 1,996 se da inicio a la elaboración del Plan Maestro de Desarrollo Urbano para la Ciudad de San Miguel (PLAMADUR – SAN MIGUEL). En el año de 1,997 se realizó una medición dentro del PLAMADUR acerca del tráfico que circulaba por las principales arterias de San Miguel, la carretera Panamericana Oriente, Avenida Roosevelt, Ruta Militar, Panamericana Poniente, Litoral al Delirio y la 2ª avenida Norte y Sur. Pudiéndose registrar los problemas de que afectaban a dichas arterias para ese año, potenciado esto por la baja capacidad existente en las mismas para poder absorber y distribuir eficientemente los altos volúmenes del tráfico que circulaban en ese entonces.

En el año 2003 se llevó a cabo el PROYECTO, REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA (CA01E), TRAMO SAN MIGUEL - SIRAMA Y RUTA MILITAR (CA07), TRAMO así obtener un nivel de servicio óptimo, pero lastimosamente no se tomaron en cuenta las proyecciones que se habían trazado en los estudios de planificación territorial CA01E-PUENTE URBINA, el cual consistía en ampliar la arteria de dos a cuatro carriles y antes citados, provocando el desorden vial existente en la actualidad.

### **1.2.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

En los últimos años el problema del congestionamiento ha evolucionado de manera paulatina en El Salvador, ocasionando desordenes viales, embotellamientos vehiculares, etc. Esto es debido al incremento del parque vehicular en el país.

En el Municipio de San Miguel no es la excepción específicamente el congestionamiento que se ocasiona en la intersección de la Avenida Roosevelt y la Carretera Ruta Militar; el cual es un problema que afecta grandemente a la ciudad de San Miguel ya que los conflictos impiden el libre tránsito en dicha arteria de la Ciudad.

Estas vías también son afectadas frecuentemente por violaciones al derecho de vía de las mismas, estacionamientos ilegales que entorpecen la circulación de los demás automotores, invasión de sus aceras y arriates, imprudencias de los buseros en cuanto a las paradas de autobuses, etc.

Sumado a toda esta problemática y debido a que la ciudad se ubica en el centro geográfico de la zona oriental, es atravesado necesariamente por personas y vehículos que desean trasladarse hacia diferentes destinos sean estos

internacionales, nacionales, inter departamentales y de la zona por las únicas vías disponibles que no fueron diseñadas para proveer las mejores condiciones de circulación. No obstante a pesar del control por semáforo los niveles de congestión son altos.

Este tráfico que atraviesa la ciudad representa una importante demanda que sobrepasa la capacidad a disposición de las vías por donde circula y además obstaculiza la fluidez vehicular e incrementa el tiempo de recorrido y la inversión en los costos de operación por parte de los usuarios de las vías.

### **1.2.3 JUSTIFICACION**

Con la realización de esta investigación se planteará una propuesta para solucionar el problema del congestionamiento que se ocasiona en el lugar de estudio. Ya que a diario se observa el congestionamiento que se genera en dicha intersección el cual resulta tedioso para las personas (sean estas conductores o peatones) que hacen uso de estas arterias, así como para los pobladores que se encuentran en los alrededores y también afectando el sector comercial que se encuentra en la zona.

Con este estudio se logrará beneficiar de una forma directa e indirecta a la población que utiliza dicha arteria ya sea para transportarse, para comercio, etc. A través de la implementación de este proyecto se disminuirán los conflictos viales que se producen en esta vía y así disminuir los embotellamientos vehiculares.

El objetivo principal de esta investigación es disminuir o eliminar los impactos negativos que dicha congestión ocasiona en esta intersección y lograr de esta manera una mejor calidad de vida, brindando seguridad para con los transportistas que hacen uso de esta arteria.

Para la solución del problema se pretende plantear alternativas de diseño que ayuden a minimizar los problemas de circulación vehicular y que pueda solventar en gran medida las dificultades que se presentan.

Es importante mencionar que los by-passes norte y sur no estarán disponibles antes de 13 años a partir de esta fecha, debido a las otras prioridades del Gobierno central, ya que este es el ente encargado de proveer la solución física de esta problemática(Fuente: Unidad de Planificación Vial del MOP), por lo tanto, esto significa 12 años de deterioro, impacto a la economía regional y una alza en los accidentes de tránsito, por lo cual el estudio no abarca las investigaciones posteriores, además se obtendrá un pre-estudio de la necesidad de ejecutar este proyecto, de esta manera podemos decir que la viabilidad y la factibilidad de este estudio es aceptable y necesaria.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Proponer una solución al congestionamiento vial que se genera en la intersección de la Av. Roosevelt y carretera Ruta Militar de la Ciudad de San Miguel, a través de la selección de la propuesta más eficiente y segura entre diferentes alternativas de diseño geométrico vial.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estimar la demanda actual y futura hasta un período de 20 años, a través del estudio de tránsito respectivo y así encontrar los parámetros necesarios para la selección de la alternativa más conveniente.
2. Determinar la tipología de solución geométrica y sus respectivas dimensiones de elementos que la comprenderán, a partir de la demanda futura de los volúmenes e intensidades en la intersección previamente mencionada.
3. Minimizar la gravedad de los conflictos potenciales entre los diferentes flujos de tránsito, los peatones y los movimientos de giro.
4. Diseñar geoméricamente la alternativa obtenida utilizando las Normas Internacionales respectivas.

## **1.4 DELIMITACION**

### **1.4.1 ALCANCES**

- Con el estudio de la intersección se pretende proyectar a futuro la solución al congestionamiento que actualmente se da en horas pico a través de una propuesta factible, a corto y mediano plazo mientras no se construyan by-pass o anillos urbanos.
- Con el estudio de tránsito determinaremos el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) utilizados para medir la demanda actual, proyectarlas a futuro y así establecer todos los parámetros de diseño geométrico de la propuesta.
- El trabajo consistirá en estudiar y analizar factores que intervienen en el funcionamiento actual del sistema vial, así como realizar los estudios respectivos y logrando con ello proponer soluciones prácticas al congestionamiento que gobierna en la intersección en estudio.
- Los resultados de esta investigación se presentarán a todas las instituciones involucradas en la solución del problema, para que conozcan los requerimientos y condiciones de funcionamiento, para desarrollar un eficiente sistema vial en la intersección.
- Los resultados de la propuesta estarán en función del crecimiento y desarrollo del área urbana de la Ciudad.

### **1.4.2 LIMITANTES**

- En lo referente a datos de tránsito, se utiliza la información disponible del plan maestro de desarrollo urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR – San Miguel) por ser el único estudio que ha identificado la demanda vehicular que tendría una vía de circulación en la periferia de la ciudad.
- El trabajo está enfocado únicamente al diseño geométrico de la vía y no a los estudios posteriores al diseño (No se efectúan estudios de suelo, diseños estructurales, presupuestos, etc.).
- El apoyo que nos proporcionó las instituciones involucradas en el desarrollo de la investigación es muy importante, sobre todo para la obtención de información; sin embargo se pueden encontrar algunos obstáculos tales como: cambio de políticas internas en dichas instituciones, hermetismo de las mismas en cuanto al proporcionamiento de la información, así también la falta de tiempo de las personas que la manejan.
- La solución del problema puntual de la intersección y las calles concurrentes cubrirá un radio no mayor de 300 m.



## **1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1 TIPO DE LA INVESTIGACION**

En la investigación se llevaran a cabo estudios exploratorios y descriptivos.

Al revisar acerca de las investigaciones sobre el congestionamiento vial que se genera en la intersección principal de San Miguel es evidente que es un tema que se encuentra ignorado y que está afectando grandemente a la ciudad, ya que ocasiona problemas económicos para con los usuarios, pérdida de tiempo, y otros problemas secundarios que afectan tanto directa o indirectamente a la población. Según estadísticas del MOP los vehículos que circulan a diario por las vías de San Miguel ocasionan terribles embotellamientos vehiculares, ya que las carreteras en las horas pico colapsan. Es por ello del estudio exploratorio para determinar en sí cuán importante es solventar y solucionar este problema, a través de las investigaciones en campo, efectuando un estudio de tránsito que permita establecer los parámetros fijos necesarios para plantear la alternativa más factible y económica y paralelamente satisfacer los requisitos y exigencias de comodidad y seguridad para la población.

En cuanto al estudio descriptivo permitirá detallar las condiciones y características óptimas que comprenderán el diseño de la obra, definiendo y a la vez describiendo de esta forma el tipo de estructura a utilizar, los elementos que la conformaran, la magnitud de la misma y sobre todo el beneficio social que dicha obra acarreará.

## **1.5.2 UNIDAD DE ANALISIS**

Las unidades de análisis serán:

### **Flujo Vehicular:**

Se analizan todos los vehículos provenientes de la Carretera Panamericana, Avenida Roosevelt, Carretera Ruta Militar y todas las arterias que convergen en la intersección, para describir la forma como circulan los vehículos en la intersección lo cual permite determinar el nivel de eficiencia. Y así medir la cantidad de vehículos que transitan por la intersección durante un periodo menor a una hora (15 min).

### **Capacidad Vehicular.**

Se estudian por el número máximo de vehículos que puedan esperar para atravesar la intersección durante un período de tiempo de una hora, en condiciones óptimas tanto de la vía como de los vehículos y de los agentes externos.

### **Densidad vehicular**

Se considera por el número de vehículos que viajan sobre la intersección para un lapso también por el tiempo de espera generado por las colas.

### **Conflictos viales**

Por ser la causa principal de los congestionamientos.

### **Alternativas**

Se plantean para solucionar el problema existente en la intersección las cuales cumplirán requisitos de seguridad, economía y beneficio.

## **1.5.3 VARIABLES Y MEDICION**

### **1.5.3.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES**

Una vez conociendo las características físicas, económicas y sociales que presenta el área de estudio podremos determinar la mejor opción a utilizar para solucionar este problema basándonos en los niveles técnicos, que nos permitan obtener una calidad aceptable en la obra. Las variables de mayor importancia que se tomaran en cuenta son las siguientes:

#### **VARIABLES INDEPENDIENTES**

##### **✓ Flujo Vehicular**

*Definición conceptual:* Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Es la tasa horaria equivalente a la cual transitan los vehículos por un punto, en una carretera durante un periodo de tiempo menor a una hora.<sup>2</sup>

*Definición Operacional:* Es la cantidad de vehículos que hacen uso de la intersección en estudio, de la cual se tomara una muestra y en consecuencia se proyectara a futuro a través de procesos estadísticos tales como el TPDA, y así se obtendrá la propuesta más factible.

<sup>2</sup> Pag. 176, *Ingeniería de Transito y carreteras, 3era Edición, Nicholas J. Garber & Lester A. Hoel*

### ✓ **Tipos de vehículos**

*Definición Conceptual:* Los controles claves en el diseño geométrico de las carreteras son las características físicas y las proporciones de los vehículos de distinto tamaño. Por lo tanto es conveniente examinar todos los tipos de vehículos y así determinar las características de diseño tomando en cuenta el peso, las dimensiones y el tipo de funcionamiento; para establecer los controles y la capacidad en una carretera.<sup>3</sup>

*Definición Operacional:* Se efectúa la clasificación de los vehículos de acuerdo a su peso y tamaño mediante conteos manuales y mecánicos para el diseño geométrico con referencia específica a los requerimientos de los radios de giro, ancho de carriles, etc.

### ✓ **Infraestructura existente**

*Definición Conceptual:* Son las características actuales que posee la intersección o arteria en estudio, sean estas niveles de servicio, anchos de carriles, geometría, etc.

*Definición Operacional:* Aquí se consideran las condiciones físicas en las que se encuentra la intersección que se estudia a través de inspecciones visuales, análisis estructurales, hidráulicos, hidrológicos, etc.

<sup>3</sup>Pag.58 A policy on Geometric Design of Highways and Streets 2001, Fourth Edition, ASSHTO

✓ **Diferentes propuestas**

*Definición Conceptual:* Es aquí donde se presentan las diferentes alternativas de solución, para luego analizar sus ventajas y desventajas y así escoger la que más convenga.

*Definición Operacional:* De acuerdo a los estudios respectivos (de tráfico, de topografía, etc.) se determinará la opción requerida dentro de las que se encuentren disponibles, la cual debe satisfacer por lo menos las necesidades básicas para los conductores. Además dicha propuesta se deberá proyectar a futuro para cumplir con dichas necesidades o exigencias para ese tiempo.

VARIABLES DEPENDIENTES

✓ **Velocidad**

*Definición Conceptual:* La velocidad es uno de los factores más importantes para el conductor, es primordial en todos los sistemas de transporte. Es la rapidez de movimiento del vehículo. Distancia recorrida por un vehículo durante una unidad de tiempo.

*Definición Operacional:* Es el recorrido de los vehículos en función de la distancia y el tiempo, en el cual se tardara para cruzar la intersección en estudio.

✓ **Densidad**

*Definición Conceptual:* Llamada concentración es el número de vehículos que viajan sobre una longitud unitaria de carretera para un instante de tiempo menor a una hora.

*Definición Operacional:* Es la cantidad de vehículos que pasan por la arteria en estudio y para lo cual se determinara el trafico existente y así proyectarlo a futuro para establecer el tiempo de recorrido y el espaciamiento entre vehículos y para estipular el tiempo útil de la propuesta planteada.

✓ **Señales de tránsito.**

*Definición Conceptual:* Son los signos usados en postes o pintados en la calle ubicados en el lado de caminos para impartir la información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera, en especial los conductores de vehículos.

*Definición Operacional:* Aplicar los instrumentos necesarios para controlar los conflictos viales y dirigir los derechos de vía en la intersección entre dos o más arterias.

✓ **Distancia de recorrido**

*Definición Conceptual:* Es el recorrido que realiza un automóvil, desde un punto inicial hasta un punto en específico.

*Definición Operacional:* Se tomará en cuenta para los efectos de nuestro estudio la longitud que requiere un vehículo para trasladarse de un punto a otro dentro de la intersección.

✓ **Tiempo de recorrido**

*Definición Conceptual:* Es el tiempo durante el cual un vehículo realmente se mueve mientras que recorre una sección dada de la carretera.<sup>4</sup>

*Definición Operacional:* Es el tiempo que se tardara un automóvil en cruzar la intersección en estudio.

✓ **Espaciamiento entre vehículos**

*Definición Conceptual:* Es la distancia mínima para dos o más direcciones de recorridos en forma paralela entre carriles dentro de la calzada.

*Definición Operacional:* Es la separación entre los diferentes flujos de los carriles existentes en la arteria, los cuales se dirigen en ambos sentidos.

✓ **Diseño Geométrico**

*Definición Conceptual:* El Diseño Geométrico de Carreteras es la parte más importante de una carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de Topografía del terreno porque de esta se determina la funcionalidad, el costo, la seguridad y otros aspectos importantes de ella.

*Definición Operacional:* En el diseño geométrico se presentara un esquema de lo que contendrá la alternativa seleccionada, la cual estará en función de las condiciones del relieve de la zona, geológicas, etc.

<sup>4</sup>Pag.111, *Ingeniería de Transito y Carreteras, 3era Edición, Nicholas J. Garber& Lester A. Hoel*

A través del estudio estableceremos las causas que han originado el congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y Carretera Ruta Militar.

### 1.5.3.2 INDICADORES Y SU MEDICIÓN

- FLUJO VEHICULAR

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Velocidad**

Está relacionada ya que nos da parámetros de cómo se encuentra el flujo porque a mayor fluidez vehicular, mayor rapidez del vehículo en atravesar la intersección.

- ✓ **Densidad máxima de congestión**

Si aumenta la densidad, disminuye la velocidad, se generan colas y se producen los congestionamientos. Por lo tanto la densidad es un indicador del Flujo ya que a mayor densidad menor flujo vehicular.

- ✓ **Capacidad de la carretera.**

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica, que se mide en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. A medida que se alcanza la capacidad de una carretera, **el flujo vehicular** se torna menos estable, porque



las brechas disponibles para maniobrar en la corriente del tránsito se reducen. En estas, la operación se vuelve difícil de sostener por largos períodos, se forman largas colas y el flujo se torna forzado o se interrumpe.

### ✓ **Niveles de Servicio**

El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestionamiento alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestionamiento; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades.

Conviene aclarar que hablar de congestionamiento en una carretera no es hablar de paralización de todo el movimiento. El congestionamiento se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre.

La escogencia de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.

- TIPOS DE VEHÍCULOS

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Clasificación vehicular**

Se analizan los tipos de vehículos haciendo una clasificación de acuerdo al peso, la capacidad de carga, el tamaño, el uso, etc.

- ✓ **Movimientos por carril**

Se analiza la maniobra que cada vehículo efectúa en un carril tomando en cuenta el tipo de vehículo que lo realiza.

- ✓ **Anchos y números de carriles**

Los anchos y el número de carriles se diseñan tomando en cuenta el tipo de vehículos y la cantidad que harán uso de estos.

- INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Drenaje**

Para evitar la influencia negativa en la infraestructura y en sus condiciones de transitabilidad se analiza el drenaje de las aguas superficiales a través de un estudio hidrológico.

✓ **Paradas de autobuses**

Por la mala ubicación de las paradas de autobuses se producen congestionamientos, debido a que estos obstaculizan el tránsito libre en la arteria disminuyendo las velocidades del flujo vehicular.

✓ **Estacionamientos Existentes**

Los estacionamientos que se encuentran en los establecimientos comerciales y residencias; también se toman en cuenta los puntos de taxis cercanos en la intersección.

✓ **Radios de giro**

Se estudian en base a los deseos de destino de cada automotor.

• **DIFERENTES PROPUESTAS**

Su indicador principal es:

✓ **Estudio de Tránsito**

Con la realización de los estudios de tránsito (Administrativos, de inventario y dinámicos) se plantearán parámetros para presentar propuestas que solucionen el problema en la intersección.

- **VELOCIDAD**

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Tiempo**

Se analiza la duración que un automóvil se tarda en realizar un recorrido específico.

- ✓ **Distancia**

El trayecto que recorre un automóvil en una velocidad determinada.

- **DENSIDAD**

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Número de vehículos**

A mayor número de vehículos circulando en la zona, mayor es la densidad, provocándose así el congestionamiento vial en la intersección.

- ✓ **Niveles de Servicio**

Si la densidad en la intersección es crítica el nivel de servicio es desfavorable, por el contrario si la densidad es constante el nivel de servicio es de alto nivel.

- ✓ **Tiempo de espera**

Si se producen los congestionamientos vehiculares el tiempo de espera es mayor, disminuyendo de esta manera el flujo vehicular.

✓ **Volumen**

Si existe mayor densidad, se producirán volúmenes de tránsito mayores ya que se generarán largas colas.

• **SEÑALES DE TRANSITO**

Sus indicadores principales son:

✓ **Niveles de servicio**

Las señales de tránsito indicarán el nivel de servicio.

✓ **Tipos de vehículos**

De acuerdo al tipo y cantidad de vehículo que transita en la intersección así se instalarán las señales de tránsito.

• **DISTANCIA DE RECORRIDO**

Sus indicadores principales son:

✓ **Velocidad**

Dependiendo de la velocidad será la distancia recorrida, es decir a mayor velocidad mayor distancia recorrida. Naturalmente para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras.

✓ **Infraestructura existente**

Los anchos de carril, números de carriles y la ubicación de los parqueos ya sean estos comerciales o residenciales influyen en el aumento o disminución de la distancia de recorrido en un tiempo determinado.

- **TIEMPO DE RECORRIDO**

Sus indicadores principales son:

✓ **Distancia**

El tiempo de recorrido variará en función de la distancia que se tarda en trasladarse un automóvil. Asimismo evalúa la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determina la ubicación, tipo y magnitud de las demoras de tránsito.

✓ **Densidad**

Los tiempos para el movimiento vehicular pueden variar automáticamente en relación con el panorama general de la circulación en cada acceso.

- **ESPACIAMIENTO ENTRE VEHÍCULOS**

Su indicador principal es:

✓ **Colas vehiculares**

Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vialidad a una distancia de separación dada.

- **DISEÑO GEOMÉTRICO**

Sus indicadores principales son:

- ✓ **Estudio de tránsito**

Son los estudios realizados en el punto de interés para determinar el parque vehicular y así obtener parámetros para definir una solución geométrica adecuada.

- ✓ **Derecho de vía**

Es una parte del suelo, de propiedad privada, que tiene un uso limitado por una reglamentación de carácter local o nacional. Se trata, por lo general, de franjas de terreno por donde pasan infraestructuras de propiedad del estado o de compañías concesionarias. Los usos permitidos para estas áreas dependen del motivo por el cual han sido declaradas de uso limitado en el proyecto para identificar el tipo de estructura geométrica a diseñar.

### **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

A través del estudio del flujo vehicular procedente en la intersección en análisis se podrán determinar y aplicar los parámetros para la selección de la alternativa que cumpla con los requisitos económicos, técnicos, sociales, etc.; para lo cual se llevará a cabo un estudio de tráfico haciendo una clasificación vehicular, medición de colas, medición del tiempo de espera, medición de la velocidad, tiempos del semáforo, que servirán para el diseño geométrico; utilizando para ello cinta métrica, cronometro, libreta de anotaciones, tablas de clasificaciones vehiculares, normas, etc. en donde se involucrara el personal necesario para la realización del mismo; haciendo un conteo y verificando el giro que cada vehículo efectuó (Deseos de destino). Este proceso se llevara a cabo “3” días, durante “3 horas” de “4:00 p.m. – 7:00 p.m.”

## **TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS A EMPLEARSE EN LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

El estudio de tránsito se llevará a cabo utilizando la técnica del cordón vial, que consiste en colocar un aforo en cada arteria que converge con la intersección para abarcar todo el parque vehicular que la atraviesa haciendo una clasificación vehicular y tomando en cuenta el giro de cada vehículo; incluyendo la medición del tiempo, necesarios para determinar la capacidad y los niveles de servicio.

Al obtener la demanda actual que dicha intersección posee, se utilizará un factor de expansión, la tasa de crecimiento poblacional y el Producto Interno Bruto (PIB) para proyectar la demanda futura.

Para determinar el flujo peatonal y el tipo de vehículo se llevará a cabo la inspección visual en campo.

### **1.5.4 ESTUDIOS INGENIERILES Y TECNICOS**

- *Estudios Topográficos:* Se efectuará en toda la zona en estudio; así como también el puente que abarca, el estudio estará a 300 mt. de radio para el análisis.
- *Ingeniería de Tránsito:* Se llevará a cabo un análisis vehicular en la intersección y en las carreteras que convergen en ella para determinar la demanda actual y demanda futura.
- *Ingeniería de Carreteras:* Se harán estudios para determinar la geometría de las arterias que intercepten en la zona de estudio.



# CAPITULO II

# "MARCO REFERENCIAL"

## 2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta una recopilación de las Normas, Leyes, Reglamentos, Historia, Referencia y Teoría relacionada con la ingeniería de tránsito, diseño geométrico de carreteras, intersecciones (a nivel y a desnivel), y específicamente, el contexto histórico y actual en cuanto a lo concerniente a las normas existentes en la región centroamericana.

Los marcos que rigen y los entes encargados se mencionan en el Marco normativo.

Además se mencionan conceptos básicos que están relacionados con la Ingeniería de Tránsito, Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Hidrológica e Ingeniería Estructural; todo esto para poder tener una mejor comprensión de cada elemento en estudio, en consecuencia podremos realizar un diseño geométrico satisfactorio de la intersección ya sea a nivel o a desnivel basados en estas ramas de la ingeniería, posteriormente esta información servirá de base para la ejecución del Diseño Geométrico en sí.

## 2.2 MARCO HISTÓRICO

Al pasar de los años el incremento de la población en El Salvador ha evolucionado, paralelo a esto, el crecimiento vehicular se ha desarrollado en gran magnitud, sobrepasando los niveles de servicio existentes en las principales arterias, lo cual genera problemas vehiculares. Conforme ha transcurrido el tiempo, la ciudad de San Miguel ha experimentado crecimientos de asentamientos informales, los cuales han requerido de recursos y servicios básicos en la cantidad necesaria y en la calidad adecuada. Por ejemplo podemos citar el que existe en la intersección entre la avenida Roosevelt y la carretera Ruta Militar en la ciudad de San Miguel, el cual es necesario analizar para solventar el problema que inició hace muchos años, ya que no se ha tenido una política capaz de cumplir con la secuencia cronológica, en cuanto a las necesidades de su propia época, es decir que con el crecimiento comercial y económico no ha evolucionado paralelamente la infraestructura vial.

El diseño y construcción de intersecciones son de mucha necesidad para la ciudad de San Miguel. Se requiere su buen funcionamiento para poder alcanzar el crecimiento económico, a pesar del alto incremento de la población que conlleva al crecimiento del parque vehicular, para ajustarse al cambio estructural del modelo espacial de la ciudad y para proveer un adecuado servicio a la población. Una de las mayores dificultades son los congestionamientos vehiculares e impedirlos es uno de los indicadores más importantes para resolver los problemas.

Dentro del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR) se presentan estudios que revelan las dimensiones de las fuerzas que están detrás de los problemas, y describe la manera o los medios de cómo enfrentarlos. Así como también se presentan los proyectos de mejoramiento de la ciudad a corto y largo plazo.

Paralelamente el comercio en la zona ha aumentado y en consecuencia aumenta la demanda por viajes al centro de la ciudad, particularmente de la periferia norte y este del área Urbana.

Pero cabe mencionar que San Miguel sufre más que muchas ciudades, debido a la postergación de la atención a los sistemas de transporte durante los años del conflicto armado, a la falta de atención de las autoridades nacionales a los problemas locales de la ciudad, al rápido crecimiento y desarrollo a través de las remesas familiares de los migualeños residentes en el extranjero y a la acelerada transición de lo urbano tradicional a lo contemporáneo.

Hasta 2006, y según datos publicados en la revista Motor, del Grupo Dutriz, la ciudad de San Miguel tenía registrados alrededor de 37,137 vehículos circulando por la ciudad. Sin embargo, esta cifra se eleva ya que un sin número de unidades ingresan y salen del municipio provenientes de otros departamentos de la zona y del resto del país. Debido al alto flujo vehicular, las entradas y salidas se saturan, ya que la carretera Panamericana, que une San Miguel con el resto del país, tiene solamente dos carriles. El mayor problema se origina al término de la avenida Roosevelt sur y el inicio de la carretera Panamericana, ya que en este punto finalizan los cuatro carriles y quedan solo dos. Esto ocurre en el puente ubicado frente a la seccional del Cuerpo de Bomberos.



*Figura 2.1 Noticia publicada sobre el problema que existe en San Miguel*

*FUENTE: El Heraldo, Periódico de El Salvador.*

Para estructurar mejor la situación se han identificado cinco temas de mayor problemática en lo que la ciudad se desenvuelve.

- **La demanda de Viajes**

Es de saber que el problema existente y la insinuación de los problemas a futuro son inminentes, debido al crecimiento de la población de la ciudad, un porcentaje declinante, pero cada vez mayor en números de viajes tendrán como destino el centro de la ciudad a través de la intersección en estudio de la entrada sur ya es parte importante del volumen de viajes. El área norte aún se mantiene pero es la parte de la ciudad que más rápido está creciendo. Las proyecciones indican que, mientras el destino deseado de los viajes ya no pueda ser absorbido por las zonas del centro, hay un incremento dramático en las zonas periféricas especialmente al norte.

- **Transporte Público**

La utilización del transporte público en la ciudad de San Miguel se incrementará proporcionalmente con la población, especialmente debido a que una buena parte de la población, serán personas de bajos ingresos, los cuales no tendrán la facilitación de contar con un medio de transporte vehicular propio. El transporte público en la ciudad de San Miguel sufre de muchos problemas, la mayoría de los cuales tienen orígenes institucionales, aunque algunos son problemas de tráfico.

- **Administración de Tráfico**

La demanda de camiones pesados es de vital importancia para la administración de tráfico. Los 1996.<sup>12</sup> camiones que cada día pasan por la ciudad de San Miguel necesitan estar en rutas que soporten estos vehículos de manera adecuada y hay que facilitar las funciones de carga y transferencia por la ciudad.

- **El Transporte de Carga**

Debido a que el Vice-Ministerio de Transporte, donde se agrupa mucha de la autoridad, hasta hace pocos años no tenía presencia en San Miguel. Por esta razón no se atendían muchas funciones, incluyendo la gerencia del tráfico y la regulación de concesiones de tráfico.

En conclusión, estos cuatro elementos son altamente interactivos. Cuando se trabaja en cualquiera de ellos, es necesario tener en cuenta el resto.

Como una prueba de unificación de criterios para que los diseños geométricos de las carreteras traten de ser uniformes en cuanto a técnicas de concepción, diseños y posterior ejecución se estableció que:

En Septiembre de 1,999 se realizaron esfuerzos encaminados a modernizar y armonizar las normas técnicas aplicables a carreteras y al transporte dentro de la región centroamericana.

En virtud de ese esfuerzo se contrataron los servicios del consultor Raúl Leclair para preparar la primera versión del “ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales”, poniéndolo a disposición para ser discutido y revisado por los representantes de los cinco países firmantes de la región Centroamericana, dando por aprobada la versión de dicho manual que nosotros hemos adoptado para la realización de este trabajo con el objeto de aplicar las normas de reciente formación y adaptadas a nuestra propia realidad regional.

## 2.3 MARCO NORMATIVO

Con la idea de proporcionar una guía sobre las normas y leyes que regulan el diseño geométrico de las carreteras nacionales (se incluyen las intersecciones, las cuales son el objeto de nuestro estudio) se presenta a continuación la información respectiva:

### 2.3.1 LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES

**Art. 2.-** Para los efectos de esta Ley, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

**Art. 3.-** Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

*Especiales:* Son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.

*Primarias:* Las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

*Secundarias:* Las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.

*Terciarias:* Aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes.

*Rurales:* Las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

**Art. 18.-** Las velocidades mínimas y máximas a que podrán transitar los vehículos automotores en las carreteras o caminos, serán fijadas por la oficina respectiva del Ministerio de Obras Públicas, atendiendo a las condiciones geométricas de éstos. La Dirección General de Policía velará por que se cumplan las disposiciones que se adopten al respecto. Las carreteras primarias de la red vial centroamericana, deben diseñarse para las mayores velocidades



(90-110km/h) que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia.

### **2.3.2 LEY DE TRANSPORTE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL**

**Art. 11.-** Para los efectos de esta ley, los vehículos se clasifican en:

- a) De motor;
- b) De tracción humana, ya sea de mano o pedal; y,
- c) De tracción animal.

**Art. 12.-** Los vehículos automotores regulados por esta ley serán:

- 1) *Livianos de pasajeros:*
  - a- Automóviles;
  - b- Microbuses;
  - c- Motocicletas de todo tipo y clase.
- 2) *Livianos de carga:*
  - a- Pick ups y paneles;
  - b- Camiones hasta de tres toneladas de capacidad.
- 3) *Pesados de pasajeros:*
  - a- Autobuses de todo tipo y clase;
  - b- Otros de tecnología diferente que a futuro se utilicen.
- 4) *Pesados de cargas:*
  - a- Camiones de más de tres toneladas de capacidad;
  - b- Camiones y remolques articulados;
  - c- Cabezales y tráiler;
  - d- Maquinaria pesada montada sobre ruedas de hule;
  - e- Otros no contemplados.

Asimismo, se establecen regulaciones especiales en lo que compete a esta ley, sobre los vehículos de tracción humana o animal; así como cualquier vehículo de tecnología diferente que a futuro pudiese incorporarse a la circulación vehicular en el país, a excepción del transporte ferroviario.

**Art. 90.-** La planificación y diseño de la señalización vial, la demarcación sobre el pavimento, y todos los demás dispositivos para el control del tránsito en las vías terrestres, será competencia del Vice Ministerio de transporte; pudiendo coordinarse su ejecución y conservación con instituciones públicas, municipales y privadas.

Dentro de este trabajo, se pretende desarrollar una propuesta de circulación vial para lograr darle fluidez al tráfico vehicular proyectado.

### **2.3.3 REGLAMENTO DE TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA DE EL SALVADOR**

**Art. 10.-** Las dimensiones máximas permitidas para los vehículos de transporte de carga en sus diferentes modalidades serán las siguientes:

Ancho Máximo 2.60 m.

Altura Máxima 4.15 m.

### **2.3.4 REGLAMENTO GENERAL DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL**

**Art. 112.-** Queda prohibido parar y estacionar:

1. En las curvas y elevación de pendientes de visibilidad reducida, en sus proximidades en los túneles.
2. En los pasos a nivel, y paso de peatones.

3. En los carriles o partes de la vía reservadas exclusivamente para la circulación o para el servicio de determinados usuarios.
4. En las intersecciones y en sus proximidades.
5. Sobre los rieles del ferrocarril o tan cerca de ellos que pueda entorpecer su circulación.
6. En los lugares donde se impida la visibilidad de señalización a los usuarios a quienes afecte u obligue a hacer maniobras.
7. En autopistas, salvo en las zonas habilitadas al efecto.
8. Estacionar en doble fila.
9. En puentes y ejes preferenciales; y
10. Otros sitios donde la señalización vial expresamente así lo indique.

**Art. 205.-** En las intersecciones reguladas simultáneamente con semáforo y señal de ALTO, los semáforos tendrán prioridad sobre las señales de alto, debiendo ser acatadas estas señales de ALTO cuando el semáforo esté fuera de operación por cualquier causa.

### **2.3.5 ESTUDIO CENTROAMERICANO DE TRANSPORTE (ECAT)**

#### *FRICCIÓN LATERAL*

Se refiere al grado de reducción de la fluidez del tránsito que se genera como consecuencia de los vehículos entrando y saliendo de la carretera analizada. En zonas rurales de poco desarrollo al lado de la vía este efecto no es importante; pero al acercarnos a las zonas pobladas se hace más crítico.

Cuando la vía atraviesa zonas de mucho desarrollo o urbanas, la capacidad vial y la velocidad se reducen significativamente. La clasificación debe reflejar estas variaciones adecuadamente.

Para ello se utilizarán tres categorías:

- ✓ **Rural (R):** Poca o ninguna fricción lateral. Zonas rurales de poco desarrollo comercial o residencial al lado de la carretera.
- ✓ **Sub-Urbano (SU):** Zonas de moderado desarrollo alrededor de la carretera. Condición propia de los accesos a zonas urbanas.
- ✓ **Urbano (U):** Zonas urbanas, donde la capacidad y velocidad de operación de la carretera están más controladas por las intersecciones que por la geometría. Existe alto flujo de tránsito local.

### **CARRETERAS DE MÚLTIPLES CARRILES**

La capacidad en carreteras de cuatro o seis carriles que forman parte de la red se evaluará sobre la base de la metodología establecida en el Capítulo 7 del HCM. Las tasas de flujo que pueden obtenerse para niveles de servicio especificados en este caso dependen de las velocidades medias estimadas sobre la base de la geometría, velocidad de flujo libre y composición del tránsito.

En el caso de carreteras multicarriles el HCM (Manual de la Capacidad de la Carretera) considera el efecto de la fricción lateral, estableciendo como criterio el número medio de puntos de acceso por milla, o por km, para el caso suburbano, estableciendo la validez de este proceso hasta una distancia aproximada de 400 m de una intersección controlada por semáforo. Como en el caso de carreteras de dos carriles, en tramos urbanos se realizará una estimación de capacidad sobre la base de la condición media de operación de las intersecciones.

## **2.3.6 ACUERDO CENTROAMERICANO SOBRE CIRCULACIÓN POR CARRETERAS**

### **Artículo 6**

#### **CRUCES DE CARRETERAS. PRIORIDAD DE PASO**

1. Todo conductor de vehículo que se aproxime a un cruce debe cerciorarse de que la calzada que va a cruzar está libre y moderar su velocidad de acuerdo con las condiciones de visibilidad.

2. Todo conductor que vaya a salir de una carretera por su derecha deberá ceñirse al borde derecho de la calzada.

El conductor que se proponga salir de una carretera de dos vías por su izquierda deberá ubicarse con precaución a la izquierda sin pasar por el eje de la calzada.

3. Cuando dos conductores se aproximen a una intersección de carreteras por vías distintas y ninguno tenga prioridad de paso sobre el otro, el que pretenda girar a la izquierda deberá ceder el paso al otro conductor de acuerdo con los giros permitidos según la señalización existente.

4. En algunas carreteras, o tramos de ellas, puede concederse prioridad de paso en las intersecciones mediante la colocación de señales.

5. Todo conductor deberá ceder el paso a los vehículos con derecho a vía libre que anuncien su proximidad por medio de sirenas o los dispositivos luminosos autorizados.

## **2.3.7 MANUAL DE NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

Las intersecciones deben ser construidas con instalaciones provistas de semáforos de tiempo fijo y/o canalizadas, en los sitios con bastantes vehículos y peatones; en otros sitios con menor intensidad de movimiento, predominará el señalamiento vertical, particularmente las señales de ALTO para el tránsito de los ramales secundarios de la intersección.

## 2.4 MARCO TEORICO

### 2.4.1 LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y SUS PRINCIPIOS

La ingeniería del tránsito es otra especialidad de la ingeniería civil que nació hace algunas décadas a raíz de las transformaciones que ha experimentado el mundo, una de cuyas consecuencias es el empleo creciente del vehículo motorizado y ante el avance notable de la tecnología de este último, no obstante que los principios del motor a explosión hasta ahora en uso no han variado desde su aparición hace ya cerca de un siglo.

En sus comienzos la ingeniería de tránsito fue en su mayor parte empírica. Se basaba en la experiencia y en el análisis simple de unos cuantos datos obtenidos de la realidad.

Sin embargo, en los últimos tiempos ha tenido un desarrollo importante, tanto en lo que se refiere en la obtención de antecedentes del terreno como a su análisis, procesamiento, interpretación y resultados. Los tratamientos actualmente utilizados conducen a su aplicación más racional, con la inapreciable ayuda de la computadora electrónica.

El perfeccionamiento de la especialidad es en gran medida el resultado del intercambio a nivel profesional que experimenta en conferencias, congresos y reuniones de carácter internacional, eventos que por otra parte tienen la virtud indiscutible de mantener al día y de estimular positivamente al especialista.

Aun cuando la especialidad adquirió forma como tal hace más de 40 años, la aplicación de algunos de sus principios tuvo lugar con bastante anterioridad, en las condiciones imperantes en la época y por cierto en forma elemental.

## **2.4.2 CATEGORÍAS DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO**

Cuando nos referimos al término “categoría”, nuestro propósito es, ubicar la Ingeniería de Transito dentro de La Ingeniería de Transporte, puesto que el transito es una fase o parte del transporte. No se trata de realizar una presentación exhaustiva del transporte, pero si conceptualizar de una manera muy general y clara sobre su estructura básica y sus sistemas y modos, para finalmente arribar a los alcances de la Ingeniería de Tránsito como tal.

Las siguientes definiciones sirven de base para entender el concepto tanto técnico como científico de la Ingeniería de Tránsito y transporte:

✓ *Transportar:*

- a)** Llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido.
- b)** Acción y efecto de transportar o transportarse, sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro.

✓ *Transporte o transportación:*

- a)** Acción y efecto de transportar o transportarse.
- b)** Sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro.

## **2.4.3 OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO**

Los objetivos de la ingeniería de tránsito, deben orientarse hacia la reducción o eliminación de factores negativos para la fluidez, seguridad y eficiencia de las corrientes de tránsito, con ayuda de tratamientos propios de la especialidad, cuyo carácter constructivo y restrictivo implementan la planificación y diseño por una parte, y la reglamentación y el control por otra parte. Sin embargo, dentro

de un estudio de tránsito ambos caracteres se encuentran interrelacionados en sus fases de obtención y análisis de datos.

El impacto económico de los factores negativos indicados, como también el social, es importante. Pues cuan valiosos resultan los segundos o los minutos se pueden ahorrar algunos gramos de combustible que se pueden economizar, los momentos de desagrado para el usuario y consecuentemente el daño a su organismo cosa que no tienen precio y que se pueden evitar. En muchos casos el imponderable que es la seguridad, debe sumarse a los beneficios que obtengan con medidas apropiadas de tránsito.

En fin, los objetivos de la ingeniería de tránsito se pueden compensar en la aplicación de principios, métodos y que no solamente se sigan criterios estructurales, estéticos y económicos, tendientes a dar seguridad y comodidad al movimiento del tránsito, con el menor costo en el transporte.

#### **2.4.4 ALCANCES DE LA INGENIERÍA DE TRANSITO**

Definido de esta manera el marco de referencia de la ingeniería de tránsito, en esta importante rama se analizan en forma pormenorizada lo siguiente:

##### **2.4.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO**

Se analizan los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se investigan la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento; la capacidad de las calles y carreteras; el funcionamiento de: pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas; se analizan los accidentes, etc. Así se pone en evidencia la influencia de la capacidad y limitaciones del usuario en el tránsito; se estudia al usuario particularmente desde el punto de vista psíquico físico



indicándose la rapidez de las reacciones para frenar, para acelerar, para maniobrar, su resistencia al cansancio. Empleando en todo esto, métodos modernos e instrumentos psicotécnicos, así como la metodología estadística.

#### **2.4.4.2 REGLAMENTACIÓN DEL TRANSITO**

La técnica debe establecer las bases para los reglamentos del tránsito; debe señalar sus obsesiones, legitimidad y eficacia, así como sanciones y procedimientos para modificarlos y mejorarlos. Así, por ejemplo, deben ser estudiadas las reglas en materia del censo; responsabilidad de los conductores; peso y dimensiones de los vehículos; accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento; revista periódica comportamiento en la circulación.

Igual atención se da a otros aspectos, tales como: prioridad del paso; tránsito en un sentido; zonificación de la velocidad; limitaciones en el tiempo de estacionamiento; control policial en las intersecciones; procedimiento legal y sanciones relacionadas con accidentes; peatones y transporte público.

#### **2.4.4.3 SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE CONTROL**

Este aspecto tiene por objeto determinar los proyectos como construcción, conservación y uso de las señales, iluminación, dispositivos de control. Los estudios deben de complementarse con investigaciones de laboratorio. Aunque el técnico en tránsito no es responsable de la fabricación de estas señales y semáforos, a él incumbe señalar su alcance, promover su empleo y juzgar su eficiencia.

#### **2.4.4.4 PLANIFICACIÓN VIAL**

Es indispensable, en la ingeniería de tránsito realizar investigaciones y analizar los diferentes métodos, para planificar la vialidad en un país, en una municipalidad o en una pequeña área, para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito. Parte de esta investigación está dedicada exclusivamente a la planificación de la vialidad urbana, que permite conocer los problemas que representan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias al aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra.

Es reconocido que el tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, y por esto que el punto de vista del ingeniero de tránsito debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica. El técnico debe acostumbrarse a tener en cuenta en sus trabajos las distintas exigencias de la colectividad, de la higiene, de la seguridad, de las actividades comerciales e industriales.

#### **2.4.4.5 ADMINISTRACIÓN**

Es necesario analizar las relaciones entre las distintas dependencias públicas que tienen competencia en materia vial y su actividad administrativa al respecto. Deben considerarse los distintos aspectos tales como: económico, político, fiscal, de relaciones públicas, de sanciones, etc. Finalmente, debe hacerse énfasis en lo siguiente: el Ingeniero de Tránsito debe estar capacitado para encontrar la mejor solución al menor costo posible naturalmente, puede pensarse en infinidad de soluciones por demás costosas pero el técnico preparado en la materia además de estar capacitado para encontrar esta solución debe desarrollar eficientemente acciones a largo plazo, que tiendan

a mejorar condiciones del tránsito sin poner restricciones innecesarias al mismo.

## **2.4.5 OPERACIONES DE TRANSITO**

### **2.4.5.1 INGENIERÍA DE TRANSPORTE**

Aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, comfortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

### **2.4.5.2 INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

### **2.4.5.3 COMPONENTES BÁSICOS DE TRANSITO**

Tres son los componentes básicos de tránsito, los cuales se definen a continuación: El usuario (compuesto por peatones y conductores), la vialidad (relacionada con calles y carreteras) y el vehículo.

#### **EL USUARIO**

El conductor es sin duda alguna el elemento principal de un complejo sistema integrado por personas, vehículos y vías denominado tráfico; aunque éste sea el principal referente a la hora de concebir una carretera, no se debe olvidar la

importancia del vehículo, instrumento que actúa como intermediario entre conductor y vía, ni descuidar la interacción de un tercer componente tan sumamente frágil como es el peatón.

Una vez al volante de su automóvil, el conductor dispone de una gran libertad de acción que, aunque no absoluta, sí es muy grande. De él depende una vez haya fijado su destino la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento.

Las características del conductor durante el diseño son las diversas habilidades y la capacidad de percepción de los conductores en las carreteras. Esto se demuestra por el amplio rango de habilidades que tienen las personas para oír, ver, evaluar y reaccionar a la información.

Algunos estudios han demostrado que estas habilidades también pueden variar en una persona bajo diferentes condiciones, tales como la influencia del alcohol, el cansancio y la hora del día.

Por tanto es importante que los criterios que se usen para propósitos de diseño sean compatibles con las capacidades y limitaciones de la mayoría de los conductores en la carretera.

Las acciones que toman los conductores en un camino provienen de la evaluación y de la reacción a la información que obtienen de ciertos estímulos que ellos oyen o ven. Sin embargo, la evaluación y la reacción deben desarrollarse en un periodo muy corto, ya que la información que se recibe en las carreteras está cambiando constantemente.

✓ ***El proceso de percepción – reacción***

El proceso por medio del cual un conductor, un ciclista o un peatón evalúan y reaccionan a un estímulo puede dividirse en 4 subprocesos.

- a. **Percepción.** El conductor ve un dispositivo de control, una señal de advertencia o un objeto en el camino.
- b. **Identificación.** El conductor identifica el objeto o el dispositivo de control y de esta manera comprende el estímulo.
- c. **Emociones.** El conductor decide que acción tomar como respuesta al estímulo; por ejemplo pisar el pedal del freno, pasar, virar, o cambiar de carril.
- d. **Reacción o resolución.** El conductor ejecuta en la realidad la acción decidida durante el subproceso de las emociones.

El tiempo transcurre durante cada uno de estos subprocesos. El tiempo que transcurre desde el inicio de la percepción hasta el final de la reacción es el tiempo total requerido para la percepción, la identificación, las emociones y la resolución, algunas veces llamado tiempo PIEV o comúnmente, tiempo de percepción - reacción.

## LA VIALIDAD

La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las llamadas calles de la ciudad.

Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representan uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo.

### ✓ **Clasificación de una Red Vial**

- *Clasificación Funcional*

Dentro de un criterio amplio de planeación, la red vial tanto rural como urbana se debe de clasificar de tal manera que se puedan fijar funciones específicas a las diferentes carreteras y calles, para así atender las necesidades de movilidad

de personas y mercancías, de una manera rápida, confortable y segura, y a las necesidades de accesibilidad a las distintas propiedades o usos del área colindante.

Para facilitar la movilidad es necesario disponer de carreteras y calles rápidas, y para tener acceso es indispensable contar con carreteras y calles lentas. Naturalmente entre estos dos extremos aparece todo el sistema de carreteras y calles.

En términos generales las carreteras y las calles urbanas, pueden clasificarse funcionalmente en tres grandes grupos:

1. Principales (Arterias)
2. Secundarias (Colectoras)
3. Locales.

La clasificación funcional es clave en el proceso de planeación del transporte, ya que agrupa las distintas carreteras y calles en clases o sistemas de acuerdo al servicio que se espera que preste. La clasificación funcional contribuye a la solución de muchos problemas mediante:

- ✓ La determinación de la importancia relativa de las distintas carreteras y calles.
- ✓ El establecimiento de las bases para la asignación de diversos servicios o especificaciones de proyectos.
- ✓ La evaluación de deficiencias, comparando la geometría actual o los niveles de servicio con las especificaciones.
- ✓ La determinación de las necesidades resultantes.
- ✓ La estimación de los costos de la mejora.

Con la clasificación funcional es posible:

- ✓ Establecer sistemas integrados de una manera lógica, agrupando las carreteras y calles que deben de estar bajo una misma jurisdicción debido al tipo de servicio que ofrece.

- ✓ Asignar responsabilidades para cada clase de camino a nivel gubernamental.
- ✓ Agrupar las carreteras y las calles que requieren el mismo grado de ingeniería y competencia administrativa.
- ✓ Relacionar las especificaciones geométricas del proyecto con cada tipo de carretera o calles.
- ✓ Establecer las bases para programas de largo plazo, implementación de prioridades y planeación.

✓ **Vías urbanas**

Se define como un camino principal ubicado en una zona urbana utilizada para el tránsito de paso, generalmente sobre una ruta continua. En la planeación, proyecto y operación de estas vías urbanas y carreteras de pasos en ciudades, la demanda de tránsito bien sea presente o futura es considerada como una cantidad conocida; una medida de la eficiencia con la que una calle o carretera presta servicios a esta demanda, es conocida como capacidad para determinar la capacidad, se requiere no solo de un conocimiento de los volúmenes, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

▪ **Vías de Circulación Mayor**

Están constituidas por autopistas, vías rápidas y calles principales; y son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel, pero puede ser la etapa anterior de una autopista. Estos dos tipos de arterias

forman parte del sistema o red vial primaria de un área urbana. Las calles principales son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito, y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas las direcciones.

- *Vías de Circulación Menor*

Entre las vías de circulación menor tenemos: Calles colectoras: son aquellas que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez accesos a las propiedades colindantes.

Calle locales: son las que proporcionan acceso directo a las propiedades, sean estas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

Pasaje peatonal: son vías exclusivamente destinadas para la circulación de personas.

- ✓ **Componentes que forman las vías urbanas**

Los componentes de una vía urbana, podemos agruparlos dentro de lo que significa derecho de vía. Entre los cuales tenemos, corona, calzada o superficie de rodamiento, hombro, drenaje transversal, aceras.

Para efectos de nuestro trabajo se detallan en forma general los elementos que pueden apreciarse en una vía urbana (Tabla 2.1).



✓ **Sección transversal típica**

Está definida como la corona, la cuneta, los taludes las contra cunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de villa.

▪ *La corona*

Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.

Entre los elementos que definen la corona tenemos:

a) La rasante: como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

b) Calzada o superficie de rodamiento: Es aquella faja que es acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.

c) Hombros: es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona, o por ésta y el talud interior de la cuneta. Paralelamente a los acotamientos se tienen las cunetas.

▪ *Cunetas*

Son las destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Se construyen a los lados de las carreteras para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes; así como alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización.

▪ *Taludes*

Son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

<b>ELEMENTOS QUE INTEGRAN UNA VIA URBANA</b>	
<b>Sección transversal típica.</b>	Corona
	Sub-corona
	Cunetas
	Taludes
	Derechos de vía
	Partes complementarias
<b>Alineamiento.</b>	Alineamiento Horizontal
	Alineamiento Vertical
<b>Superficie de rodamiento.</b>	Pavimento rígido
	Pavimento flexible
<b>Drenajes.</b>	Drenaje superficial
	Sub-drenaje
<b>Dispositivos del control vehicular.</b>	Señalamiento Horizontal
	Señalamiento Vertical
<b>Servicios y accesos.</b>	Instalaciones marginales
	Accesos
<b>Varios.</b>	Carriles de aceleración
	Carriles de desaceleración
	Intersecciones
	Paisajes

Tabla 2.1 Elementos que integran una vía urbana.

FUENTE: Tesis “Propuesta de un plan de reordenamiento vehicular del área urbana de la Ciudad de Usulután”.

- *Derecho de vía*

Es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño bien balanceado de la (s) calzada (s) con sus carriles proyectados, los hombros interiores y exteriores, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional.

▪ **Partes complementarias**

- **Acera:** Orilla de la calle o de otra vía pública, generalmente en losada, junto al parámetro de las casas y particularmente destinadas para el tránsito de la gente que va a pie. Filas de casas que hay a cada lado de la calle o plaza.
- **Medianas o franjas separadoras centrales:** Es una franja de terreno localizada al centro de los carriles de sentido contrario en carreteras divididas que puede construirse al nivel de la pista principal, obtener su sección transversal elevada o definida o deprimida, siendo preferible esta última solución por su contribución al drenaje longitudinal en carreteras divididas.

Sus funciones principales son:

1. Separar físicamente los flujos de tránsito de sentido contrario.
2. Evitar o reducir el deslumbramiento durante la conducción nocturna, de los conductores de ambos sentidos de circulación.
3. Embellecer la facilidad vial y mejorar la calidad ambiental de su entorno.
4. En situaciones especiales pueden servir para la atención peatonal.

- **Acotamientos:** Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente se pueden utilizar como estacionamientos provisional para alojar vehículos en casos de emergencias.

✓ **Alineamiento**

**a) Alineamiento Horizontal:** Es la elevación sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona del camino; está conformada por tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

**b) Alineamiento Vertical:** El alineamiento vertical de una carretera está ligada estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Recompone de líneas rectas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores: visibilidad y accidentabilidad, composición del tránsito, relación entre la velocidad y sus engranajes de cambios en la operación del vehículo.

✓ **Superficie de rodamiento**

Es aquella faja que es acondicionada especialmente para el tránsito de vehículos. En las carreteras de primera categorías esta superficie será pavimentada. El pavimento es el conjunto de capas comprendida entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra civil.

La red vial está constituida por 5 tipos de revestimiento que son, en orden de calidad, los siguientes: asfalto, adoquinado, empedrado, balasto y tierra. Cuando se encuentran en buen estado, los tres primeros tipos de revestimiento permiten circular a velocidades adecuadas. Los tres últimos tipos de revestimiento no permiten circular a velocidades moderadas y generalmente son muy incómodos.

Se constata que la mayoría de las calles del centro urbano cuentan ya sea en asfalto o en adoquín. El adoquinado es el que mejor concilia los objetivos de servicio y de seguridad de un centro urbano, donde la velocidad de circulación debe ser considerablemente baja (aproximadamente 30 kilómetros por hora). En la zona periférica, los tipos de revestimiento son generalmente de tierra con algunos tramos adoquinados, empedrados o revestidos en balasto.

✓ **Drenajes**

Se define como un sistema de recolección, conducción y evacuación del agua superficial que se acumule sobre o cerca de una vía. Dentro de sus objetivos tenemos: permitir el rápido escurrimiento del agua que cae sobre la calzada hacia los desagües de descargas apropiados; evitar acumulación de aguas freáticas que pueda ocasionar daños a la vía; permitir el paso a través de la vía de las aguas superficiales provenientes de precipitaciones y corrientes naturales.

## EL VEHÍCULO

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el peso y el tamaño del vehículo; las características cinemáticas comprenden el movimiento del vehículo, sin considerar las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo. Ya que casi todas las carreteras alojan tanto automóviles particulares como tránsito de camiones, es esencial que los criterios de diseño consideren las características de los diferentes tipos de vehículos.

Las características del vehículo de diseño son aprovechadas para determinar criterios en el diseño geométrico, el diseño de las intersecciones y los requerimientos de distancia visual.

✓ **Características Estáticas**

El tamaño del vehículo de diseño para una carretera es un factor importante en la determinación de los estándares de diseño de varios componentes físicos de la carretera. Estos incluyen el ancho de carril, ancho de cuneta, longitud y ancho de las bahías de estacionamiento, y la longitud de las curvas verticales.

El peso en los ejes de los vehículos (en espera) sobre la carretera es importante para determinar el peralte del pavimento y la pendiente máxima.

La AASHTO ha seleccionado tres categorías generales de vehículos: automóviles de pasajeros, camiones y autobuses/vehículos recreativos. En la de automóviles de pasajeros están los compactos y subcompactos, todos los vehículos ligeros y los camiones ligeros de reparto (Vans y Pick Up). En la de camiones se incluyen los de una sola unidad, las combinaciones de tracto camión - semirremolque y los camiones o tracto camiones con semirremolque en combinación con remolques completos. En la de autobuses/vehículos recreativos están los autobuses de una sola unidad, los autobuses articulados. El radio de giro mínimo a velocidades bajas depende principalmente del tamaño del vehículo.

#### ✓ **Características Cinemáticas**

El elemento principal de las características cinemáticas es la capacidad de aceleración del vehículo. La capacidad de aceleración es importante en varias operaciones de tránsito, tales como las maniobras de rebase y la aceptación de la estrechura. La aceleración también es importante para la determinación de las fuerzas que causan el movimiento. Por tanto, un estudio de las características cinemáticas del vehículo incluye principalmente un estudio de cómo influye la tasa de aceleración a los elementos del movimiento, tales como la velocidad y distancia (Tabla 2.3).

<b>Tipo</b>	<b>Longitud permisible (pies)</b>
<b>Autobús</b>	35-60
<b>Camión sencillo</b>	35-60
<b>Remolque, semi/completo</b>	35-48
<b>Semirremolque</b>	55-85
<b>Remolque de camión</b>	55-85
<b>Tractor semirremolque remolque</b>	55-85
<b>Camión remolque remolque</b>	65-80
<b>Tractor semirremolque, remolque, remolque</b>	60-105

<b>Tipo</b>	<b>Peso permisible (libras)</b>
<b>Un eje</b>	18000-24000
<b>Tándem-eje</b>	32000-40000
<b>Peso máximo bruto del vehículo, reglamento del estado</b>	73280-164000
<b>Peso máximo bruto del vehículo, reglamento interestatal</b>	73280-164000

*Tabla 2.2 Rango de los límites estatales de la longitud del vehículo por tipo y del peso máximo del vehículo*

*FUENTE: Adaptado de State Maximum Sizes and Weightsfor Motor Vehicles (Reglamento estatal de tamaño y peso máximo de vehículos de motor), Sociedad de Fabricantes de Vehículos de Motor de los Estados Unidos, Detroit, Michigan, mayo de 1982.*

## **2.4.6 ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO**

La disponibilidad del transporte por carretera ha ofrecido varias ventajas que contribuyen a un alto nivel de vida. Sin embargo, existen diversos problemas vinculados con la modalidad del transporte por carretera. Estos incluyen choques, dificultades de aparcamiento, congestionamientos y demoras.

Los estudios de tránsito pueden agruparse en tres categorías: 1) Inventarios, 2) Estudios administrativos, 3) Estudios dinámicos. Los inventarios proporcionan una lista o una exposición grafica de la información existente, como anchos de calles, espacios de aparcamientos, rutas de tránsito, reglamentos de tránsito, etc.

Los estudios administrativos emplean los registros existentes de ingeniería que están disponibles en las dependencias y en los departamentos de gobierno. Esta información se usa para preparar un inventario con los datos importantes. Los estudios administrativos contemplan los resultados de las encuestas, incluyen mediciones de campo, fotografías aéreas o ambos.

### **2.4.6.1 ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO**

Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera. La velocidad de un vehículo se define como la rapidez de movimiento del vehículo. Un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico.

Las características de velocidad que se determinan en el sitio pueden usarse para:



- Establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, tales como zonas de velocidad, o las restricciones de paso.
- Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, tales como señalamientos de mensajes variables en las zonas de trabajo.
- Verificar el efecto de los programas en vigor que monitorean de la velocidad.
- Evaluar y/o determinar lo adecuado de las características geométricas de la carretera, tales como los radios horizontales de las curvas y las longitudes verticales de las mismas.
- Evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad de las carreteras mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.
- Determinar las tendencias de velocidad.

### **UBICACIONES DE SITIOS PARA LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD**

Las ubicaciones de los sitios para los estudios de velocidad dependen del uso anticipado de los resultados. En general se utilizan las siguientes ubicaciones:

1. Las ubicaciones que representen condiciones diferentes de tránsito de una carretera o carreteras que se emplean para la *recolección básica de datos*.
2. Los lugares a la mitad de la cuadra en vialidades urbanas rectas en secciones planas de carreteras rurales son sitios que se determinan para los *análisis de tendencia de velocidad*.
3. Cualquier ubicación puede usarse para la solución de un *problema específico de ingeniería de tránsito*.

Cuando se realicen estudios de velocidad en el sitio, es importante obtener datos en sesgo. Esto requiere que los conductores no se percaten de la realización del estudio.

### **LA HORA DEL DÍA Y LA DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO**

La hora del día para realizar un estudio de velocidad depende del propósito del estudio. Si la finalidad del estudio es establecer límites de velocidad visibles, observar tendencias de velocidades o recolectar datos básicos, se recomienda que sea realizado cuando el tránsito está fluyendo libremente durante las horas no pico.

Tipo de vehículo de diseño	Símbolo	Dimensiones (pies)											Del pivote de la dirección del eje trasero
		Total			Saliente		WB <sub>1</sub>	WB <sub>2</sub>	S	T	WB <sub>3</sub>	WB <sub>4</sub>	
Altura	Ancho	Longitud	Parte frontal	Parte trasera									
Automóvil de pasajeros	P	4.25	7	19	3	5	11	--	--	--	--	--	--
Camión de una sola unidad	SU	11-13.5	8.0	30	4	6	20	--	--	--	--	--	--
<b>Autobuses</b>													
Autobús interurbano	BUS-40	12.0	8.5	40	6	6.3 <sup>e</sup>	24	3.7	--	--	--	--	--
Carrocería con motor	BUS-45	12.0	8.5	45	6	8.5 <sup>e</sup>	26.5	4.0	--	--	--	--	--
Autobús urbano	CITY-BUS	10.5	8.5	40	7	8	25	--	--	--	--	--	--
Autobús escolar convencional (65 pasajeros)	S-BUS 36	10.5	8.0	35.8	2.5	12	21.3	--	--	--	--	--	--
Autobús escolar grande (84 pasajeros)	S-BUS 40	10.5	8.0	40	7	13	20	--	--	--	--	--	--
Autobús articulado	A-BUS	11.0	8.5	60	8.6	10	22.0	19.4	6.2 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	--	--	--
<b>Camiones combinados</b>													
Semirremolque intermedio	WB-40	13.5	8.0	45.5	3	2.5 <sup>e</sup>	12.5	7.5	--	--	--	--	27.5
Semirremolque intermedio	WB-50	13.5	8.5	55	3	2 <sup>e</sup>	14.6	35.4	--	--	--	--	37.5
Semirremolque interestatal	WB-62*	13.5	8.5	68.5	4	2.5 <sup>e</sup>	21.6	40.4	--	--	--	--	42.5
Semirremolque interestatal	WB-65**o WB-67	13.5	8.5	73.5	4	4.5-2.5 <sup>e</sup>	21.6	43.4-45.4	--	--	--	--	45.5-47.5
Semirremolque/remolque de "doble fondo"	WB-67D	13.5	8.5	73.3	2.33	3	11	23.0	3.0 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	23.0	--	23.0
Semirremolque/remolque triple	WB-100T	13.5	8.5	104.8	2.33	3	11	22.5	3.0 <sup>c</sup>	7.0 <sup>c</sup>	23.0	23.0	23.0
Semirremolque/remolque doble para carretera troncal	WB-109D*	13.5	8.5	114	2.33	2.5 <sup>e</sup>	14.3	39.9	2.5 <sup>d</sup>	10.0 <sup>d</sup>	44.5	--	42.5
<b>Vehículo recreativo</b>													
Casa móvil	MH	12	8	30	4	6	20	--	--	--	--	--	--
Automóvil con remolque para acampar	P/T	10	8	48.7	3	10	11	--	5	19	--	--	--
Automóvil con remolque para lancha	P/B	--	8	42	3	8	11	--	5	15	--	--	--
Casa móvil y remolque para lancha	MH/B	12	8	53	4	8	20	--	6	15	--	--	--
Tractor de granja	10	8-10	16 <sup>e</sup>	--	--	10	9	3	6.5	--	--	--	--

**Tabla 2.3 Dimensiones de los vehículos de diseño**

\*= Vehículo de diseño con remolque de 48 pies tal como fue estipulado en la ley de asistencia al transporte de superficie de 1982 (1982 Surface Transportation Assistance Act (STAA)).

\*\*=Vehículo de diseño con remolque de 53 pies tal como fue originado en la ley de asistencia al transporte de superficie de 1982 (1982 Surface Transportation Assistance Act (STAA)).

a= La dimensión combinada tiene 19.4 pies y la sección articulada tiene 4 pies de ancho. b= La dimensión combinada comúnmente tiene 10.0 pies. d= La dimensión combinada comúnmente tiene 12.5 pies. e= Se trata de la saliente desde el eje posterior del ensamblado del eje del tándem. f= Las dimensiones son para un tractor de 150-200 hp sin incluir la longitud del vagón. g= Para obtener la longitud total del tractor con un vagón, sume 18.5 pies a la longitud del tractor. La longitud del vagón se mide desde la parte frontal de la barra de tracción hasta la parte posterior del vagón, y la barra de tracción tiene 6.5 pies de longitud. WB<sub>1</sub>, WB<sub>2</sub>, WB<sub>3</sub> Y WB<sub>4</sub> corresponde a la base de ruedas o inter eje efectivo del vehículo, o distancia entre grupos de eje, comenzando en la parte frontal y procediendo hacia la parte de atrás de cada unidad. S es la distancia desde el eje efectivo trasero hasta el punto de enganche o punto de articulación.

FUENTE: Adaptado de *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (Una política sobre el diseño geométrico de autopistas y calles), Sociedad Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y de Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials), Washington, D.C., 2000. Utilizado con autorización.

La duración del estudio deberá ser tal que registre el número mínimo de registros requeridos para el análisis estadístico. Comúnmente es de 1 hora y el tamaño de la muestra de al menos 30 vehículos.

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO**

Se usa la velocidad media calculada (o promedio) para representar el valor medio verdadero de todas las velocidades de los vehículos en ese lugar. La exactitud de esta suposición depende del número de vehículos en la muestra. Se usan procedimientos estadísticos para determinar este tamaño mínimo de la muestra. Estos son:

#### **a) La velocidad Promedio**

Es la media aritmética de todas las velocidades observadas de los vehículos.

$$\bar{u} = \frac{\sum f_i u_i}{\sum f_i} \text{ Ecuación 2.1 Velocidad Promedio}$$

Dónde:

$\bar{u}$  = Media aritmética.

$f_i$  = Numero de observaciones en cada grupo de velocidad

$u_i$  = Valor medio para el grupo i-esimo de velocidad.

$N$  = Numero de valores observados

#### **b) La velocidad mediana**

Es la velocidad para el valor a la mitad de una serie de velocidades en el sitio clasificadas en orden ascendente. El 50% de los valores de velocidad será mayor que la mediana; el 50% será menor que la mediana.

**c) La velocidad modal**

Es el valor de la velocidad que ocurre con más frecuencia en una muestra de velocidades en el sitio.

**d) El i-esimo percentil de velocidad en el sitio**

Es el valor de la velocidad en el sitio, por debajo del cual viaja el i-esimo por ciento de los vehículos.

**e) La marcha**

Es el rango de la velocidad que tiene el mayor número de observaciones.

**f) La desviación estándar de las velocidades**

Es una medida de la dispersión de las velocidades individuales. Se estima como

$$S = \sqrt{\frac{\sum(u_j - \bar{u})^2}{N-1}}$$

*Ecuación 2.2 Desviación Estándar de las velocidades.*

Dónde:

S = Desviación estándar.

$\bar{u}$  = Media aritmética.

$u_j$  = j-esima observación.

N = número de observaciones.

**MÉTODOS PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO**

Los métodos empleados para realizar los estudios de velocidad en el sitio pueden ser: manuales o automáticos.

Entre los principales dispositivos automáticos se encuentran:

✓ **Detectores de camino**

Los detectores de camino se clasifican en: *tubos neumáticos para camino y espirales inductoras*. Estos dispositivos pueden usarse para recolectar datos acerca de velocidades, al mismo tiempo que se obtienen datos de volumen. Una ventaja de los detectores de medición es que la probabilidad de error se reduce.

Sus desventajas: 1. *Los dispositivos son costosos*, 2. *Cuando se usan tubos neumáticos (como los obvios), pueden afectar el comportamiento del conductor, y producir una distorsión de la distribución de velocidades.*

Los **tubos neumáticos** para caminos se colocan en forma transversal al carril donde serán recolectados los datos.

✓ **Medidores con el principio Doppler**

La función de los medidores Doppler consiste en que cuando se transmite una señal hacia un vehículo en movimiento, el cambio de frecuencia entre la señal transmitida y la señal reflejada es proporcional a la velocidad del vehículo en movimiento.

La ventaja de este método es que como no se usan tubos magnéticos, si el equipo puede ubicarse en una posición que pase desapercibida, se reduce considerablemente la influencia sobre el comportamiento del conductor.

✓ **Detectores electrónicos**

Estos dispositivos detectan la presencia de los vehículos por medios electrónicos, y con base a la información obtenida se calculan las características del tránsito, tales como la velocidad, volumen, colas y los intervalos de tiempo entre dos vehículos que viajan en la misma dirección y en la misma ruta.

La ventaja de estos dispositivos respecto del uso de los detectores de camino es que no es necesario instalar circuitos o ningún tipo de detector.

## **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO.**

Los datos recolectados en los estudios de velocidad en el sitio se obtienen solo de una muestra de vehículos que transitan por la sección de la carretera en la cual se realiza el estudio, pero como estos datos también se emplean para determinar las características de velocidad de la población total de vehículos que pasan por el sitio de estudio, es necesario usar métodos estadísticos para el análisis de datos. Comúnmente se determinan varias características con base en el análisis de los datos. Algunos pueden calcularse directamente a partir de los datos; otras mediante la representación gráfica de los datos.

### **✓ Otras formas de presentación y análisis de los datos de velocidad.**

Ciertas aplicaciones de los datos del estudio de velocidades pueden requerir una presentación y un análisis más complejo de los datos de velocidades. Por ejemplo, si se van a usar los datos de velocidad para la investigación de las teorías de flujo vehicular, será necesario que los datos de velocidad se ajusten a una distribución de frecuencias teórica que sea adecuada, tal como la distribución normal o la distribución gamma. Esto se hace suponiendo que los datos se ajustan a una distribución dada y luego probando esta suposición mediante uno de los métodos de prueba de hipótesis, tal como el análisis de ji-cuadrada.

### **2.4.6.2 ESTUDIOS DE VOLUMEN**

Se realizan estudios de volumen de tránsito para recolectar datos del número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo de tiempo determinado. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos. Los datos recolectados también puede clasificarse en sub categorías como: movimientos direccionales, tasas de ocupación, clasificación de los vehículos.

### **USO DE LOS VOLÚMENES DE TRANSITO**

De una manera general, los datos sobre los volúmenes de transito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

#### **1. Planeación**

- Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- Análisis económicos.
- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

#### **2. Proyecto**

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimiento de nuevas carreteras.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.



### **3. Ingeniería de Tránsito**

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

### **4. Seguridad**

- Calculo de índice de accidentes y mortalidad.
- Evaluación de mejoras por seguridad.

### **5. Investigación**

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudios sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudios de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

### **6. Usos comerciales**

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.
- Actividades recreacionales y deportivas.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> *Mulinazzi, Thomas E. and Carter Everett C. Study of Statewide Traffic Volume counting Systems for Maryland and West Virginia, Research Report, Transportation Studies Center and Department of Civil Engineering, University of Maryland, State Highway Administration, 1977*

Específicamente, dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, estos se utilizarán para:

1. *Transito Diario Promedio Anual (TDPA)*: Es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados todos los días del año. Los TDPA se usan en varios análisis de tránsito y de transporte para:
  - ✓ Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.
  - ✓ Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.
  - ✓ Calcular índices de accidentes.
  - ✓ Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.
  - ✓ Desarrollo de autopistas y de sistemas de calles arteriales principales.
  - ✓ Desarrollo de los programas de mejora y mantenimiento.
  
2. *Transito Promedio Diario (TPD)*: Es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados, en un número de días mayor que 1, pero menor que un año. Los TPD se usan para:
  - ✓ Medir la demanda actual en calles y carreteras.
  - ✓ Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.
  - ✓ Definir el sistema arterial de calles.
  - ✓ Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.
  - ✓ Programar mejoras capitales.
  
3. *Volumen de la Hora Pico (VHP)*: Es el número máximo de vehículos que pasan por un punto en una carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos. Los VHP se usan para:
  - ✓ Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda.
  - ✓ Evaluar deficiencias de capacidad.

- ✓ Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales; jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
  - ✓ Proyectar y rediseñar geoméricamente calles e intersecciones.
  - ✓ Regularización del desarrollo de estacionamientos.
4. *Clasificación de los vehículos (CV)* registra el volumen respecto al tipo de vehículos. La CV se usa para:
- ✓ El diseño de las características geométricas, con referencia específica a los requerimientos de radios de giro, pendientes máximas, anchos de carriles, etc.
  - ✓ Los análisis de capacidad, respecto al equivalente de pasajero-automóvil para los camiones.
  - ✓ El ajuste de los conteos de tránsito (aforos vehiculares)
  - ✓ El diseño estructural de los pavimentos de las carreteras, los puentes, etc.
5. *Las tasas de Flujo (q)*
- ✓ Analizar flujos máximos.
  - ✓ Analizar variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
  - ✓ Analizar limitaciones de capacidad en el flujo de tránsito.
  - ✓ Analizar las características de los volúmenes máximos.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Homburger, Wolfgang S.; Kell, James H. and Perkins, David D. *Fundamentals of Traffic Engineering, Course Notes, 13<sup>th</sup> edition, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, California*

## **VOLÚMENES DE TRANSITO HORARIO**

### **✓ Volumen Horario Máximo Anual.**

Se designa por la expresión VHMA, y es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado; es decir, que es la hora de mayor volumen de las 8,760 horas del año.

### **✓ Volumen Horario de Máxima Demanda.**

Se define como VHMD, es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.

### **✓ Volumen Horario – Décimo, Vigésimo, Trigésimo – Anual.**

Se define como 10VH, 20VH y 30VH, y es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente.

### **✓ Volumen Horario de Proyecto.**

Se define como VHP, y es el volumen de transito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado; es decir que no se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año.

## **VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.**

En zonas urbanas la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una Calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de Calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles de tránsito para estos periodos durante el día, tales como: prohibición de estacionamiento, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos. Un volumen horario de máximo demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el flujo máximo  $q_{max}$ , que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora, para lo cual tenemos la siguiente expresión:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N (q_{max})} \text{ Ecuacion 2.3 – Factor de la hora de maxima demanda.}$$

Donde N = número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 (q_{max})}$$

*Ecuacion 2.4 – Fact. de la hora de max. demanda, periodos 15min*

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12 (q_{max})}$$

*Ecuacion 2.5 Fact. de la hora de max. demanda, periodos 5min*

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma de cómo están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora.

## **MÉTODOS PARA REALIZAR LOS CONTEOS DE VOLUMEN**

Los conteos de volúmenes de tránsito se realizan mediante dos métodos básicos: Manual y Automático.

### **✓ Método Manual**

En el conteo manual intervienen una o más personas, que por medio de un contador, registran a los vehículos observados. Con este tipo de contador pueden registrarse tanto los movimientos de dar vuelta en la intersección como los tipos de vehículos. Las desventajas del método manual de conteo son: 1) requiere mucha mano de obra y por lo tanto es caro, 2) está sujeto a las limitaciones de los factores humanos y 3) no puede usarse para periodos largos de conteo.

### **✓ Método Automático**

Algunos contadores automáticos emplean un método de conteo que requiere la instalación en el camino de detectores de superficie (como los tubos neumáticos de camino) o detectores debajo de la superficie (como los aparatos magnéticos o de contacto eléctrico) Los cuales detectan el vehículo que pasa y

transmiten la información a un registrador, que se conecta al detector a un lado del camino.

## **TIPOS DE CONTEO DE VOLUMEN**

Se desarrollan diferentes tipos de conteo de tránsito (aforo vehicular), dependiendo del uso esperado de los datos que se van a recolectar.

### ✓ **Conteo acordonado**

Cuando se requiere información acerca de la acumulación de vehículos dentro de un área, durante un tiempo específico, se lleva a cabo un conteo acordonado. Consiste en el acordonado con un circuito cerrado imaginario del área para la cual se requieren los datos; el área al interior de este circuito se define como “El área acordonada”. La intersección de cada calle que cruza por la línea del cordón se considera una estación de conteo; se toman los conteos de volúmenes de vehículos y/o personas que entran y salen del área acordonada. La información obtenida es útil para la planificación de las instalaciones para estacionamientos, la actualización y evaluación de las técnicas operativas de tránsito, y para el diseño de planes a largo plazo para sistemas de viaductos y calles secundarias.

### ✓ **Conteos de línea de pantalla**

En los conteos de línea de pantalla, el área de estudio se divide en secciones grandes trazando líneas imaginarias, las que se conocen como líneas de pantalla. Los aforos vehiculares se realizan en cada punto en el cual un camino cruce la línea de pantalla. Las líneas de pantalla se diseñan o se escogen de modo que no sean cruzadas más de una vez por la misma calle.

✓ **Conteos en intersecciones**

Los conteos en intersecciones se realizan para determinar clasificaciones de vehículos mediante movimientos, y los movimientos de dar vuelta en las intersecciones. Estos datos son útiles para la determinación de longitudes de fase y de tiempo de ciclos en las intersecciones señalizadas, en el diseño de canalizaciones, en las intersecciones, y en el diseño general de mejoras en las intersecciones.

✓ **Conteos periódicos de volumen**

Con el objeto de obtener ciertos datos de volúmenes de tránsito, como los TPDA, es necesario obtener datos continuamente. Para hacer estimaciones razonables de las características del volumen anual de tránsito considerando toda el área, se realizan diferentes tipos de conteos periódicos, con duraciones que varían desde 15 min hasta aforos continuos; los datos obtenidos se usan para determinar valores que estiman las características anuales de tránsito. Los conteos periódicos que comúnmente se realizan son el conteo continuo, el de control o el de cobertura.

- *Conteos continuos*

Estos se llevan a cabo en forma continua con el uso de contadores mecánicos o electrónicos. Las estaciones en las cuales se realizan los conteos continuos se conocen como estaciones permanentes de conteo.

- *Conteos de control*

Se realizan en estaciones conocidas como estaciones de conteo o aforo de control, las cuales se ubican estratégicamente de modo que en un programa de aforo vehicular para toda el área puedan tomarse muestras representativas del volumen de tránsito para cada tipo de carretera o calle. Los datos obtenidos se



emplean para procesar variaciones estacionales y mensuales de las características de tránsito, y con base en estas estimar factores de expansión.

- *Conteos de cobertura*

Estos conteos se emplean para estimar los TPD con base en los factores de expansión desarrollados a partir de los conteos de control.

### **PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE VOLUMEN DE TRANSITO**

Los datos recolectados de los conteos de volúmenes de tránsito pueden presentarse de varias maneras, dependiendo del tipo de conteo realizado y del uso primario de los datos. Entre estos tenemos: mapas de flujo vehicular, hojas de resumen para intersecciones, cartas de distribución cronometradas y tablas resumen.

### **CARACTERÍSTICAS DEL VOLUMEN DE TRANSITO**

Un conteo continuó del tránsito en la sección de un camino mostrará que el volumen de tránsito varía de hora en hora, de día a día y cada mes. No obstante, la observación regular de los volúmenes de tránsito a lo largo de los años ha identificado ciertas características que muestran que aun cuando el volumen de tránsito en la sección de un camino varía con el tiempo, esta variación es repetitiva y rítmica. Se toman en cuenta estas características del volumen del tránsito cuando se planean aforos vehiculares, de modo que los volúmenes recolectados para un instante o lugar específico puedan relacionarse con los volúmenes recolectados para otros instantes y lugares. También con base en estas características se estima la exactitud de los aforos vehiculares.

## EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y EL AJUSTE DE LOS CONTEOS PERIÓDICOS

No es posible recolectar datos continuamente todos los días del año en todas las estaciones de conteo; por lo tanto, deben recolectarse datos de muestra de cada categoría de carretera y estimar los volúmenes anuales de tránsito a partir de los conteos periódicos. Esto incluye la definición del tamaño mínimo de la muestra (número de estaciones de conteo) para un nivel requerido de exactitud y la determinación de los factores de expansión diarios, mensuales, estacionales o todos para cada categoría de carretera.

### ✓ **Determinación y número de estaciones de conteo**

El tamaño mínimo de la muestra depende del nivel de precisión deseado. El nivel de precisión comúnmente utilizado para los conteos de volumen es 95-5. Cuando el tamaño de la muestra es menor que 30 y la selección de las estaciones de conteo es aleatoria, puede usarse una distribución conocida como: *La distribución t de student* para determinar el tamaño de la muestra para cada clase de enlace de carretera.

Suponiendo que las ubicaciones de muestreo se seleccionan de manera aleatoria, el número mínimo de la muestra está dado como:

$$n = \frac{t_{\frac{\alpha}{2}, N-1}^2 \left( S^2 / d^2 \right)}{1 + (1/N) \left( t_{\frac{\alpha}{2}, N-1}^2 \right) \left( S^2 / d^2 \right)}$$

*Ecuación 2.6 – Numero Mínimo de la muestra*

Donde

$n$  = Número mínimo de ubicaciones de conteo requeridas.

$t$  = Valor de la distribución *t* de student con un nivel de confianza de  $(1 - \alpha/2)(N-1$  grados de libertad).

$N$ = Número total de tramos (población) de los cuales debe seleccionarse una muestra.

$\alpha$ = Nivel de significancia.

$S$ = Estimación de la desviación estándar espacial de los volúmenes de los enlaces.

$d$ = Rango permisible de error.

### ✓ **Ajuste de los conteos periódicos**

Los factores de expansión, que se usan para ajustar los conteos periódicos, se determinan ya sea a partir de las estaciones de conteo continuó o de las estaciones de conteo de control.

*Los factores de expansión a partir de las estaciones de conteo continuó.*

Los factores de expansión horarios, diarios y mensuales requieren ser determinados con base en datos obtenidos en las estaciones de conteo continuó.

Los factores de expansión horarios, FEH (Hourly Expansion Factors (HEFs)), se determinan por la fórmula:

$$FEH = \frac{\text{volumen total para un periodo de 24 horas}}{\text{volumen para una hora especifica}}$$

*Ecuacion 2.7 – Fact. de expansión.*

Estos factores se usan para expandir los conteos con duración menor a 24 horas, a volúmenes de 24 horas, al multiplicar el volumen horario de cada hora durante el periodo de conteo, por el FEH para esa hora y encontrando la media de estos productos.

Los factores de expansión diarios, FED (Daily Expansion Factors (DEFs)), se calcula como:

$$FED = \frac{\text{volumen total promedio de la semana}}{\text{volumen promedio para un día específico}}$$

*Ecuacion 2.8 – Fact. de Exp. Diarios*

Estos factores se usan para determinar volúmenes semanales a partir de los conteos de 24 horas de duración al multiplicar el volumen de 24 horas por el FED.

Los factores de expansión mensuales, FEM (Monthly Expansion Factors (MEFs)), se calculan como:

$$FEM = \frac{TPDA}{TPD \text{ para un mes específico}}$$

*Ecuacion 2.9 – Fact. de Exp. Mensuales*

El TPDA para un año dado puede obtenerse del TPD para un mes dado al multiplicar este volumen por el FEM.

### **2.4.6.3 ESTUDIOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORAS**

Un estudio de tiempo de viaje determina la cantidad de tiempo requerido para viajar de un punto a otro en una ruta dada. Al realizar este estudio, también puede recolectarse información sobre los lugares, la duración y las causas de las demoras. Esto se conoce como un estudio de tiempo de viaje y de demoras. Los datos obtenidos ofrecen una buena indicación del nivel de servicio en la sección del estudio.

## **APLICACIONES DE LOS DATOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORA**

Los datos obtenidos de los estudios de tiempo de viaje y de demora pueden usarse en cualquiera de las siguientes tareas de la ingeniería de tránsito:

- Determinación de la eficiencia de una ruta respecto a su capacidad de desahogar el tránsito.
- Identificación de las localidades con demoras relativamente altas y las causas de estas.
- La realización de estudios previos y posteriores para evaluar la efectividad de las mejoras de la operación del tránsito.
- La determinación de la eficiencia relativa de una ruta mediante el desarrollo de clasificaciones de suficiencia o de índices de embotellamiento.
- La determinación de los tiempos de recorrido en enlaces específicos para usarse en los modelos de asignación de viajes.
- La compilación de los datos de tiempo de viaje que pueden usarse en los estudios de tendencias, para evaluar los cambios con el tiempo de la eficiencia y del nivel de servicio.
- La realización de estudios económicos en la evaluación de las alternativas de operación del tránsito, que reduzcan el tiempo de viaje.

## **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON LOS ESTUDIOS DE TIEMPO Y DEMORA**

1. *El tiempo de viaje.* Es el tiempo que emplea un vehículo para recorrer una sección dada de la carretera.
2. *El tiempo de corrida.* Es el tiempo durante el cual un vehículo realmente se mueve mientras que recorre una sección dada de la carretera.
3. *La demora.* Es el tiempo perdido por el vehículo debido a causas ajenas al control del conductor.

4. *La demora operativa.* Es aquella parte de la demora causada por la impedancia de un tránsito adicional. Esta impedancia puede ocurrir ya sea como fricción lateral, donde otro tránsito interfiere con el flujo vehicular (por ejemplo, el estacionarse o regresar vehículos a sus dueños), o como fricción interna, donde la interferencia está dentro de la corriente de tránsito (Por ejemplo, la reducción de la capacidad de la carretera).
5. *La demora en reposo.* Es aquella parte de la demora durante la cual el vehículo está en reposo.
6. *La demora fija.* Es aquella parte de la demora causada por dispositivos de control como los semáforos. Esta demora ocurre sin importar el volumen de tránsito o la impedancia que pueda existir.
7. *La demora del tiempo de viaje.* Es la diferencia entre el tiempo real de viaje y el tiempo de viaje que se obtendrá al suponer que un vehículo recorre la sección de estudio a una velocidad promedio igual a aquella para un flujo de tránsito sin embotellamientos en la sección que está siendo estudiada.

## **MÉTODOS PARA ELABORAR ESTUDIOS DE TIEMPO DE VIAJE Y DE DEMORAS**

Existen varios métodos para realizar los estudios de tiempo de viaje y de demoras. Pueden agruparse en dos categorías: 1) Cuando se emplea un vehículo de prueba, 2) Cuando no se requiere un vehículo de prueba.

### **✓ Métodos que requieren un vehículo de prueba**

Esta categoría incluye tres métodos: El automóvil flotante, la velocidad promedio, y la velocidad del vehículo en movimiento.

✓ ***Métodos que no requieren de automóvil de prueba***

Esta categoría incluye el método de las placas y el de la entrevista.

#### **2.4.6.4 ESTUDIOS DE APARCAMIENTO**

Todo vehículo que transita por una carretera va a estacionarse en cualquier momento ya sea por poco o mucho tiempo, dependiendo de la razón del aparcamiento. Por lo tanto, el suministro de instalaciones para estacionamiento es un elemento esencial de la modalidad de transporte de carretera. La necesidad de espacio de estacionamiento es muy grande en áreas donde el uso de suelos incluye actividades de negocio, uso residencial o actividades comerciales.

#### **TIPOS DE INSTALACIONES PARA ESTACIONAMIENTOS**

Las instalaciones para estacionamientos pueden dividirse en dos grupos: en la calle y fuera de la calle.

- *Instalaciones para estacionamientos en la calle.*

También se conocen como instalaciones en la guarnición.

- *Instalaciones para estacionamiento fuera de la calle.*

Estas instalaciones pueden ser de propiedad privada o pública; incluyen lotes superficiales y garajes.

## **DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS DE APARCAMIENTO**

Antes de estudiar los diferentes métodos para realizar un estudio de aparcamiento es necesario definir algunos términos:

1. *Hora – Cajón*. Es la unidad de aparcamiento que define el uso de un espacio individual de estacionamiento para un periodo de una hora.
2. *Volumen de aparcamiento*. Es el número total de vehículos que se estacionan en un área de estudio durante un periodo específico de tiempo, generalmente un día.
3. *Acumulación del aparcamiento*. Es el número de vehículos estacionados en un área de estudio en cualquier momento específico. Estos datos pueden graficarse como una curva de acumulación de aparcamiento contra tiempo, la cual muestra la variación de la acumulación del aparcamiento durante el día.
4. *Carga de aparcamiento*. Es el área bajo la curva de acumulación entre dos instantes específicos. Generalmente se da como el número de horas-espacio que se emplean durante un periodo específico de tiempo.
5. *Duración del aparcamiento*. Es el tiempo durante el cual se estaciona un vehículo en una bahía de estacionamiento. Cuando la duración del aparcamiento se da como un promedio, representa una indicación de la frecuencia de desocupación de un cajón de estacionamiento.
6. *Rotación del aparcamiento*. Es la tasa de uso de un cajón de estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen de aparcamiento para un período específico entre el número de cajones de estacionamiento.



## **METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS DE APARCAMIENTO**

Un estudio de aparcamiento exhaustivo incluye: 1) El inventario de las instalaciones de estacionamientos existentes, 2) La recopilación de datos relativos a la acumulación del aparcamiento, la rotación del aparcamiento y la duración del aparcamiento, 3) La identificación de los generadores del aparcamiento, 4) La recolección de información acerca de la demanda de aparcamiento.

### **2.4.7 ANALISIS DEL FLUJO VEHICULAR**

Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte. Con la aplicación de las leyes de las físicas y de las matemáticas el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de funcionalidad.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de modelos macroscópicos y microscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de capacidad y niveles de servicio aplicados a diferentes tipos de vialidad.

El objetivo, al abordar el análisis del flujo vehicular, es dar a conocer una de las metodologías e investigaciones y sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan las variables de flujo vehicular, la descripción probabilística o casual del flujo de tránsito, la distribución de los vehículos en una vialidad y las distribuciones estadísticas empleadas en proyectos y control del tránsito.

### **2.4.7.1 VARIABLES RELACIONADAS CON EL FLUJO**

Las variables relacionadas con el flujo son la tasa de flujo, el volumen, el intervalo simple entre vehículos consecutivos y el intervalo promedio entre varios vehículos.

#### **TASA DE FLUJO O FLUJO(q) Y VOLUMEN(q)**

La tasa de flujo  $q$ , es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. Es pues, el número de vehículos,  $N$ , que pasan durante un intervalo de tiempo específico  $T$ , inferior a una hora en unidades de minutos o segundos. No obstante, la tasa de flujo,  $q$ , puede ser expresada en vehículos por hora, teniendo cuidado de su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario,  $Q$ . la tasa de flujo,  $q$ , se calcula entonces con la siguiente expresión:

$$q = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuacion 2.10 – La tasa de flujo}$$

##### *1. Intervalo simple ( $h_i$ )*

Es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresado en segundos y medido entre puntos homólogos del par de vehículos.

##### *2. Intervalo Promedio ( $\bar{h}$ )*

Es el promedio de todos los intervalos simples,  $h_i$ , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se calcula, de acuerdo a la figura 2.2, mediante la siguiente expresión:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N - 1} \quad \text{Ecuacion 2.11 – Intervalo Promedio (a)}$$

Dónde:

$\bar{h}$  = Intervalo Promedio (s/veh)

N = Numero de vehículos (veh)

N-1 = Numero de intervalos (veh)

$h_i$  = Intervalo simple entre el vehículo i y el vehículo i+1

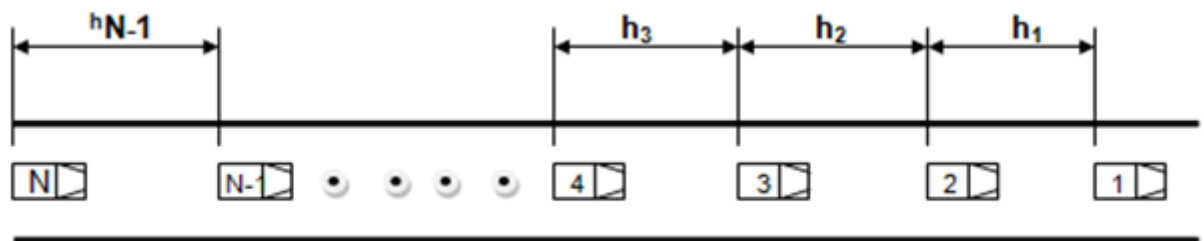


Figura 2.2 Intervalo Promedio

Como las unidades del intervalo promedio  $\bar{h}$  (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo  $q$  (veh/s), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{h} = \frac{1}{q} \text{ Ecuacion 2.12 – Intervalo Promedio (b)}$$

#### 2.4.7.2 VARIABLES RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son la velocidad instantánea, la velocidad media temporal, la velocidad media espacial, la velocidad de recorrido, la velocidad de marcha, la distancia de recorrido y el tiempo de recorrido.

### 2.4.7.3 VARIABLES RELACIONADAS CON LA DENSIDAD

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

#### 1. Densidad o concentración (k)

Es el número, N, de vehículos que ocupan una longitud específica, d, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada. Según la figura 2.3, se calcula como:

$$k = \frac{N}{d} \text{ Ecuacion 2.13 – Densidad o concentracion}$$

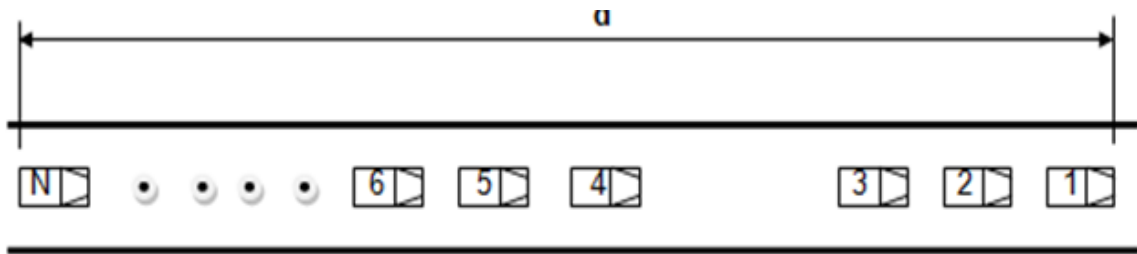


Figura 2.3 Densidad o Concentración

#### 2. Espaciamiento simple (Si)

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

#### 3. Espaciamiento promedio ( $\bar{s}$ )

Es el promedio de todos los espaciamientos simples,  $s_i$ , existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh) y se calcula, de acuerdo a la figura 2.4, mediante la siguiente expresión:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} s_i}{N-1} \text{ Ecuacion 2.14 – Espaciamiento Promedio (a)}$$

Dónde:

$\bar{s}$ = espaciamento promedio (m/veh)

N= número de vehículos (veh)

N-1= número de espaciamentos (veh)

$s_i$ = espaciamento simple entre el vehículo i y el vehículo i+1

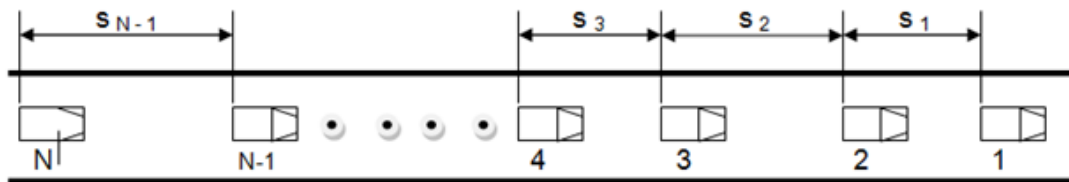


Figura 2.4 Espaciamento promedio

Las unidades del espaciamento promedio  $\bar{s}$ (m/veh) son las unidades inversas de la densidad  $k$  (veh/m), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \quad \text{Ecuacion 2.15 – Espaciamento Promedio (b)}$$

#### 2.4.7.4 CONCEPTO DE NIVEL DE SERVICIO

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

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos entre cruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 2009, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A,B,C,D,E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles para sistemas viales de circulación continúa son:

### **1. Nivel de servicio A**

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al motorista, pasajero o peatón, es excelente.

### **2. Nivel de servicio B**

Esta dentro del rango del flujo estable, aunque se empiecen a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel del servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

### **3. Nivel de servicio C**

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

### **4. Nivel de servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

### **5. Nivel de servicio E**

El funcionamiento está en él o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

### **6. Nivel de servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se

caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

#### **2.4.7.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA DEL TRANSITO**

Las ciudades dependen grandemente de sus sistemas de calles, ofreciendo servicios del transporte. Muchas veces, estos sistemas tienen que operar por arriba de su capacidad, con el fin de satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, transporte público, acceso a las distintas propiedades o estacionamientos, etc.; originando obviamente problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes y congestionamiento.

A pesar de que en los últimos tiempos con los avances tecnológicos se han logrado proyectar y construir sistemas viales más acordes con los vehículos que lo utilizan, al igual que diseños urbanos modernistas, los problemas de tránsito en muchos lugares aún persisten. A continuación se anuncian 5 factores que podrían incrementar estos problemas y que deben de ser tomados en cuenta en cualquier intento de solucionarlos:

- ✓ Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad.
- ✓ Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.
- ✓ Falta de planificación en el tránsito.
- ✓ El automóvil no considerado como una necesidad pública.
- ✓ Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.



## **2.4.8 DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRANSITO**

















Se denominan dispositivos para el control de tránsito a las señales, marcas, semáforos o cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a la carretera por una autoridad pública para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones(prevencciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones(restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones(guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera.

### **2.4.8.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL**

#### **SEÑALES**

















##### **✓ Señales Preventivas**

Llamadas también de prevención, tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Se identifican con el código SP. Deberán ser colocadas antes del riesgo a prevenir. En vías arterias urbanas, o de jerarquía inferior, se ubicarán a una distancia que podrá variar entre 60 y 80 m. Para el caso de vías rurales, o urbanas de jerarquía superior a las arterias, las señales preventivas se colocarán de acuerdo con la velocidad de operación del sector.

 SP-6	 SP-7	 SP-8	 SP-9
SP-6 Curva.	SP-7 Codo.	SP-8 Curva inversa.	SP-9 Codo inverso.
 SP-10	 SP-11	 SP-12	 SP-13
SP-10 Camino sinuoso.	SP-11 Cruce de caminos.	SP-12 Entronque en T.	SP-13 Entronque en delta.
 SP-14	 SP-15	 SP-16	 SP-17
Entronque lateral oblicuo.	Entronque en Y.	Glorieta.	Incorporación del tránsito.
 SP-18	 SP-19	 SP-20	 SP-21
SP-18 Doble circulación.	SP-19 Salida.	Estrechamiento simétrico.	Estrechamiento asimétrico.

**Tabla 2.4** Señales de tránsito Preventivas (Continúa)

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

 SP-22	 SP-23	 SP-24	 SP-25
SP-22 Puente móvil.	SP-23 Puente angosto.	SP-24 Anchura libre	SP-25 Altura libre.
 SP-30	 SP-31	 SP-32	 SP-33
SP-30 Zona de derrumbes.	SP-31 Alto próximo.	SP-32 Peatones.	SP-33 Escolares.
 SP-34	 SP-35	 SP-36	 SP-37
SP-34 Ganado.	SP-35 Cruce de ferrocarril.	SP-36 Maquinaria agrícola.	SP-37 Semáforo.
 SP-38	 SP-39	 SP-40	 SP-41
SP-38 Camino dividido.	SP-39 Ciclistas.	SP-40 Grava suelta.	SP-41 Vibrador.

**Tabla 2.4** Señales de tránsito Preventivas (Continuación)

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

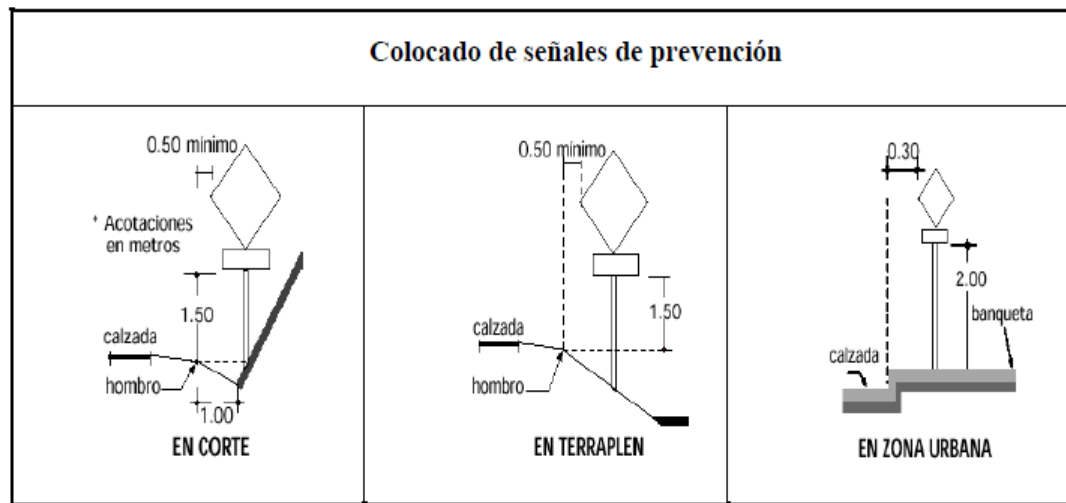


Figura 2.5 Colocado de las señales de tránsito preventivas  
FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

### ✓ **Señales Restrictivas**

Las señales reglamentarias o de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican con el código SR.

Su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre.

Las señales reglamentarias se ubicarán en el sitio mismo a partir del cual empieza a aplicarse la reglamentación o prohibición descrita en la señal.

A continuación se presentan algunas de las señales reglamentarias que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.

 <b>SR-6</b>	 <b>SR-7</b>	 <b>SR-8</b>	 <b>SR-9</b>
pare	Ceda el paso	Guarnición militar	Velocidad máxima
 <b>SR-10</b>	 <b>SR-11</b>	 <b>SR-11-A</b>	 <b>SR-12</b>
Giro a la derecha solamente	Sentido de circulación	Manténgase a la derecha de la Isla	Giro a la izquierda solamente
 <b>SR-13</b>	 <b>SR-14</b>	 <b>SR-15</b>	 <b>SR-16</b>
Conserve su derecha	Doble vía	Altura máxima	Ancho máximo
 <b>SR-17</b>	 <b>SR-18</b>	 <b>SR-19</b>	 <b>SR-20</b>
Paso restringido	Prohibido rebasar	Prohibido subir pasajeros	Cerrado

**Tabla 2.5. Señales de Tránsito de Restricción (Continúa)**

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

 <b>SR-29</b>	 <b>SR-30</b>	 <b>SR-31</b>	 <b>SR-32</b>
Circulación Prohibida de maquinaria agrícola	Circulación prohibida de motocicletas	Curva sucesivas primera- derecha	Circulación prohibida de vehículos de carga
 <b>SR-21</b>	 <b>SR-22</b>	 <b>SR-23</b>	 <b>SR-24</b>
Estaciona- miento	Prohibido estacionarse	Prohibido cruzar a la derecha	Prohibido cruzar a la izquierda
 <b>SR-25</b>	 <b>SR-26</b>	 <b>SR-27</b>	 <b>SR-28</b>
Prohibido giro en “U”	Prohibido el paso	Prohibido la circulación de camiones, motos y bicicletas.	Circulación prohibida de tracción animal

**Tabla 2.5. Señales de Tránsito de Restricción (Continuación)**

**FUENTE:** Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

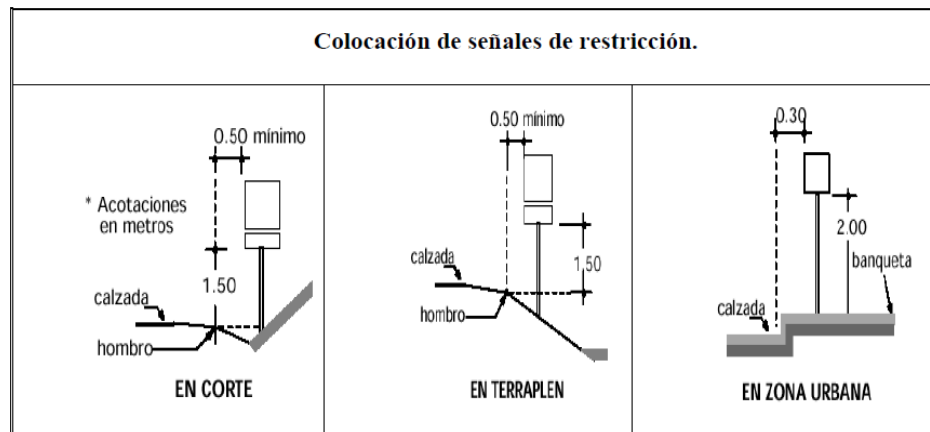


Figura 2.6. Colocación de señales de restricción.

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

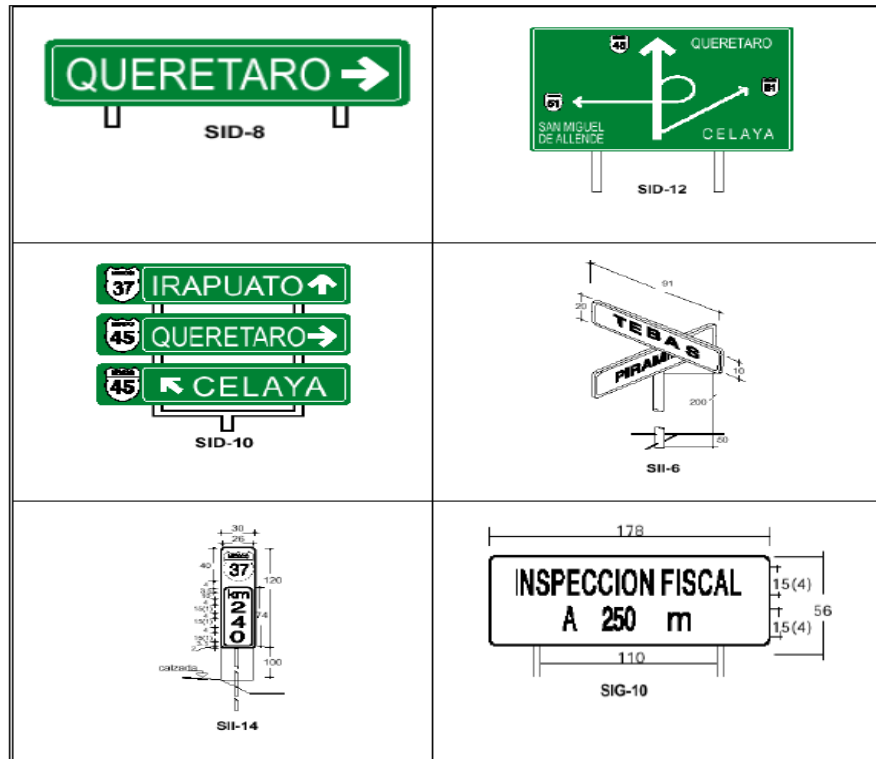
### ✓ **Señales Informativas**

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc. Estas señales se identifican con el código SI.

Las señales informativas se clasifican en:

- De identificación
- Postes de referencia
- De destino
- De Información en ruta
- De Información general
- De servicios
- De información turística

A continuación se presentan gráficamente algunas de las señales informativas de mayor importancia que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.



**Tabla 2.6.** Señales de información

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.





Figura 2.7 Postes de Referencia

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

✓ Señales de identificación

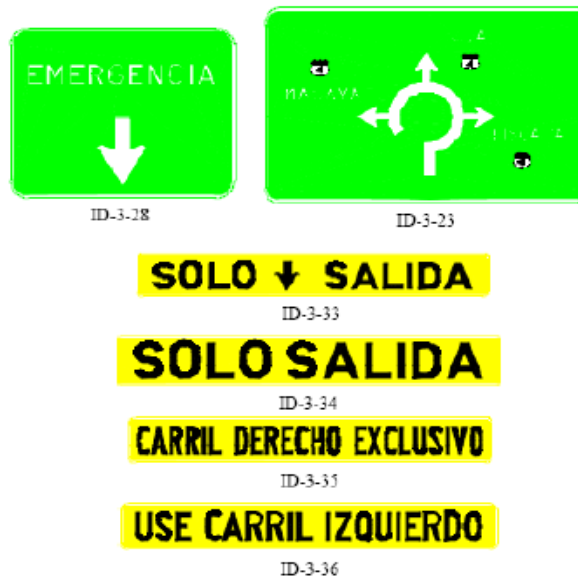


Figura 2.8 Señales de identificación

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

✓ **Señales de Información de Servicios y Turísticas**



Figura 2.9 Señales de información

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

## MARCAS

### Marcas en el pavimento

La demarcación está constituida por las líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

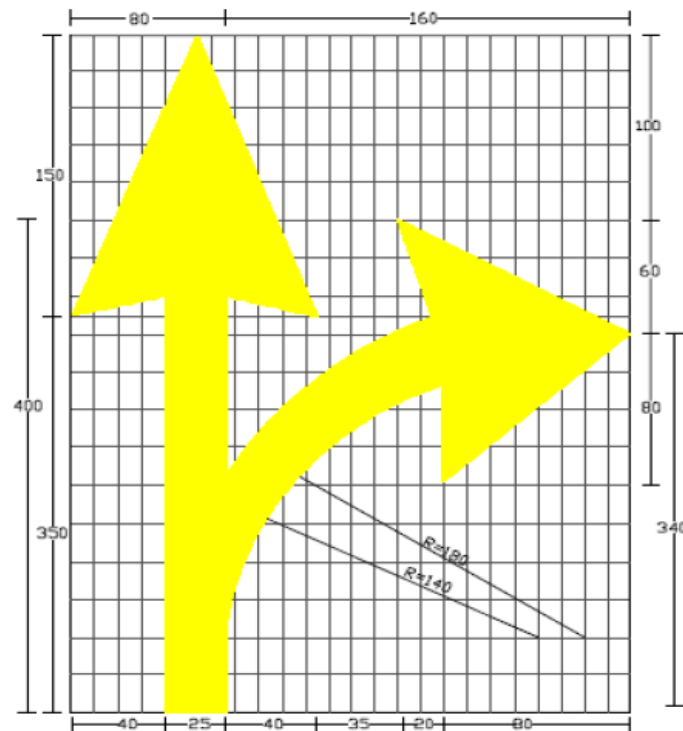


Figura 2.10 Marcas en el pavimento, cruce a la Derecha

FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

#### Funciones:

Las marcas en el pavimento desempeñan funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de control de tránsito. En algunos casos, son usadas como complemento de las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como señales verticales y semáforos. En otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas claramente.

#### Limitaciones:

La escasa visibilidad en pavimentos húmedos y el rápido desgaste que sufren en superficies expuestas a un tránsito intenso constituyen las principales

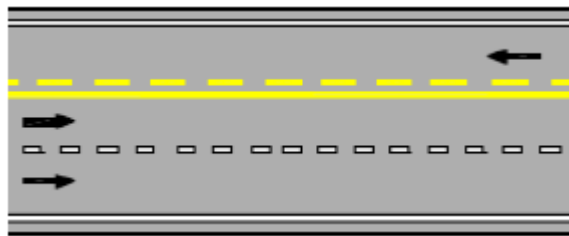
limitaciones de las marcas en el pavimento. Sin embargo, cuentan a su favor con la importante ventaja de que, en circunstancias favorables, aumentan considerablemente la seguridad de los automovilistas puesto que les indican regulaciones y advertencias sin que por ello aparten su atención de la carretera.

Colores:

Las marcas en el pavimento serán generalmente blancas y en algunas ocasiones amarillas.

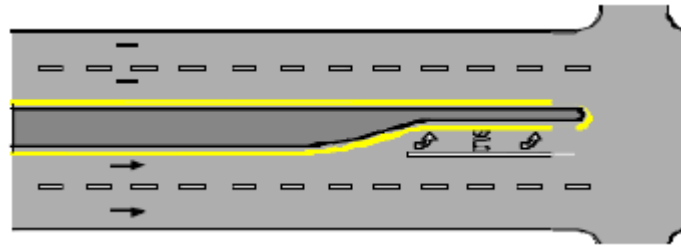
Amarillo:

El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de varios carriles, líneas de barrera y franjas amarillas de estacionamiento prohibido. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.



*Figura 2.11 Marcas en el Pavimento*

*FUENTE: Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.*



**Figura 2.12** Marcas en el Pavimento y demarcación de isletas.

**FUENTE:** Manual de Señales de Tránsito de la SIECA.

Blanco:

El color blanco define la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y la demarcación de bordes de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Además, se utiliza para los símbolos en el pavimento que indican los sitios de estacionamiento reservado para los vehículos que transportan personas discapacitadas, mujeres embarazadas o personas de la tercera edad. El color blanco se utiliza también en las palabras y en las flechas direccionales, así como en los distanciadores, las marcas de carril exclusivo y reversible y en algunas islas canalizadoras. Cuando se emplean botones brillantes para marcas en el pavimento, deben dar la impresión de que equivalen a pintura blanca.

Las marcas sobre el pavimento comprenden:

a) Marcas longitudinales.

I. Líneas continuas.

II. Líneas discontinuas.

b) Marcas transversales.

I. Líneas de parada de buses

II. Las fajas destinadas al cruce de peatones.

c) Otras marcas.

Entre estas tenemos:

I. Marcas que indican restricción al estacionamiento.

II. Restricción a movimientos giratorios.

III. Presencias de obstáculos materiales en la superficie de rodamiento o cercas de ellas.

<b>Tipos de líneas</b>	<b>Ancho</b>
Línea centrales de carril	Entre 10 y 15 cm.
Líneas de barreras	Entre 10 y 15 cm.
Líneas de borde de pavimento	10 cm.
Líneas laterales	10 cm.
Líneas de canalización	Entre 20 y 30 cm.
Líneas de cruces de peatones	Entre 15 y 30 cm.
Líneas de zonas de seguridad	Entre 30 y 60 cm.
Líneas de paradas	Entre 30 y 60 cm.

*Tabla 2.7. Anchos de líneas sobre el pavimento.*

*FUENTE: Tesis, Propuesta de una alternativa de Solución al Problema de reordenamiento del tráfico vehicular de la ciudad de San Miguel.*

## **OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS**

- ✓ Cercas
- ✓ Defensas
- ✓ Indicadores de obstáculos
- ✓ Indicadores de alineamientos
- ✓ Tachuelas o botones
- ✓ Reglas y tubos guías

- ✓ Bordos vibradores
- ✓ Guardaganados
- ✓ Indicadores de curvas peligrosas

### **DISPOSITIVOS PARA PROTECCIÓN EN OBRAS**

- ✓ Señales preventivas, restrictivas e informativas
- ✓ Canalizadores
- ✓ Señales manuales

### **SEMÁFOROS**

Los semáforos son dispositivos eléctricos que sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en Calles y Carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control.

Los semáforos se usarán para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- A) Interrumpir periódicamente el tránsito en una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- B) Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- C) Controlar la circulación por carriles.
- D) Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.

#### **✓ Clasificación de los Semáforos.**

Con base en el mecanismo de operación de sus controles, se considera la siguiente clasificación:

**a) Semáforos para el control del tránsito de vehículos.**

1. Semáforos no accionados por el tránsito.
2. Semáforos accionados por el tránsito.
  - Totalmente accionados.
  - Parcialmente accionados.

**b) Semáforos para pasos peatonales.**

1. En zonas de alto volumen peatonal.
2. En zonas escolares.

**c) Semáforos especiales.**

1. Semáforos de destello.
2. Semáforos para regular el uso de carriles.
3. Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia.

✓ ***Elementos que Componen un Semáforo.***

El semáforo consta de una serie de elementos físicos como son la cabeza, soportes, cara, lente y visera. Sus definiciones y características se enumeran a continuación.

- *Cabeza.*

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza tiene un número determinado de caras orientadas en diversas direcciones.

- *Soportes.*

Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar a los elementos luminosos del semáforo en la posición donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar las indicaciones.

Algunos elementos del soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales, de las caras de los semáforos.



Por su ubicación en la intersección los soportes pueden estar ubicados a un lado de la vía, y ubicados también dentro o sobre la vía.

- *Cara.*

Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara y porta lámpara) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo, existirán como mínimo dos o usualmente tres o más unidades ópticas, para regular uno o más movimientos de la circulación.

- *Lente.*

Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada.

- *Visera.*

Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos de sol incidan sobre estas y den la impresión de estar iluminadas e impedir que la señal emitida por el semáforo, sea vista desde otros lugares distintos a aquél hacia el que está enfocada.

- *Unidad de Control.*

Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos.

- *Detectores.*

Se definen como los dispositivos capaces de registrar y transmitir los cambios que se producen, o los valores que se alcanzan, en una determinada característica del tránsito.

✓ **Significado de las Indicaciones.**

• **COLOR.**

Las lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, estas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro.

*Aplicación de los colores.*

La interpretación de los colores de los semáforos es como sigue:

**Rojo (fijo)**

- Los conductores de los vehículos se detendrán antes de la raya de parada.
- Los peatones no cruzarán la vía a menos que algún semáforo les dé la indicación de paso.

**Amarillo (fijo)**

- Advierte a los conductores de los vehículos que está a punto de aparecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse.
- Advierte a los peatones que no disponen del tiempo suficiente para cruzar, excepto cuando exista algún semáforo indicándoles que pueden realizar el cruce.
- Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.

**Verde (fijo)**

- Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que alguna señal prohíba dichas vueltas.

- Los peatones que avancen hacia el semáforo podrán cruzar, a menos que algún otro semáforo les indique lo contrario.

Nunca deberán aparecer simultáneamente, combinaciones de colores en los semáforos, excepto cuando haya flechas direccionales con amarillo o con rojo.

*Destello.*

#### **Destello Rojo.**

Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán alto obligatorio y se detendrán antes de la raya de parada. El destello rojo se empleará en el acceso a una vía preferencial.

#### **Destello Amarillo.**

Cuando se ilumine la lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El destello amarillo deberá emplearse en la vía que tenga la preferencia.

#### **Destello Verde.**

Cuando la lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final del tiempo de luz verde.

#### **Flechas Direccionales.**

Las flechas direccionales deberán apuntar al sentido de la circulación permitida. La flecha vertical, apuntando hacia arriba, indica circulación de frente; la horizontal indica vuelta aproximadamente en ángulo recto hacia la izquierda o hacia la derecha; y la flecha oblicua a 45° apuntando hacia arriba, indica vuelta a Calles que forman ángulo distinto al de 90°.

Cuando la cara del semáforo contenga una o varias flechas con luz verde, el hecho de encenderse esta o estas flechas, significa que los vehículos sólo pueden tomar la dirección o direcciones así indicadas.

**a)** Flecha para seguir de frente (exclusivamente). Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente y no darán vuelta a la derecha ni a la izquierda.

1. Los peatones podrán cruzar, a menos que algún semáforo les indique lo contrario.

**b)** Flechas para vuelta a la izquierda o a la derecha.

1. Los conductores de los vehículos darán vuelta a la izquierda o a la derecha, y obedecerán las luces rojas, amarilla y verde flecha de siga de frente, como si cada una de estas indicaciones estuvieran solas.

2. Los peatones obedecerán la indicación de luz roja, amarilla y verde o flecha de siga de frente, como si ésta fuera la única señal, a menos que los semáforos para peatones les den otra indicación.

Cualquier dispositivo para el control del tránsito debe llenar los siguientes requisitos fundamentales:

- Satisfacer una necesidad.
- Llamar la atención.
- Transmitir un mensaje simple y claro.
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras.
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar.

## **2.4.9 INTERSECCIONES**

Se denomina como intersección a un área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta. La intersección varía en complejidad desde un simple cruce, con solo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta una intersección más compleja en la cual se cruzan tres o más caminos dentro de la misma área.

La intersección más común en el que dos carreteras se cruzan tiene cuatro arterias. No se recomienda que una intersección tenga más de cuatro arterias. Las intersecciones son una parte importante de una instalación de la carretera, ya que, en gran medida, la eficiencia, seguridad, rapidez, costo de operación y capacidad de la instalación depende de su diseño.

Cada intersección implica movimientos a través de los cruces de tráfico en una o varias de las carreteras y puede involucrar movimientos de giro entre estas carreteras. Estos movimientos pueden ser facilitados por varios diseños geométricos y control de tráfico, según el tipo de intersección.

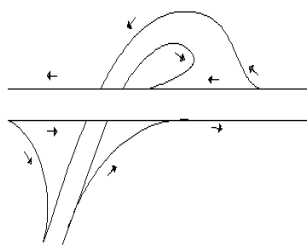
Los tres tipos generales de los cruces de carretera son las intersecciones a nivel, pasos a desnivel o intercambiadores.

Las intersecciones a desnivel constan de estructuras que distribuyen el tránsito para que crucen a niveles diferentes sin interrupción (distancias verticales). El potencial de accidentes en las intersecciones a desnivel se reduce, porque se eliminan muchos conflictos potenciales entre los flujos vehiculares que se cruzan.

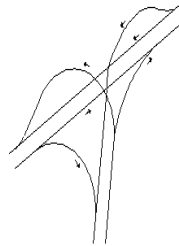
Las intersecciones a nivel no distribuyen al flujo vehicular a diferentes niveles y, por tanto se presentan conflictos entre los flujos vehiculares que se cruzan.

#### **2.4.9.1 TIPOS DE INTERSECCIONES A NIVEL**

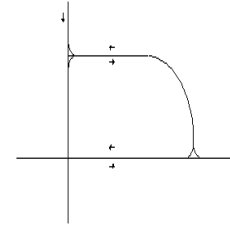
Los tipos básicos de intersecciones a nivel son de Tipo “T” o tres vías, que contemplan tres enfoques; las intersecciones de 4 vías o Tréboles, que tienen cuatro accesos; y las intersecciones de vías múltiples, que tienen 5 o más accesos.



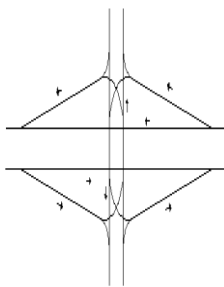
A. Trompeta



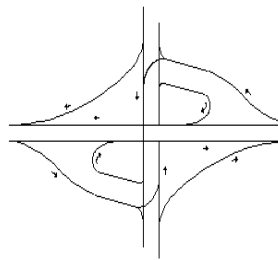
B. Direccionada con tres vias



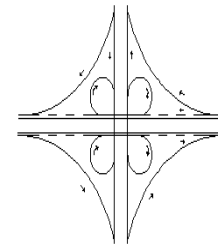
C. Un cuadrante



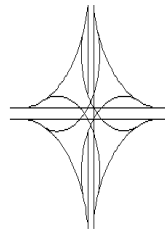
D. Diamante



E. Trébol parcial



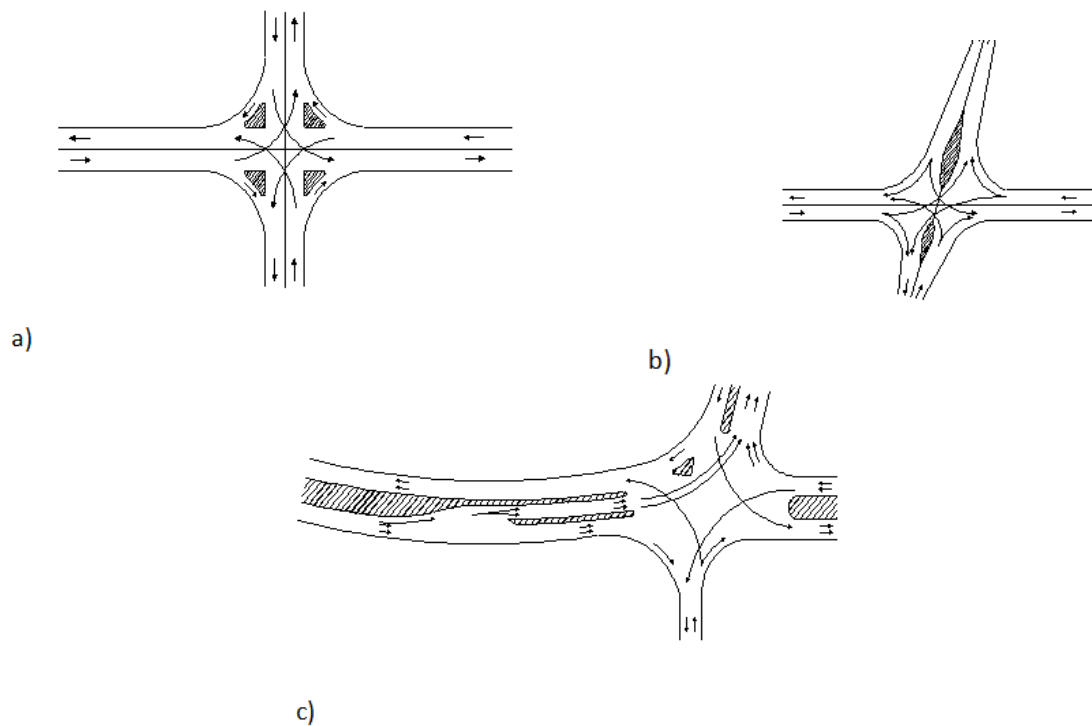
F. Trébol completo



G. Direccional en todo sentidos con cuatro vias

**Figura 2.13** Ejemplos de intersecciones a desnivel.

**FUENTE:** A policy of Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highways Transportation Official, Washington D.C. 2001, Pag. 854 utilizado con autorizacion



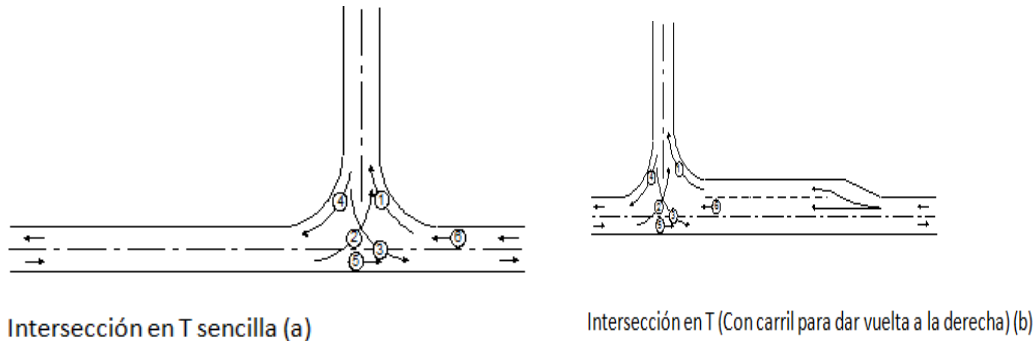
**Figura 2.14** Ejemplos de intersecciones a nivel

*FUENTE: A policy of Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highways Transportation Official, Washington D.C. 2001, Pag. 680 Y 682 utilizado con autorización.*

## INTERSECCIONES TIPO T

Existen diferentes tipos de intersecciones en “T”, que varían de las más simples a aquellas que tienen diferentes carriles con camellones y carriles para dar vuelta. La construcción de varios carriles, contempla el suministro de instalaciones tales como las marcas en el pavimento y los camellones para regular y encauzar los flujos vehiculares que entran en conflicto para que sigan trayectorias específicas de viaje.

Las intersecciones en T con varios carriles, también suministra un carril de reserva para dar vuelta a la izquierda para los vehículos que realizan esta maniobra provenientes del camino directo y que van a caminos secundarios, y un carril para dar vuelta a la derecha en el acceso del poniente.



*Figura 2.15 Ejemplos de intersecciones en T*

*FUENTE: A policy of Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highways Transportation Official, Washington D.C. 2001.*

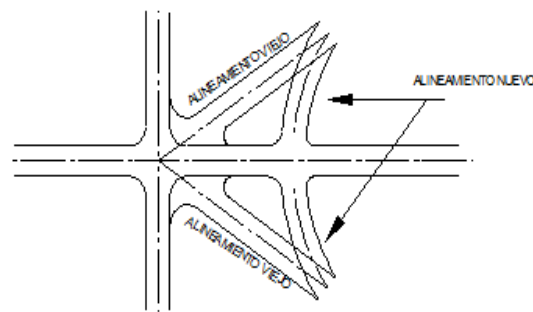
### **INTERSECCIONES DE 4 VIAS O TREBOLES**

Existen diferentes niveles de números de carriles para una intersección de 4 vías. Una intersección de un solo carril se usa principalmente en localidades de cruce con caminos secundarios o locales, también puede usarse para el cruce de un camino secundario con una carretera principal. En estos casos los volúmenes que dan vuelta generalmente son bajos y los caminos se cruzan en un ángulo que no es mayor que 30 grados respecto a la normal.



## INTERSECCIONES DE VÍAS MÚLTIPLES

Las intersecciones de vías múltiples tienen 5 o más accesos. Siempre que sea posible, debe de evitarse este tipo de intersecciones. Con objeto de eliminar a algunos de los movimientos conflictivos en las intersecciones principales y con ello aumentar la seguridad y la operación, se re alinean una o más vías. Existen dos factores importantes que deben de considerarse cuando se re alineen caminos de esta manera: el camino diagonal debe de realinearse con el camino secundario, y las distancias entre las intersecciones debe ser tal que puedan operar en forma independiente.



(b)

*Figura 2.16 Ejemplos de intersecciones de vías múltiples.*

En la figura 2.15 (b) se muestra un realineamiento en una intersección de 6 vías lo que resulta en dos intersecciones de 4 vías. En este caso es necesario que se haga el realineamiento en el camino secundario.

### ✓ **Glorietas**

Una glorieta es una intersección circular que suministra un patrón circular de tránsito, con una reducción apreciable en los puntos de conflicto de cruce. La publicación de la Administración General de Carreteras describe tres tipos de

glorietas: Glorietas de Gran tamaño, glorietas de pequeño tamaño y distribuidores viales circular.

- *Glorietas de gran tamaño*

Son aquellas que tienen diámetro mayores de 300 ft, lo cual permite que haya un flujo de tránsito de velocidades mayores que 30 millas/hora, con una deflexión horizontal mínima de la trayectoria del tránsito continuo.

- *Glorietas de pequeño tamaño*

Son aquellas que permiten solo volúmenes de tránsito de velocidades bajas. Por tanto se usan principalmente en las intersecciones de las calles locales, como un medio para aminorar el tránsito, como un elemento estético, o como ambas cosas. Como regla, están constituidas por marcas en el pavimento y generalmente no incluyen áreas de tipo de camellón.

- ✓ ***Distribuidores viales circulares***

Son aquellos que tienen características específicas que los definen y distinguen de otras intersecciones circulares. Entre ellas tenemos:

- Control para que los vehículos cedan el paso en cada uno de los accesos.
- Separación de movimientos conflictivos de tránsito, mediante marcas en el pavimento o pabellones.
- Características geométricas del camellón circular central, que comúnmente permiten velocidades de viajes menores a 30 millas por hora.
- Generalmente no se permite estacionarse en las vías circundantes de circulación.

Los distribuidores viales circulares pueden clasificarse adicionalmente en seis clases, con base en el tamaño y ambiente en el cual se ubican:

- ✓ Mini distribuidores viales circulares
- ✓ Distribuidores viales circulares urbanos compactos.
- ✓ Distribuidores viales circulares urbanos de un solo carril.
- ✓ Distribuidores viales circulares urbanos de dos carriles.
- ✓ Distribuidores viales circulares rurales de un solo carril.
- ✓ Distribuidores viales circulares rurales de dos carriles.

Las características de cada una de estas clases se muestran en la tabla 2.10

#### **2.4.9.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LAS ENCRUCIJADAS A NIVEL**

El objetivo fundamental del diseño de las intersecciones a nivel es minimizar la gravedad de los conflictos potenciales entre diferentes flujos vehiculares, y entre los peatones y los vehículos que dan vuelta. Al mismo tiempo es necesario asegurar la fluidez del tránsito que pasa por la intersección. Por tanto el diseño debe de incorporar las características operacionales, tanto de los vehículos como de los peatones que utilizan la intersección.

El diseño de una intersección a nivel, incluye el diseño del alineamiento, el diseño de un sistema adecuado de una asignación de carriles para el patrón del tránsito, la determinación de los anchos mínimos requeridos de las vialidades para dar vuelta, cuando se espera que el tránsito de vuelta a velocidades mayores que 15 millas/ hora y la seguridad de que las distancias visuales sean adecuadas para el tipo de control en la intersección.

**Tabla 2.8** Características de las categorías de distribuidores viales circulares

<b>Elemento de diseño</b>	<b>Mini distribuidor vial circular</b>	<b>Urbano compacto</b>	<b>Urbano de un solo carril</b>	<b>Urbano de dos carriles</b>	<b>Rural de un solo carril</b>	<b>Rural de dos carriles</b>
Velocidad de diseño de entrada máxima recomendada	25 km/h (15 mi/h)	25 km/h (15 mi/h)	35 km/h (20 mi/h)	40 km/h (25 mi/h)	40 km/h (25 mi/h)	50 km/h (30 mi/h)
Número máximo de carriles de entrada por acceso	1	1	1	2	1	2
Círculo inscrito típico <sup>1</sup>	13 a 25 m (45 a 80 pies)	25 a 30 m (80 a 100 pies)	30 a 40 m (100 a 130 pies)	45 a 55 m (150 a 180 pies)	35 a 40 m (115 a 130 pies)	55 a 60 m (180 a 200 pies)
Camellón al centro	Elevado si es posible, porte para banquetas si es elevado	Elevado, con corte para banquetas	Elevado, con corte para banquetas	Elevado con corte para banquetas	Elevado y extendido, con corte para banquetas	Elevado y extendido, con corte para banquetas
Volúmenes de servicio diarios típicos en un distribuidor vial circular de cuatro vías (vehículos/vía)	10 000	15 000	20 000	Refiérase a la fuente	20 000	Refiérase a la fuente

FUENTE: *Roundabouts: An Information Guide*. Departamento de Transporte de Estados Unidos, publicación de la Administración Federal de Carreteras Núm. FHWA-RD-00-067, Washington, D.C., 2000.<sup>1</sup> Se suponen entradas a 90 grados y no más de cuatro vías.

## **ALINEAMIENTO DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL**

El mejor alineamiento en una intersección a nivel se tiene cuando los caminos que se cruzan lo hacen en ángulo recto o casi recto. Este alineamiento es superior a los alineamientos en ángulo agudo, porque se requiere un área mucho menor de camino para dar vuelta en la intersección, y porque las limitaciones de visibilidad, especialmente para los camiones, no son tan severas como en el caso de intersecciones en ángulo agudo.

## **PERFIL DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL**

En el diseño del perfil (Alineamiento vertical) en la intersección, debe de suministrarse una combinación de líneas dependiente que facilite el control del vehículo por parte del conductor. Las distancias de paro y de aceleración para los automóviles en pendientes de 3% o menores, no son muy diferentes de aquellas para automóviles en pendiente horizontal; sin embargo, se presentan diferencias significativas para pendientes mayores que el 3%. Cuando sea inevitable usar pendientes del 3% o mayores, los factores de diseño tales como las distancias de paro y las distancias de aceleración, deben de ajustarse de modo que existan condiciones equivalentes a las del terreno horizontal. En cualquier caso no es aconsejable utilizar pendientes mayores que el 6 % en las intersecciones.

## **CURVAS EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL**

El ángulo de giro, la velocidad al dar la vuelta, el vehículo de diseño y el volumen de tránsito, son los principales factores que gobiernan el diseño de las curvas en las intersecciones a nivel. Cuando se supone que las velocidades para dar vuelta en una intersección son de 15 millas por hora o menor los bordes de las orillas del pavimento se diseñan para que concuerden cuando menos con la trayectoria mínima de giro del vehículo de diseño.

### **2.4.9.3 TRAZADO DE CARRILES EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL**

La AASHTO define el trazado de carriles como la separación de los movimientos conflictivos del tránsito, en trayectorias definidas de recorrido mediante camellones o marcas en el pavimento, para facilitar los movimientos seguros y ordenados tanto de vehículos como de peatones. Un camellón, isla de seguridad o refugio es un área definida entre los carriles de tránsito, se usa para regular el movimiento de los vehículos o para servir como para los peatones.

El tránsito vehicular está excluido del área del camellón.

Normalmente se usa el trazo de carriles en una intersección para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- ✓ Dirigir la trayectoria de los vehículos de modo que no se crucen en ningún punto más de dos trayectorias.
- ✓ Controlar el ángulo de incorporación, de salida o de cruce de los vehículos.
- ✓ Disminuir el serpenteo de los vehículos, así como el área de conflicto entre los autos, al reducir la cantidad de área pavimentada.
- ✓ Proporcionar una indicación clara de la trayectoria adecuada para los diferentes movimientos.
- ✓ Dar prioridad a los movimientos predominantes.
- ✓ Proporcionar un refugio para los peatones.
- ✓ Suministrar carriles separados de almacenaje para los vehículos que van a dar vuelta, creando con ello espacio alejado de la trayectoria de los vehículos de paso para que esperen los vehículos que van a dar vuelta.
- ✓ Proporcionar espacios para los dispositivos de control vehicular de modo que puedan ser vistos fácilmente.
- ✓ Controlar las vueltas prohibidas.
- ✓ Separar los diferentes movimientos del tránsito en las encrucijadas con señalización con semáforo de fases múltiples.

- ✓ Restringir la velocidad de los vehículos.

Los factores que influyen en el diseño de una intersección con carriles, son la disponibilidad del derecho de paso, terreno, tipo de vehículo de diseño, volúmenes esperados de vehículos y de peatones, secciones transversales de los caminos que se cruzan, velocidades de aproximación, requerimientos de paradas de autobuses, y la ubicación y tipo del dispositivo del control de tránsito.

El diseño de una intersección con carriles también debe de estar regido por los siguientes principios:

- ✓ No debe obligarse a los conductores a tomar más de una decisión a la vez.
- ✓ Deben de evitarse las curvas inversas o contrarias cerradas y las trayectorias para dar vuelta, mayores de 90 grados.
- ✓ Las áreas de incorporación y de mezcla del tránsito en la intersección, deben de ser tan prolongadas como sea posible, pero las otras áreas de conflicto entre los vehículos, deben de reducirse a un mínimo.
- ✓ Los flujos vehiculares de cruce que no se mezclen con el tránsito en la intersección o que no se incorporen deben cruzar a 90 grados aunque es aceptable un rango de 60 a 120 grados.
- ✓ El ángulo de cruce de los flujos que se incorporan debe de ser de tal modo, que se disponga de una distancia visual adecuada.
- ✓ Las áreas de refugio para los vehículos que dan vuelta, no deben de interferir con el movimiento de los vehículos de paso.
- ✓ Debe bloquearse las vueltas prohibidas siempre que sea posible.
- ✓ Las decisiones sobre la ubicación de los dispositivos esenciales para el control del tránsito, deben de ser un componente del proceso de diseño.

## **TIPOS DE CAMELONES**

Los camellones pueden construirse con el uso de guarniciones levantadas, marcas en el pavimento o con los bordes del pavimento.

### ✓ **Camellones con guarnición**

En general se compone de la construcción de una guarnición de concreto que delimita el área del camellón. Las guarniciones se clasifican como: trepables o de barrera. Las guarniciones trepables se construyen con la cara inclinada en ángulo de 45 grados o menor, de modo que los vehículos puedan treparlas sin dificultad en caso de ser necesario. La cara de una guarnición de barrera comúnmente es vertical.

### ✓ **Camellones formados con marcas en el pavimento**

En general se denomina a este tipo de camellón, como camellón al ras porque esta al ras del pavimento. Se forma con marcas en el pavimento, que delimitan el área del camellón.

### ✓ **Camellones formados por el borde del pavimento**

En general estos camellones no tienen pavimento y se usan principalmente en las intersecciones rurales, donde hay espacio para curvas prolongadas de cruce.

## **FUNCIÓN DE LOS CAMELONES**

Los camellones también pueden clasificarse en tres categorías según su función: Con carriles, divisorios y de abrigo. Los camellones con carriles se usan principalmente para controlar y encauzar el tránsito. Los camellones divisorios se usan para separar los flujos vehiculares que están en sentidos opuestos o que siguen la misma dirección. Los camellones de abrigo se usan para ofrecer abrigo a los peatones. Sin embargo en la mayor parte de los casos



los camellones realizan dos o más de estas funciones en lugar de una sola, aunque cada camellón puede tener una función principal.

#### **2.4.9.4 ANCHOS MÍNIMOS DE PAVIMENTO DE LAS CALZADAS PARA DAR VUELTA EN LAS INTERSECCIONES A NIVEL**

En los casos en los cuales se espera que la velocidad de los vehículos sea mayor que 15 millas/hora, tales como las intersecciones con carriles y cuando las rampas cruzan a los caminos locales, es necesario aumentar el ancho del pavimento de las calzadas para dar vuelta. Se emplean tres clasificaciones de ancho de pavimento:

- Caso I: operación de un carril en un sentido sin tomar en cuenta el rebase de un vehículo averiado.
- Caso II: operación de un carril en un sentido tomando en cuenta el rebase de un vehículo averiado.
- Caso III: operación de dos carriles, ya sea en un sentido o en dos sentidos.

El diseño del ancho del pavimento se basa en tres tipos de condiciones de tránsito, que se listan enseguida, cada una relacionada con una mezcla específica de tipos de vehículos:

- *Condición de tránsito A:* predominan los vehículos de pasajeros, pero esta condición de tránsito también contempla la operación de algún camión grande ocasional.
- *Condición de tránsito B:* la proporción de vehículos SU justifica que este tipo de camiones sea el vehículo de diseño, pero también permite que cerca del 5 al 10 por ciento del tránsito total sea de vehículos de semirremolque.

- *Condición de tránsito C:* la proporción de los vehículos de semirremolque (WB-40 o WB-50) en el flujo vehicular, justifica que uno de estos tipos de vehículos sea el vehículo de diseño.

Cinco elementos básicos deben ser considerados en el diseño de la intersección.

### **1. Factores Humanos.**

- Los hábitos de conducción
- Habilidad de los conductores para tomar decisiones
- Expectativa del conductor
- Decisión y el tiempo de reacción
- Adecuación de caminos naturales del movimiento
- Uso y hábitos de peatones
- Uso y hábitos del tráfico de bicicletas

### **2. Consideraciones de Tráfico.**

- El diseño y las capacidades reales
- Horas de Diseño y movimientos de giro
- Características de funcionamiento y tamaño del vehículo
- La variedad de movimientos (divergentes, la fusión, el tejido, y el cruce)
- Velocidad del vehículo
- Participación del Tránsito
- Experiencia de accidentes
- Movimientos de bicicletas
- Los movimientos de los peatones

### **3. Elementos físicos.**

- Caracteres y el uso de la propiedad colindante
- Alineaciones verticales en la intersección
- La distancia visual
- El ángulo de la intersección
- Zona de conflicto
- Cambio de velocidad en las vías
- Características geométricas de diseño
- Dispositivos de control de tráfico
- Equipamiento de iluminación
- Características de seguridad
- El tráfico de bicicletas
- Los factores ambientales

### **4. Factores económicos.**

- mejoras de los costos
- Los efectos de controlar o limitar los derechos de vía en que linda propiedades residenciales o comerciales donde la canalización de restringir o prohibir los movimientos de vehículos
- El consumo de energía

### **5. Área funcional de la Intersección**

## CAPITULO III

# "Diagnostico y Análisis de la Problemática Actual del Congestionamiento vehicular en la intersección"

### 3.1 INTRODUCCION

Una intersección, desde el punto de vista de las carreteras, es aquella que enlaza dos o más arterias principales o secundarias que convergen entre sí, y actúa como un desviador de tráfico o para seguir la misma ruta, provocando así la poca movilidad de los vehículos. Por lo tanto es necesario plantear una solución (a nivel o a desnivel), dentro de la misma intersección para solucionar dicha problemática e involucrar todos los criterios conocidos aplicables al proyecto de estas obras.

La topografía, el medio ambiente, los usos del suelo, etc., son factores que tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de propuesta de intersección y conjuntamente con los datos del tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras. Seleccionar una opción es un proceso que involucra evaluar varios factores, y los citados anteriormente son solo unos. De ellos es necesario tener información básica, relacionada a la zona de estudio donde se ubicara la vialidad. La propuesta vial de esta tesis se ubica en la intersección de Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar en la ciudad de San Miguel; a continuación se describe de manera general estas características del área de estudio.

## **3.2 UBICACIÓN Y ASPECTOS RELEVANTES DE LA CIUDAD**

### **3.2.1 ÁMBITO TERRITORIAL**

El territorio nacional se divide en tres grandes regiones: Occidental, Central y Oriental, División que se acentúa con el curso final del Rio Lempa que se convierte en una división natural. La región Oriental comprende los departamentos de: Usulután, San Miguel, Morazán y la Unión, con una extensión regional de 7,728,000.00 Km<sup>2</sup>.

El departamento de San Miguel con una extensión de 2,077.10 Km<sup>2</sup> constituye el polo de desarrollo de la región oriental, ya que muchos de los servicios prestados en este son utilizados por los otros tres departamentos.

San Miguel posee las características de ser el centro de atracción de las ciudades ubicadas al oriente de la república de El Salvador, convirtiéndose para esa zona en la segunda ciudad más importante del país



*Figura 3.1 Mapa de San Miguel.*

*FUENTE: Guanaquin, El Salvador.*

### **3.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La ciudad de San Miguel, cabecera departamental y municipal, está situada en la cuenca del Río Grande de San Miguel. La ciudad se ubica al Noreste del volcán Chaparrastique y a 138 km al oriente de la ciudad de San Salvador. Las

poblaciones vecinas a la ciudad son: Chinameca, Moncagua, Quelepa, Chapeltique y Uluazapa.

Limita al Norte con la República de Honduras; al Este con los departamentos de Morazán y La Unión; al Oeste con los departamentos de Cabañas y Usulután; y al Sur con el océano Pacífico. Cubre un área de 2.077,1 km<sup>2</sup> y tiene una población que sobrepasa los 480.000 habitantes.

La ciudad se une por medio de las carreteras Panamericana (CA-01) y del Litoral, con varias poblaciones importantes situadas en la región oriental, paracentral y central del país; y por la carretera Ruta Militar (CA-07) con la ciudad de San Francisco Gotera, poblaciones intermedias y la frontera con la República de Honduras.

La zona a lo largo de la traza está constituida por planicies y faldas de suave declive. La situación actual del área de estudio presenta una topografía que se clasifica como terreno plano a lo largo de la ruta casi en su totalidad (Pendiente Natural < 5%).

### **3.2.3 EL RELIEVE Y LA TOPOGRAFÍA**

La ciudad de San Miguel se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 110 mts., y a 138 kilómetros al oriente de la ciudad de San Salvador y se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°29'00"N (Latitud); 88°11'00"W (Longitud).

El área urbana de la ciudad presenta una orografía bastante irregular, con una pendiente bastante ligera.



### **3.2.4 CLIMA**

San Miguel se caracteriza por contar un clima clasificado como de sabana tropical caliente, propia de las localidades del departamento ubicadas a 110 metros sobre el nivel del mar. Este clima comprende una estación de lluvia y otra de sequía. La temporada calurosa a pesar de la época de lluvia, inicia en noviembre y termina en septiembre, siendo la ciudad más calurosa de Centroamérica no por sus máximas, sino porque en las horas de mayor insolación las temperaturas no bajan de 30 grados a la sombra durante este período. En abril es común que la temperatura alcance los 40°C. Entre los meses de enero a abril se observaron temperaturas diarias constantes de más de 36 grados, durante 14 semanas continuas en el 2010.

## **3.3 PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA CIUDAD**

Transitar por la intersección principal de la ciudad de San Miguel (El Triángulo), sobre todo en horas de mayor demanda vehicular, es enfrentarse a un desorden vial a gran escala; debido a la inadecuada señalización, y al irrespeto de estas ya sean por los peatones o automovilistas lo cual genera el problema vehicular que día a día se observa en la intersección.

El problema persiste debido a que el periodo de vida del sistema de red vial en la intersección en estudio, que opera actualmente ha caducado, y es causado principalmente por el estado deficiente de las superficies de circulación así como también por la invasión de las calles con todo tipo de actividades: peatones, estacionamientos, vehículos a tracción, paradas informales de autobuses y períodos de espera prolongados de los mismos, además nadie respeta las zonas de seguridad para el paso de los peatones en las bocas calles.

En esta intersección se pueden observar diversos problemas, los cuales son originados por diferentes razones, entre ellos se pueden mencionar:

- ✓ El alto crecimiento del comercio, administrado de una forma desordenada.
- ✓ El crecimiento de la ciudad en forma acelerada y desordenada.
- ✓ La incompatibilidad del tránsito pesado regional que hacen uso de la intersección.
- ✓ El alto grado de contaminación visual de la zona, debido a rótulos o propagandas que se encuentran en dicha intersección.
- ✓ El completo congestionamiento de vehículos, tanto livianos como de carga en la intersección.

En todos estos aspectos, los problemas son amplios porque las causas antes expuestas, a su vez constituyen un problema, debido a que se asocian otros males no menos múltiples y complejos como son, la pésima ubicación de los locales de comercio, industria y de vivienda; la evidente falta de servicios y su mantenimiento.

El desarrollo y crecimiento de la ciudad se ha ido dando de una manera desordenada, con una serie de planes de ordenamiento que apenas han saciado la necesidad de ordenamiento requerido. Durante los últimos años en la ciudad de San Miguel se ha incrementado el tránsito vehicular y el comercio informal ha atacado su organismo con serias consecuencias: las calles que conforman el sistema vial, que fueron diseñadas para medios e intensidades de transporte completamente diferentes al actual, etc.

También la falta de un plan regulador completo, con proyecciones futuristas y que tengan a su vez la fuerza necesaria para poder exigir su aplicación ha ocasionado que la problemática se haya agudizado.

La solución del congestionamiento vehicular en la intersección en estudio (El Triángulo) ha sido altamente afectada por su desorden estatal, ya que siempre

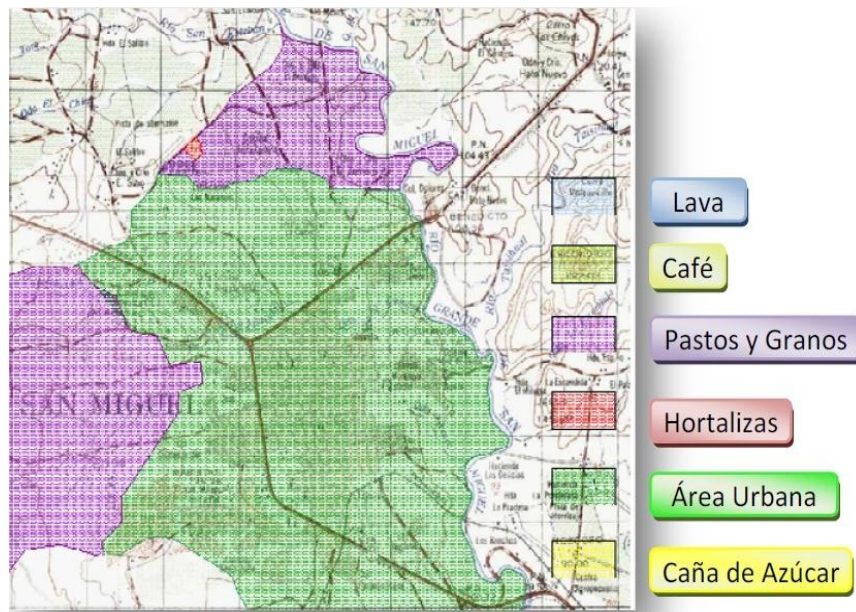
ha tenido prioridad el aspecto político, y la conveniencia, y olvidándose o llevándose de paso al bien común (la población), que es la base para llevar a eficaz término un desarrollo racional de urbanismo.

### 3.4 DIAGNOSTICO DEL ÁREA EN ESTUDIO

#### **Usos del Suelo.**

El uso del suelo se caracteriza por su gran actividad productiva, sobresaliendo entre ellos el cultivo del café al poniente, hortalizas y granos básicos en la parte media; sin embargo también existen remanentes de áreas con pasto, especies arbustivas y matorrales y desde luego parte del área impermeabilizada de la ciudad de San Miguel al oriente.

En la figura 3.2 se muestra los usos de suelo en la ciudad.



**Figura 3.2.** Usos de suelo del área de estudio.

**FUENTE:** Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

## **Suelo Urbano.**

El suelo urbano de la ciudad de San Miguel está constituido por todos los usos del suelo situados dentro de los límites urbanos establecidos para la ciudad; así se tienen las características físicas naturales tales como ríos, el ambiente físico, la flora y fauna, quebradas, así como las actividades comerciales e industriales, espacios de esparcimiento, actividades institucionales y la vivienda; todos estos ubicados dentro del espacio físico que determina el uso del suelo urbano. La intersección entre la Avenida Roosevelt y la Carretera Ruta Militar de dicha ciudad ha adoptado una forma de triángulo, alrededor del cual se encuentra un alto crecimiento urbano el cual está constituido por zonas comerciales y de viviendas. Dentro de todo este núcleo comercial y habitacional, en general se observa una mezcla de uso del suelo.

En muchos casos los usos del suelo se encuentran combinados compartiendo una misma parcela, predominando en su orden una combinación de comercio-vivienda, vivienda-industria, (artesanal).

## **3.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE TRANSITO**

Durante la realización del presente estudio de tráfico se ha realizado un levantamiento de la información actual del tráfico en la zona por medio de aforos vehiculares, a la vez que se ha hecho una recopilación de la información del tráfico histórico disponible en el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

### **3.5.1 DATOS HISTÓRICOS**

Se ha hecho una recopilación de los datos históricos de tráfico, consistentes en el tráfico promedio diario anual (TPDA), y en factores de expansión del tráfico, provenientes de estaciones de conteo permanentes, las cuales son propiedad

del MOP. Estos datos sirvieron de base para futuras proyecciones y análisis de la información de tráfico.

### **3.5.1.1 CONTEOS HISTÓRICOS DE TRÁFICO.**

Se recopilaron datos de TPDA para la red vial del área de influencia directa del proyecto, así como también, de la red perpendicular a la traza del proyecto. Los datos de TPDA histórico que se obtuvieron fueron del período comprendido entre 2002, 2003, 2005 2009, 2010 (Tablas 3.1- Tabla 3.3) para la mayoría de los tramos analizados. A través de estos datos se constató el crecimiento del tráfico normal, que permitieron determinar tasas de crecimiento y posteriormente realizar proyecciones vehiculares del tráfico. En la Tabla 3.4 se presentan los códigos de las vías de las cuales se obtuvo el TPDA histórico.

Historial de los TPDA desde el año 2003 hasta 2011.



		<b>TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)</b>											
<b>DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL</b> <b>TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL</b> <b>AÑO 2002</b>		LIVIANO		PESADO									TOTAL
Código	IBAMQ	PASJ	CARG.	PASAJEROS				CARGA					TPDA
		AUTO	PICK-UP	MICROBUS	AUTOBUS	C2	C3	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	
CA01E	Dv San Jorge - San Miguel	2748	5282	419	1012	1300	151	0	0	0	103	4	11018
	San Miguel - LD La Unión	775	1689	0	335	517	18	0	0	0	43	3	3381
CA07N	San Miguel - LD Morazán	2021	4574	32	841	1229	96	0	0	1	338	16	9148
<b>DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL</b> <b>TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL</b> <b>AÑO 2003</b>		LIVIANO		PESADO									TOTAL
Código	IBAMQ	PASJ	CARG.	PASAJEROS				CARGA					TPDA
		AUTO	PICK-UP	MICROBUS	AUTOBUS	C2	C3	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	

Tabla 3.1 Transito Promedio Diario Anual años 2002, 2003 y 2005 (Continúa)

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP

DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL		LIVIANO				PESADO						TOTAL	
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL		PASJ	CARG.	PASAJEROS		CARGA					TPDA		
AÑO 2005						C2	C3	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	
Código	TRAMO	AUTO	PICK-UP	MICROBUS	AUTOBUS	Camión de 2 ejes	Camión de 3 ejes	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 3 ejes Ratrolaje	Cabozal 3 ejes Ratrolaje	
CA01E	Dv San Jorge - San Miguel	2083	6932	330	2003	3021	427	0	0	0	429	29	15254
	San Miguel - LD La Unión	1262	2210	85	528	619	83	0	0	0	186	17	4990
CA07N	San Miguel - LD Morazán	2359	6372	24	1757	2003	397	0	0	0	367	29	13308

Tabla 3.1 Transito Promedio Diario Anual años 2002, 2003 y 2005 (Continuación)

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP



**TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (AÑO 2009)**



DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL		LIVIANO				P E S A D O S						TOTAL	
LISTADO DE LA RED PAVIMENTADA		PASJ	CARG.	PASAJEROS		C A R G A					TPDA		
AÑO 2009						C2	C3	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S2	T3-S3	
CODIGO	TRAMO	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	Camión de 2 ejes	Camión de 3 ejes	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 2 ejes Ratrolaje	Cabozal 3 ejes Ratrolaje	Cabozal 3 ejes Ratrolaje	
CA01E	Dv San Jorge - San Miguel (El Triángulo)	6881	7059	453	956	1435	90	1	0	0	446	58	17379
	Unión	1863	2530	0	314	667	122	2	21	30	30	15	5594
CA07N	San Miguel (El Triángulo) - LD Morazán												
	Tramo San Miguel (El Triángulo) - Santa Anita	4404	5877	109	670	1006	143	0	0	0	365	43	12617

Tabla 3.2 Transito Promedio Diario Anual año 2009

FUENTE: Unidad de Planificación Vial - MOP

“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”.



**TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (AÑO 2010)**



DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL LISTADO DE LA RED PAVIMENTADA AÑO 2010		L I V I A N O		P E S A D O S									TOTAL
		PASJ	CARG.	PASAJEROS		C A R G A							
CODIGO VIA	TRAMO	AUTO	PICK-UP	M. BUS	BUS	C2 Camión de 2 ejes	C3 Camión de 3 ejes	T2-S1 Cabezal 2 ejes Rutro 1 eje	T2-S2 Cabezal 2 ejes Rutro 2 ejes	T2-S3 Cabezal 2 ejes Rutro 3 ejes	T3-S2 Cabezal 3 ejes Rutro 2 ejes	T3-S3 Cabezal 3 ejes Rutro 3 ejes	TPDA
CA01E	Dv San Jorge - San Miguel (El Triángulo)	7046	7224	462	981	1464	147	8	108	314	314	155	18223
	Unión	2065	2802	0	348	736	137	2	24	33	33	17	6197
CA07N	San Miguel (El Triángulo) - LD Morazán												
	Tramo San Miguel (El Triángulo) - Santa Anita	4585	6112	104	638	1040	107	6	40	344	344	115	13495

Tabla 3.3 Transito Promedio Diario Anual año 2010

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP

“Diagnostico y análisis de la Problemática actual del Congestionamiento Vehicular en la intersección”.

CAPITULO III:



CODIGO MOP	
CA01E = Carretera Panamericana	CA07N = Carretera Ruta Militar

Tabla 3.4 Vías utilizadas para el análisis del TPDA histórico

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP

### ANÁLISIS HISTÓRICO DEL TRÁFICO NORMAL Y SU TENDENCIA

- *Análisis de Tendencia del crecimiento del tráfico normal Carretera Panamericana (CA01E)*

El tráfico histórico del tramo de la Carretera CA01E, presenta una tendencia lineal y una correlación de 0.9307, se utilizan los TPDA desde el año 2002 hasta el año 2010.

- ✓ Carretera Panamericana (CA01E)

AÑO	TPDA (CA01E)
2002	11018
2003	10869
2005	15254
2009	17379
2010	18223

Tabla 3.5 TPDA histórico de la Carretera Panamericana

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP

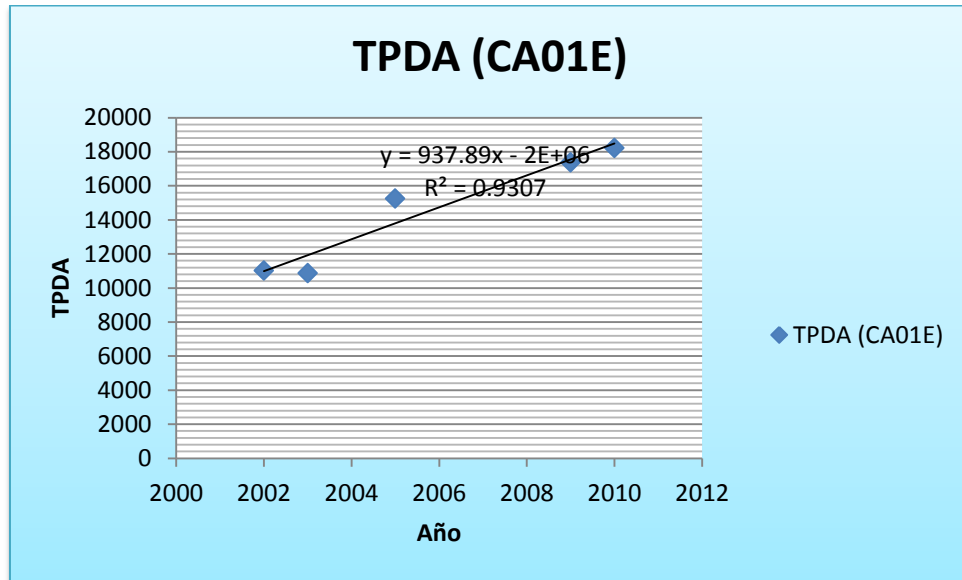


Figura 3.3. Tendencia del crecimiento del tráfico normal de la CA01E

- *Análisis de Tendencia del crecimiento del tráfico normal Carretera Ruta Militar (CA07N)*

El tráfico histórico del tramo de la Carretera CA07N, presenta una tendencia lineal y una correlación de 0.6655

✓ Carretera Ruta Militar (CA07N)

AÑO	TPDA (CA07N)
2002	9148
2003	10590
2005	13308
2009	12617
2010	13495

Tabla 3.6 TPDA histórico de la Carretera Ruta Militar

Fuente: Unidad de Planificación Vial-MOP

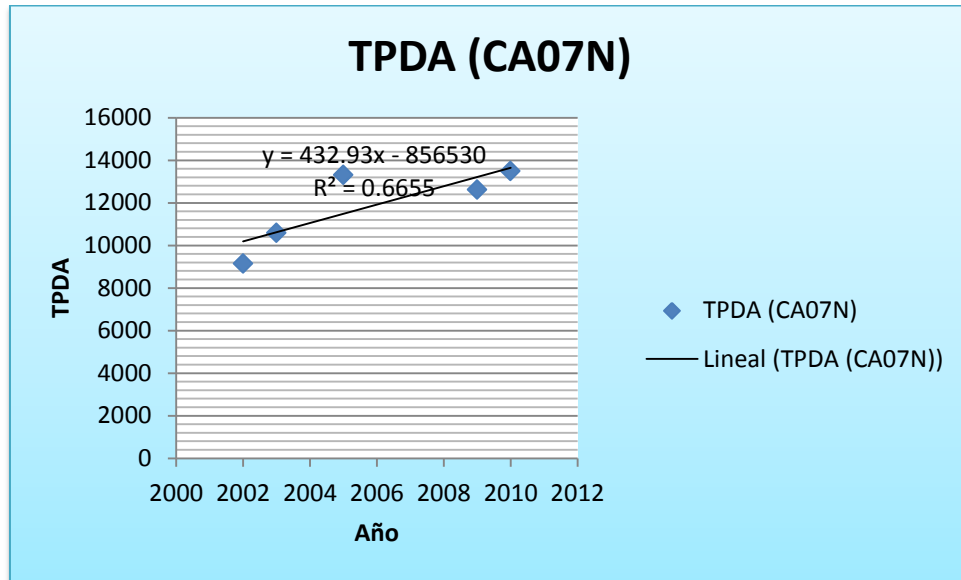


Figura 3.4. Tendencia del crecimiento del tráfico normal de la CA07N

### 3.5.2 FACTORES DE EXPANSIÓN DE TRÁFICO

Para el desarrollo del presente estudio se consideró y evaluó la información histórica más reciente y completa en cuanto a los conteos históricos de tráfico; para ello se utilizaron los factores de expansión diarios y mensuales del año 2010 proporcionado por la unidad de planificación vial del MOP (Ver tabla 3.7)



Unidad de Planificación Vial  
Gerencia de Inventarios Viales  
Depto. de Estudios de Tránsito

FACTORES DE EXPANSION

FACTOR	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
NOCTURNO	1.2339	1.2753	1.2781	1.2631	1.2728	1.2461	1.2778
DIARIO	0.9583	0.9804	0.9869	0.9487	0.8863	0.9796	1.389

FACTOR	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
MENSUAL	0.9643	0.9797	0.9812	0.9868	0.9565	1.021	1.0242	0.9729	1.0856	1.1155	1.028	0.9171

Tabla 3.7 Factores de Expansión

FUENTE: Unidad de Planificación Vial-MOP

### **3.6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE**

Gran parte del trabajo de la ingeniería de tránsito consiste en responder a solicitudes de información (especialmente sobre el control del tránsito), para ello se llevó a cabo un estudio de inventario para conocer las condiciones físicas de la infraestructura que conforman la intersección que se encuentra en estudio.

En el ANEXO 1 se puede observar el estado actual de la intersección el cual contiene las siguientes características:

- 1- Nombre y ancho de cada calle.
- 2- El trazo del alineamiento de cada guarnición:
  - a) En línea recta, o
  - b) Desalineado
    - (1) Posición del desalineamiento (mostrar en el esquema)
    - (2) Ancho del desalineamiento (dimensiones)
  - c) Si las calles no se encuentran en ángulo recto, establézcase el mismo.
- 3- Pendientes
- 4- Restricciones de tránsito (alto, ceda el paso, vuelta prohibida, marcas sobre el pavimento.
- 5- En cada cuadrante

Levante:

- ✓ Radio de curvatura de las esquinas
- ✓ Aceras (ancho de áreas verdes, andadores, etc.)
- ✓ Señales (identificándolas )
- ✓ Las obstrucciones principales a la visión y su altura
- ✓ Otros objetos (postes, arbotantes, hidrantes contra incendio, entradas, árboles mayores de 45 cm de diámetro, etc.)
- ✓ La distancia usual para las medidas es de 20 a 30 m a partir de la intersección
- ✓ Indique el tipo de uso del suelo en cada manzana

Además se llevó a cabo el estudio de estacionamientos para determinar la cantidad de éstos en la intersección y que podrían salir afectados por las alternativas propuestas. En la tabla 3.8 se puede observar el levantamiento de inventario efectuado.

MANZANA	INSTALACION	CAJONES		TOTAL
		PRIVADO	PUBLICO	
1	Tony`s	4		4
1	Restaurante Magaña	2		2
1	Taller de Llantas	3		3
1	Taller de escapes	3		3
1	Parqueo de taxis	4		4
1	Oficina de Tigo	8		8
1	Cervecería Blanky	3		3
1	Renta de autos	2		2
1	Carwash	2		2
2	Farmacia Brasil	4		4
2	La Huella de Oro	4		4
2	Serwin Williams	3		3
2	WesterUnion	3		3
2	Lacoste	3		3
2	China House	10		10
2	Lotes Rene	6		6
2	Jodarría`s	3		3
2	El Zarape	4		4
2	Local en Alquiler	0		0
2	Carwash	0		0
3	Flores de Guatemala	4		4
3	Restaurante	4		4
5	Repuestos IMRA	5		5
6	Ferretería A-Z	8		8
6	Le Cabaret	9		9
6	Perforaciones 2000	4		4
6	Local en Alquiler	5		5
6	Tony`s	5		5

**Tabla 3.8** Inventario de Estacionamientos en la Intersección de la Avenida Roosevelt y Carretera Ruta Militar.

Este inventario es una recopilación de información acerca de la ubicación, capacidad y otras características pertinentes de espacios existentes para estacionarse en y fuera de la vía pública, incluyendo callejones y espacios entre los edificios. Debe identificarse cualquier espacio legal para estacionarse, ya sea público o privado.

Se observa una ligera concentración de parqueos, cabe mencionar que en la visita de campo realizada se observó que el 100% de los cajones son de carácter privado, los cuales de igual manera pertenecen a los negocios que se encuentran en la zona. Por lo tanto literalmente resulta un 0% para lo que son los cajones públicos. El estudio de campo realizado se llevó a cabo en las 6 manzanas que convergen en la intersección.

En El Anexo 3 se muestran las ubicaciones de los estacionamientos.

### **3.7 ANALISIS DE REGISTROS DE ACCIDENTES DE TRANSITO**

Las dos consecuencias principales del problema del tránsito lo constituyen los accidentes y el congestionamiento. De ellos el primero es de orden vital y por eso de gran importancia, ya que significa grandes bajas entre la población por el resultado en muertos y heridos además de la pérdida económica.

Uno de los estudios más importantes de la ingeniería de tránsito es el de accidentes. Las soluciones diversas aplicadas a través del correcto análisis del problema, puede rendir muy valiosos resultados, salvando muchas vidas y evitando un gran número de lesionados, que quizás quedarían lisiados para siempre, así como el ahorro de grandes pérdidas económicas.

En la intersección en análisis al igual que en la mayoría las causas son similares. Pero para solucionar esta problemática es necesario realizar un bosquejo de las causas que de una u otra forma podrían tener incidencia en los

accidentes. Esto permitirá saber si la falla de operación de tránsito dependió de la carretera o calle, del vehículo o del usuario y así fijar las medidas necesarias para contrarrestarlas.

En la ciudad de San Miguel los accidentes de tránsito están a la orden del día, debido a muchos factores y causas. En la tabla 3.9 se muestran las cifras de los accidentes de tránsito ocasionados en la intersección correspondiente al año 2011.

<b>LOCALIZACION</b>	<b>No de Accidentes</b>
Carretera Panamericana CA01E Km 136, el Triangulo	18
Avenida Roosevelt Norte y 14 Calle Poniente	12

*Tabla 3.9 Número de accidentes de tránsito ocurridos en El Triangulo*

*FUENTE: Tránsito Terrestre de la Policía Nacional Civil, Delegación San Miguel*

Cabe mencionar que los datos proporcionados son los que se encuentran registrados en la Policía Nacional Civil de la ciudad de San Miguel, desde enero del año dos mil once hasta el día dieciocho de agosto del año dos mil once.

## **3.8 ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE LAS VÍAS QUE CONVERGEN EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

### **3.8.1 GENERALIDADES**

Para comprender el análisis de capacidad es necesario diferenciar entre “volumen de tránsito” y “razón de flujo”.

Como se mencionó y explicó en el capítulo II, los volúmenes de tránsito no son más que la cantidad de vehículos que transita por un camino en determinado



tiempo. La razón de flujo es el equivalente horario de la cantidad de vehículos que pasan por un camino durante un intervalo de tiempo menor que una hora, generalmente 15 minutos. La capacidad de una vía se define como la máxima intensidad de flujo sostenido (durante un intervalo mínimo de 15 minutos) que tiene la circulación en un punto o segmento uniforme de la carretera bajo las condiciones prevaletientes de operación y del tráfico. La capacidad se define en un único sentido de circulación, y se expresa en vehículos/hora.

### **3.8.2 PERIODIZACIÓN**

El comportamiento del flujo de tráfico varía a la largo del año, tanto por el crecimiento natural del mismo como por la variación de las actividades por aspectos como: estaciones del tiempo, temporalidad de las cosechas, períodos escolares, horarios de trabajo, vacaciones, etc. Es ineficiente el pensar en tratar específicamente cada uno de los períodos individualmente por lo que se recurre a definir períodos típicos específicos, que posteriormente son afectados por factores que simulan las particularidades de patrón de tráfico durante el año. En otras palabras para el análisis de capacidad, se tomarán períodos o intervalos definidos. Dichos períodos serán los más desfavorables y serán las popularmente conocidas como “horas pico”.

A través de la información proporcionada por el Ministerio de Obras Publicas de las estaciones de conteo en las CA01E, CA07N y los datos obtenidos en campo por medio de la realización del Estudio de Tráfico Vehicular (Conteo vehicular, clasificación y estudio de origen y destino) se efectúa la periodización del proyecto de **“Propuesta para la solución del Congestionamiento Vehicular en la Intersección de la Avenida Roosevelt y la Carretera Ruta Militar, San Miguel”**.

### 3.8.3 VOLÚMENES

Los datos obtenidos en este estudio se realizaron utilizando el método manual, realizados como parte del “Estudio de la Propuesta de Solución al Congestionamiento Vehicular en la Intersección de la Avenida Roosevelt y Carretera Ruta Militar, San Miguel”. Estos datos pertenecen a conteos de flujos periódicos realizados en la intersección de la ciudad para los cuales se definieron y codificaron sentidos y giros de los autos en la intersección. Las codificaciones adoptadas se presentan en la tabla 3.10.

Estas mediciones se efectuaron entre los días 13 de Julio al 15 de Julio de 2011 en los periodos previamente definidos, es decir:

Punta de la Tarde (PT): 16:00-19:00

El Vice Ministerio de Transporte (VMT) de la Ciudad de San Miguel proporcionó un aforo vehicular efectuado en la hora Punta de la Mañana (7:00 a.m – 12:00 p.m) realizados del día 16 de agosto del 2004 hasta el 20 de agosto del mismo año, dichos datos se utilizaron haciendo una proyección hasta el año 2011 utilizando las tasas de crecimiento descritas posteriormente.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>ARTERIA</b>
A	Carretera Panamericana (CA01E)
B	Avenida Roosevelt
C	Carretera Ruta Militar (CA07N)
D	Calle Hirleman

*Tabla 3.10 Nomenclatura de las arterias.*

El aforo vehicular se efectuó realizando una clasificación vehicular en periodos de 15 minutos. En las tablas 3.11 – 3.12 se muestran los datos proporcionados por el VMT que son tabulados durante la hora punta de la mañana; en las tablas 3.13 – 3.18 se muestran los datos proporcionados por el VMT durante la hora punta de la mañana y los efectuados manualmente durante la hora punta de la tarde.

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	C-D	A-D	D-B	D-A
7:00 - 7:15	509	192	55	262	310	36	509	262	163	95	92	192	163	310	95	70	70	55	92	36
7:15-7:30	502	128	51	269	263	35	502	269	167	102	80	128	167	263	102	52	52	51	80	35
7:30 -7:45	473	143	57	255	273	32	473	255	145	124	79	143	145	273	124	70	70	57	79	32
7:45 - 8:00	451	118	49	247	284	29	451	247	148	87	68	118	148	284	87	48	48	49	68	29
8:00 - 8:15	429	143	55	201	291	22	429	201	153	96	65	143	153	291	96	60	60	55	65	22
8:15-8:30	415	153	48	272	276	20	415	272	163	84	54	153	163	276	84	48	48	48	54	20
8:30 -8:45	401	160	49	196	269	17	401	196	116	92	51	160	116	269	92	32	32	49	51	17
8:45 - 9:00	419	189	55	225	273	28	419	225	143	102	47	189	143	273	102	41	41	55	47	28
9:00 - 9:15	369	182	36	218	295	29	369	218	124	95	44	182	124	295	95	36	36	36	44	29
9:15-9:30	378	207	31	240	249	23	378	240	140	102	47	207	140	249	102	42	42	31	47	23
9:30 -9:45	383	175	29	233	257	20	383	233	150	87	41	175	150	257	87	32	32	29	41	20
9:45 - 10:00	371	160	35	291	284	16	371	291	201	109	32	160	201	284	109	39	39	35	32	16
10:00 - 10:15	319	175	35	218	305	26	319	218	124	97	35	175	124	305	97	48	48	35	35	26
10:15 -10:30	330	145	36	241	263	15	330	241	140	92	33	145	140	263	92	38	38	36	33	15
10:30 -10:45	327	153	36	266	305	16	327	266	122	84	29	153	122	305	84	33	33	36	29	16
10:45 - 11:00	337	150	42	191	269	15	337	191	116	73	31	150	116	269	73	26	26	42	31	15
11:00 - 11:15	422	145	36	240	255	31	422	240	106	81	71	145	106	255	81	47	47	36	71	31
11:15 -11:30	415	163	38	255	263	28	415	255	109	70	65	163	109	263	70	54	54	38	65	28
11:30 -11:45	397	175	32	240	285	31	397	240	93	92	60	175	93	285	92	61	61	32	60	31
11:45 - 12:00	364	182	35	266	313	29	364	266	102	95	67	182	102	313	95	51	51	35	67	29

Tabla 3.11 Aforo Vehicular proyectado para el día Lunes 11 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.

FUENTE: Vice Ministerio de Transporte de la Ciudad de San Miguel

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	C-D	A-D	D-A	D-B
7:00 - 7:15	404	138	44	231	281	51	404	231	160	89	79	138	160	281	89	68	68	44	51	79
7:15-7:30	403	74	58	253	233	22	403	253	170	71	51	74	170	233	71	51	51	58	22	51
7:30 -7:45	313	89	49	230	243	49	313	230	137	122	67	89	137	243	122	68	68	49	49	67
7:45 - 8:00	384	64	47	240	247	42	384	240	148	87	52	64	148	247	87	47	47	47	42	52
8:00 - 8:15	409	86	47	198	262	31	409	198	160	95	67	86	160	262	95	60	60	47	31	67
8:15-8:30	348	105	42	269	247	26	348	269	160	83	57	105	160	247	83	48	48	42	26	57
8:30 -8:45	457	134	39	193	234	19	457	193	122	86	45	134	122	234	86	32	32	39	19	45
8:45 - 9:00	327	151	45	221	243	19	327	221	154	106	51	151	154	243	106	41	41	45	19	51
9:00 - 9:15	381	115	45	215	266	7	381	215	127	93	57	115	127	266	93	36	36	45	7	57
9:15-9:30	407	153	39	239	218	20	407	239	138	93	29	153	138	218	93	42	42	39	20	29
9:30 -9:45	388	109	48	225	227	23	388	225	153	81	29	109	153	227	81	32	32	48	23	29
9:45 - 10:00	394	105	29	284	255	7	394	284	202	112	31	105	202	255	112	39	39	29	7	31
10:00 - 10:15	324	116	35	215	276	23	324	215	125	95	41	116	125	276	95	48	48	35	23	41
10:15 -10:30	378	83	45	240	233	15	378	240	141	96	31	83	141	233	96	38	38	45	15	31
10:30 -10:45	307	90	36	263	276	16	307	263	141	80	44	90	141	276	80	33	33	36	16	44
10:45 - 11:00	327	87	42	189	233	15	327	189	116	65	26	87	116	233	65	26	26	42	15	26
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15 -11:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30 -11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45 - 12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.12 Aforo Vehicular proyectado para el día Martes 12 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.

FUENTE: Vice Ministerio de Transporte de la Ciudad de San Miguel

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hirleman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	C-D	A-D	D-A	D-B
7:00 - 7:15	380	177	47	320	211	48	380	320	207	89	89	177	207	211	89	47	47	47	48	89
7:15-7:30	401	131	63	233	145	28	401	233	156	90	68	131	156	145	90	58	58	63	28	68
7:30 -7:45	383	132	48	195	143	31	383	195	132	79	70	132	132	143	79	49	49	48	31	70
7:45 - 8:00	431	125	44	240	182	32	431	240	166	86	58	125	166	182	86	63	63	44	32	58
8:00 - 8:15	385	108	35	189	156	38	385	189	153	77	65	108	153	156	77	44	44	35	38	65
8:15-8:30	409	163	42	240	189	28	409	240	148	84	58	163	148	189	84	54	54	42	28	58
8:30 -8:45	452	175	36	236	116	20	452	236	145	124	54	175	145	116	124	55	55	36	20	54
8:45 - 9:00	346	198	42	234	167	29	346	234	143	79	52	198	143	167	79	33	33	42	29	52
9:00 - 9:15	460	103	38	208	156	10	460	208	135	86	38	103	135	156	86	42	42	38	10	38
9:15-9:30	400	129	38	233	148	29	400	233	159	96	52	129	159	148	96	54	54	38	29	52
9:30 -9:45	335	118	48	215	167	25	335	215	116	102	52	118	116	167	102	42	42	48	25	52
9:45 - 10:00	352	96	35	167	124	12	352	167	95	95	36	96	95	124	95	42	42	35	12	36
10:00 - 10:15	369	108	45	233	145	17	369	233	131	86	31	108	131	145	86	36	36	45	17	31
10:15 -10:30	384	83	55	204	143	20	384	204	129	92	29	83	129	143	92	38	38	55	20	29
10:30 -10:45	369	86	33	196	175	23	369	196	116	86	42	86	116	175	86	42	42	33	23	42
10:45 - 11:00	400	90	41	233	153	12	400	233	141	86	36	90	141	153	86	39	39	41	12	36
11:00 - 11:15	340	17	41	240	167	15	340	240	134	68	31	17	134	167	68	42	42	41	15	31
11:15 -11:30	364	93	33	266	153	16	364	266	137	95	51	93	137	153	95	41	41	33	16	51
11:30 -11:45	385	90	39	266	143	33	385	266	131	95	49	90	131	143	95	45	45	39	33	49
11:45 - 12:00	384	102	58	189	121	26	384	189	121	112	51	102	121	121	112	42	42	58	26	51

Tabla 3.13 Aforo Vehicular proyectado para el día Miércoles 13 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.

FUENTE: Vice Ministerio de Transporte de la Ciudad de San Miguel.

*"Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel"*

Aforo Vehicular en El Triangulo.  
 Miércoles, 13 de Julio 2011.

HORA	Carretera Panamericana										Avenida Roosevelt										Carretera Ruta Militar										Calle Hirlleman																																																																									
	A-B		A-C		A-D		B-A		C-A		D-A		A-B		B-A		B-C		C-B		D-B		A-C		B-C		C-A		C-B		C-D		A-D		C-D		D-A		D-B																																																																	
	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O	LP	Y	CA	O																																																
4:00 - 4:15	300	44	18	11	0	84	0	11	5	0	4	10	0	0	153	13	20	0	0	94	8	8	7	0	6	0	1	0	0	300	44	18	11	0	153	13	20	0	0	94	8	8	7	0	6	0	1	0	0	300	44	18	11	0	153	13	20	0	0	94	8	8	7	0	6	0	1	0	0																																			
4:15 - 4:30	182	20	5	4	0	80	3	4	4	0	5	8	0	0	140	13	8	2	0	71	10	9	2	0	2	0	1	0	0	182	20	5	4	0	140	13	8	2	0	71	10	9	2	0	2	0	1	0	0	182	20	5	4	0	140	13	8	2	0	71	10	9	2	0	2	0	1	0	0																																			
4:30 - 4:45	216	15	10	6	0	81	3	5	4	0	7	10	0	0	132	17	4	0	0	94	6	6	4	0	6	0	0	0	0	216	15	10	6	0	132	17	4	0	0	112	3	2	0	0	89	0	3	0	0	38	0	1	0	0	81	3	5	4	0	7	10	0	0	0	94	6	6	4	0	6	0	0	0	0																														
4:45 - 5:00	153	17	7	11	0	61	3	2	10	0	6	9	0	0	160	9	11	0	0	89	7	5	2	0	10	0	1	0	0	153	17	7	11	0	160	9	11	0	0	110	6	6	0	0	78	1	1	0	0	39	0	0	0	0	61	3	2	10	0	110	6	6	0	0	78	1	1	0	0	68	4	1	0	0	6	9	0	0	0	68	4	1	0	0	10	0	1	0	0	39	0	0	0	0	0									
	851	96	40	32	0	306	9	22	23	0	22	37	0	0	585	52	43	2	0	348	31	28	15	0	24	0	3	0	0	851	96	40	32	0	585	52	43	2	0	404	19	19	0	0	301	1	17	1	2	158	0	2	0	0	306	9	22	23	0	404	19	19	0	0	348	31	28	15	0	301	1	17	1	2	189	13	8	0	0	22	37	0	0	0	189	13	8	0	0	24	0	3	0	0	158	0	2	0	0	0				
5:00 - 5:15	242	19	6	3	0	99	2	3	3	0	7	8	0	0	146	8	8	0	0	85	12	11	8	0	3	0	0	0	0	242	19	6	3	0	146	8	8	0	0	114	4	1	0	0	92	0	1	2	0	31	0	0	0	0	99	2	3	3	0	114	4	1	0	0	85	12	11	8	0	3	0	0	0	92	0	1	2	0	56	3	3	0	0	7	8	0	0	0	56	3	3	0	0	3	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0
5:15 - 5:30	194	25	4	3	0	75	4	8	2	0	8	6	0	0	131	13	18	0	0	76	4	5	9	0	8	0	0	0	0	194	25	4	3	0	131	13	18	0	0	111	3	1	0	0	103	2	1	2	0	32	0	1	0	0	75	4	8	2	0	111	3	1	0	0	103	2	1	2	0	58	4	3	0	0	8	6	0	0	0	58	4	3	0	0	8	0	0	0	0	32	0	1	0	0	0									
5:30 - 5:45	206	14	6	5	0	97	1	6	4	0	10	6	0	0	123	16	8	1	0	71	13	5	5	0	4	0	0	0	0	206	14	6	5	0	123	16	8	1	0	118	4	1	0	0	92	1	1	0	0	49	0	1	0	0	97	1	6	4	0	118	4	1	0	0	71	13	5	5	0	4	0	0	0	92	1	1	0	0	74	5	0	0	0	10	6	0	0	0	74	5	0	0	0	4	0	0	0	0	49	0	1	0	0	0
5:45 - 6:00	186	11	4	6	0	53	3	2	5	0	6	6	0	0	107	13	6	1	0	77	7	5	7	0	12	0	0	0	0	186	11	4	6	0	107	13	6	1	0	89	6	2	0	0	54	0	4	0	0	30	0	0	0	0	53	3	2	5	0	89	6	2	0	0	77	7	5	7	0	54	0	4	0	0	57	5	3	0	0	6	6	0	0	0	57	5	3	0	0	12	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0				
	828	69	20	17	0	324	10	19	14	0	31	26	0	0	507	50	40	2	0	309	36	26	29	0	27	0	0	0	0	828	69	20	17	0	507	50	40	2	0	432	17	5	0	0	341	3	7	4	0	142	0	2	0	0	324	10	19	14	0	432	17	5	0	0	309	36	26	29	0	341	3	7	4	0	245	17	9	0	0	31	26	0	0	0	245	17	9	0	0	27	0	0	0	0	142	0	2	0	0	0				
6:00 - 6:15	180	9	12	1	0	69	1	7	2	0	9	6	0	0	154	10	8	0	0	60	5	8	7	0	4	0	0	0	0	180	9	12	1	0	154	10	8	0	0	115	2	4	0	0	60	0	0	1	0	34	0	1	0	0	69	1	7	2	0	115	2	4	0	0	60	5	8	7	0	60	0	0	1	0	45	1	1	0	0	9	6	0	0	0	45	1	1	0	0	4	0	0	0	0	34	0	1	0	0	0				
6:15 - 6:30	157	7	9	3	0	69	2	5	4	0	11	6	1	0	120	10	4	1	0	46	4	5	5	0	7	0	1	0	0	157	7	9	3	0	120	10	4	1	0	87	5	1	1	0	60	0	0	1	0	32	0	2	0	0	69	2	5	4	0	87	5	1	1	0	46	4	5	5	0	60	0	0	1	0	52	3	1	0	0	11	6	1	0	0	52	3	1	0	0	7	0	1	0	0	32	0	2	0	0	0				
6:30 - 6:45	165	7	12	2	0	65	2	5	2	0	10	1	0	0	110	2	5	0	0	52	3	0	1	0	11	1	0	0	0	165	7	12	2	0	110	2	5	0	0	85	2	1	0	0	49	0	1	1	0	30	0	0	0	0	65	2	5	2	0	85	2	1	0	0	52	3	0	1	0	49	0	1	1	0	38	2	0	0	0	10	1	0	0	0	38	2	0	0	0	11	1	0	0	0	30	0	0	0	0	0				
6:45 - 7:00	122	6	3	0	0	43	4	1	0	0	7	0	0	0	97	5	3	0	1	30	3	2	3	0	2	0	0	0	0	122	6	3	0	0	97	5	3	0	1	72	1	1	3	0	62	0	2	0	0	28	0	1	0	0	43	4	1	0	0	72	1	1	3	0	62	0	2	0	0	41	1	0	0	0	7	0	0	0	0	41	1	0	0	0	2	0	0	0	0	28	0	1	0	0	0									
	624	29	36	6	0	246	9	18	8	0	37	13	1	0	481	27	20	1	1	188	15	15	16	0	24	1	1	0	0	624	29	36	6	0	481	27	20	1	1	359	10	7	4	0	231	0	3	3	0	124	0	4	0	0	246	9	18	8	0	359	10	7	4	0	231	0	3	3	0	176	7	2	0	0	37	13	1	0	0	176	7	2	0	0	24	1	1	0	0	124	0	4	0	0	0									

- A = Carretera Panamericana
- B = Avenida Roosevelt
- C = Carretera Ruta Militar
- D = Calle Hirlleman
- LP Y C = Livianos de Pasajeros y Carga
- PP = Pesados de Pasajeros
- CR = Camiones Rígidos
- CA = Camiones Articulados
- O = Otros

Tabla 3.14 Aforo Vehicular manual para el día Miércoles 13 de Julio del 2011 en la hora punta de la tarde.

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	C-D	A-D	D-A	D-B
7:00 - 7:15	461	93	49	262	183	36	461	262	189	74	57	93	189	183	74	48	48	49	36	57
7:15-7:30	314	95	57	247	204	42	314	247	182	81	64	95	182	204	81	64	64	57	42	64
7:30 -7:45	439	177	42	211	189	32	439	211	135	83	63	177	135	189	83	58	58	42	32	63
7:45 - 8:00	468	212	55	233	211	39	468	233	160	112	51	212	160	211	112	49	49	55	39	51
8:00 - 8:15	361	160	47	193	189	32	361	193	159	105	65	160	159	189	105	58	58	47	32	65
8:15-8:30	385	154	42	247	172	23	385	247	153	79	67	154	153	172	79	48	48	42	23	67
8:30 -8:45	401	209	44	215	182	25	401	215	138	77	61	209	138	182	77	49	49	44	25	61
8:45 - 9:00	397	105	49	220	175	22	397	220	147	100	54	105	147	175	100	42	42	49	22	54
9:00 - 9:15	351	148	32	212	183	22	351	212	131	74	36	148	131	183	74	47	47	32	22	36
9:15-9:30	321	102	35	217	189	16	321	217	144	121	25	102	144	189	121	35	35	35	16	25
9:30 -9:45	428	209	48	218	167	16	428	218	141	79	41	209	141	167	79	22	22	48	16	41
9:45 - 10:00	343	109	41	204	182	17	343	204	129	105	36	109	129	182	105	39	39	41	17	36
10:00 - 10:15	383	196	32	211	269	15	383	211	128	89	32	196	128	269	89	52	52	32	15	32
10:15 -10:30	343	157	42	199	288	25	343	199	135	47	48	157	135	288	47	33	33	42	25	48
10:30 -10:45	326	129	52	189	247	22	326	189	135	122	39	129	135	247	122	33	33	52	22	39
10:45 - 11:00	393	67	44	218	215	16	393	218	138	100	28	67	138	215	100	49	49	44	16	28
11:00 - 11:15	351	86	42	211	134	15	351	211	129	87	38	86	129	134	87	44	44	42	15	38
11:15 -11:30	365	93	31	225	106	22	365	225	138	97	51	93	138	106	97	42	42	31	22	51
11:30 -11:45	345	159	49	179	159	26	345	179	141	135	51	159	141	159	135	42	42	49	26	51
11:45 - 12:00	362	67	55	177	128	29	362	177	132	87	45	67	132	128	87	44	44	55	29	45

Tabla 3.15 Aforo Vehicular proyectado para el día Jueves 14 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.

FUENTE: Vice Ministerio de Transporte de la Ciudad de San Miguel.





HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	C-D	A-D	D-A	D-B
7:00 - 7:15	596	106	65	317	199	41	596	317	207	41	73	106	207	199	41	60	60	65	41	73
7:15-7:30	556	102	61	305	220	47	556	305	199	47	79	102	199	220	47	76	76	61	47	79
7:30 -7:45	713	188	67	276	205	36	713	276	160	36	76	188	160	205	36	71	71	67	36	76
7:45 - 8:00	602	223	57	291	227	44	602	291	175	44	67	223	175	227	44	64	64	57	44	67
8:00 - 8:15	684	167	65	255	205	35	684	255	175	35	84	167	175	205	35	68	68	65	35	84
8:15-8:30	582	160	57	298	188	29	582	298	172	29	80	160	172	188	29	58	58	57	29	80
8:30 -8:45	614	221	60	276	198	31	614	276	154	31	81	221	154	198	31	60	60	60	31	81
8:45 - 9:00	509	116	63	284	191	26	509	284	164	26	71	116	164	191	26	52	52	63	26	71
9:00 - 9:15	436	160	45	268	199	26	436	268	145	26	54	160	145	199	26	57	57	45	26	54
9:15-9:30	429	116	39	272	205	22	429	272	160	22	47	116	160	205	22	45	45	39	22	47
9:30 -9:45	595	209	36	284	183	19	595	284	159	19	54	209	159	183	19	32	32	36	19	54
9:45 - 10:00	415	121	42	260	198	25	415	260	145	25	51	121	145	198	25	49	49	42	25	51
10:00 - 10:15	407	211	44	269	285	22	407	269	148	22	55	211	148	285	22	63	63	44	22	55
10:15 -10:30	415	169	47	255	304	31	415	255	153	31	63	169	153	304	31	44	44	47	31	63
10:30 -10:45	445	143	42	244	263	25	445	244	157	25	58	143	157	263	25	44	44	42	25	58
10:45 - 11:00	385	80	39	273	231	20	385	273	160	20	54	80	160	231	20	49	49	39	20	54
11:00 - 11:15	393	116	57	262	150	28	393	262	145	28	54	116	145	150	28	57	57	57	28	54
11:15 -11:30	400	115	54	269	124	33	400	269	157	33	65	115	157	124	33	57	57	54	33	65
11:30 -11:45	385	175	55	247	175	32	385	247	167	32	68	175	167	175	32	55	55	55	32	68
11:45 - 12:00	509	84	45	204	157	33	509	204	153	33	52	84	153	157	33	58	58	45	33	52

Tabla 3.17Aforo Vehicular proyectado para el día Viernes 15 de Julio del 2011 en la hora punta de la mañana.

FUENTE: Vice Ministerio de Transporte de la Ciudad de San Miguel.

“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”

Aforo Vehicular en El Triangulo.

Viernes, 15 de Julio 2011.

HORA	Carretera Panamericana								Avenida Roosevelt								Carretera Ruta Militar								Calle Hirleman																																																																																
	A-B		A-C		A-D		B-A		C-A		D-A		A-B		B-A		B-C		C-B		D-B		A-C		B-C		C-A		C-B		C-D		A-D		C-D		D-A		D-B																																																																		
	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O	LP	YC	PP	CR	CA	O																																																			
4:00-4:15	155	13	13	6	0	93	2	2	5	0	8	7	0	0	0	185	11	15	0	0	70	8	6	8	0	2	0	0	0	0	155	13	13	6	0	185	11	15	0	0	113	3	3	1	0	67	0	2	1	1	34	0	1	0	0	93	2	2	5	0	113	3	3	1	0	70	8	6	8	0	67	0	2	1	1	37	3	1	0	0	8	7	0	0	0	37	3	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	34	0	1	0	0
4:15-4:30	232	13	15	2	0	69	1	4	2	0	9	7	1	0	0	165	14	14	1	0	92	8	7	7	0	6	0	0	0	0	232	13	15	2	0	165	14	14	1	0	97	4	7	0	0	72	1	8	0	0	21	0	2	0	0	69	1	4	2	0	97	4	7	0	0	92	8	7	7	0	72	1	8	0	0	50	3	6	0	0	9	7	1	0	0	50	3	6	0	0	6	0	0	0	0	21	0	2	0	0					
4:30-4:45	201	9	11	1	0	77	1	6	1	0	10	8	1	0	0	141	13	15	1	0	100	13	4	4	0	7	0	2	0	0	201	9	11	1	0	141	13	15	1	0	112	4	5	0	0	89	1	4	0	0	35	0	2	0	0	77	1	6	1	0	112	4	5	0	0	100	13	4	4	0	89	1	4	0	0	51	3	2	0	0	10	8	1	0	0	51	3	2	0	0	7	0	2	0	0	35	0	2	0	0					
4:45-5:00	214	15	20	2	0	80	3	7	1	0	9	6	0	0	0	141	7	12	0	0	84	8	9	2	0	4	0	0	0	0	214	15	20	2	0	141	7	12	0	0	133	5	2	1	0	92	2	0	2	1	44	0	1	0	0	80	3	7	1	0	133	5	2	1	0	84	8	9	2	0	92	2	0	2	1	59	4	2	0	0	9	6	0	0	0	59	4	2	0	0	4	0	0	0	0	44	0	1	0	0					
	802	50	59	11	0	319	7	19	9	0	36	28	2	0	0	632	45	56	2	0	345	37	26	21	0	19	0	2	0	0	802	50	59	11	0	632	45	56	2	0	455	16	17	2	0	320	4	14	3	2	134	0	6	0	0	319	7	19	9	0	455	16	17	2	0	345	37	26	21	0	320	4	14	3	2	197	13	11	0	0	36	28	2	0	0	197	13	11	0	0	19	0	2	0	0	134	0	6	0	0					
5:00-5:15	211	14	10	5	0	76	3	3	4	0	8	5	0	0	0	140	10	11	2	0	74	8	8	3	0	9	0	1	0	0	211	14	10	5	0	140	10	11	2	0	88	2	2	0	0	69	0	4	0	0	40	0	1	0	0	76	3	3	4	0	88	2	2	0	0	74	8	8	3	0	69	0	4	0	0	60	0	0	0	0	8	5	0	0	0	60	0	0	0	0	9	0	1	0	0	40	0	1	0	0					
5:15-5:30	207	12	14	6	0	69	1	6	8	0	5	2	0	0	0	127	11	9	4	0	75	3	13	1	0	5	0	0	0	0	207	12	14	6	0	127	11	9	4	0	104	6	3	0	0	70	0	3	0	0	69	1	6	8	0	104	6	3	0	0	75	3	13	1	0	70	0	3	0	0	80	3	0	0	0	5	2	0	0	0	80	3	0	0	0	5	0	0	0	0	35	0	0	0	0										
5:30-5:45	186	17	15	3	0	91	5	5	3	0	5	3	0	0	0	129	13	10	1	0	53	7	7	4	0	7	0	0	0	0	186	17	15	3	0	129	13	10	1	0	114	4	2	0	0	80	1	0	1	0	65	0	1	0	0	91	5	5	3	0	114	4	2	0	0	53	7	7	4	0	80	1	0	1	0	51	3	1	0	0	5	3	0	0	0	51	3	1	0	0	7	0	0	0	0	65	0	1	0	0					
5:45-6:00	198	6	8	3	0	86	1	8	2	0	11	4	1	0	0	142	11	10	3	0	68	12	5	5	0	6	1	0	0	0	198	6	8	3	0	142	11	10	3	0	112	5	2	0	0	81	0	2	0	0	52	0	0	0	0	86	1	8	2	0	112	5	2	0	0	68	12	5	5	0	81	0	2	0	0	66	5	1	0	0	11	4	1	0	0	66	5	1	0	0	6	1	0	0	0	52	0	0	0	0					
	802	49	47	17	0	322	10	22	17	0	29	14	1	0	0	538	45	40	10	0	270	30	33	13	0	27	1	1	0	0	802	49	47	17	0	538	45	40	10	0	418	17	9	0	0	300	1	9	1	0	192	0	2	0	0	322	10	22	17	0	418	17	9	0	0	270	30	33	13	0	300	1	9	1	0	257	11	2	0	0	29	14	1	0	0	257	11	2	0	0	27	1	1	0	0	192	0	2	0	0					
6:00-6:15	197	12	19	3	0	72	1	9	3	0	12	6	0	0	0	120	10	11	2	0	58	3	7	8	0	5	0	1	0	0	197	12	19	3	0	120	10	11	2	0	100	2	1	0	0	82	0	2	0	0	42	0	0	0	0	72	1	9	3	0	100	2	1	0	0	58	3	7	8	0	82	0	2	0	0	83	1	1	0	0	12	6	0	0	0	83	1	1	0	0	5	0	1	0	0	42	0	0	0	0					
6:15-6:30	190	8	10	7	0	64	2	2	7	0	11	3	0	0	0	143	8	7	0	0	55	4	5	1	0	6	0	0	0	0	190	8	10	7	0	143	8	7	0	0	95	2	0	1	0	74	0	1	1	0	34	0	0	0	0	64	2	2	7	0	95	2	0	1	0	55	4	5	1	0	74	0	1	1	0	54	0	0	0	0	11	3	0	0	0	54	0	0	0	0	6	0	0	0	0	34	0	0	0	0					
6:30-6:45	174	8	6	3	0	55	4	5	4	0	9	2	0	0	0	123	4	3	1	0	73	3	2	1	0	7	0	0	0	0	174	8	6	3	0	123	4	3	1	0	85	0	0	0	0	82	3	0	0	0	32	0	0	0	0	55	4	5	4	0	85	0	0	0	0	73	3	2	1	0	82	3	0	0	0	49	0	1	0	0	9	2	0	0	0	49	0	1	0	0	7	0	0	0	0	32	0	0	0	0					
6:45-7:00	134	3	8	2	0	60	1	4	4	0	13	0	0	0	0	96	5	11	0	0	56	5	3	8	0	5	0	0	0	0	134	3	8	2	0	96	5	11	0	0	68	4	1	0	0	60	0	0	0	0	16	0	0	0	0	60	1	4	4	0	68	4	1	0	0	56	5	3	8	0	60	0	0	0	0	27	1	0	0	0	13	0	0	0	0	27	1	0	0	0	5	0	0	0	0	16	0	0	0	0					
	695	31	43	15	0	251	8	20	18	0	45	11	1	0	0	482	27	32	3	0	242	15	17	18	0	23	0	1	0	0	695	31	43	15	0	482	27	32	3	0	348	8	2	1	0	298	3	3	1	0	124	0	0	0	0	251	8	20	18	0	348	8	2	1	0	242	15	17	18	0	298	3	3	1	0	213	2	2	0	0	45	11	1	0	0	213	2	2	0	0	23	0	1	0	0	124	0	0	0	0					

A = Carretera Panamericana LP y C Livianos de Pasajeros y Carga  
 B = Avenida Roosevelt PP = Pesados de Pasajeros  
 C = Carretera Ruta Militar CR = Camiones Rígidos  
 D = Calle Hirleman CA = Camiones Articulados

Tabla 3.18 Aforo Vehicular manual para el día Viernes 15 de Julio del 2011 en la hora punta de la tarde.

### **3.8.3.1 FACTOR DE VEHICULO EQUIVALENTE**

Posteriormente, con el fin de obtener una equivalencia vehicular, se aplicaron los factores que se muestran en la Tabla 3.19, para tener un vehículo equivalente.

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Factor de Equivalencia</b>
<b>Vehículos Livianos</b>	1.0
<b>Buses</b>	1.5
<b>Camiones Rígidos y Camiones Articulados</b>	2.0

*Tabla 3.19 Factor de Equivalencia según Tipo de Vehículo para Vehículo Equivalente.*

*FUENTE: Anexo 4.1 Roundabouts, An Informational Guide.*

Estos factores se aplicaran a los conteos vehiculares efectuados en campo. En las tabla 3.20, 3.21 y 3.22 se muestran las equivalencias vehiculares.

Además en el Anexo 4 se muestran los flujos vehiculares durante la hora punta, para el año 2011.

HORA	Carretera Panamericana					Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hirleman				
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	A-D	C-D	D-A	D-B
<b>4:00 - 4:15</b>	424	116	19	213	136	8	424	213	109	85	39	116	109	136	85	43	19	43	8	39
<b>4:15 - 4:30</b>	230	101	17	180	108	4	230	180	111	77	44	101	111	108	77	53	17	53	4	44
<b>4:30 - 4:45</b>	271	104	22	166	123	6	271	166	121	95	40	104	121	123	95	53	22	53	6	40
<b>4:45 - 5:00</b>	215	90	20	196	114	12	215	196	131	82	39	90	131	114	82	76	20	76	12	39
<b>5:00 - 5:15</b>	289	114	19	174	141	3	289	174	122	98	31	114	122	141	98	67	19	67	3	31
<b>5:15 - 5:30</b>	246	101	17	187	110	8	246	187	118	112	34	101	118	110	112	70	17	70	8	34
<b>5:30 - 5:45</b>	249	119	19	165	111	4	249	165	126	96	51	119	126	111	96	82	19	82	4	51
<b>5:45 - 6:00</b>	223	72	15	141	112	12	223	141	102	62	30	72	102	112	62	71	15	71	12	30
<b>6:00 - 6:15</b>	220	89	18	185	98	4	220	185	126	62	36	89	126	98	62	49	18	49	4	36
<b>6:15 - 6:30</b>	192	90	22	145	18	9	192	145	99	62	36	90	99	18	62	59	22	59	9	36
<b>6:30 - 6:45</b>	204	82	12	123	10	13	204	123	90	53	30	82	90	10	53	41	12	41	13	30
<b>6:45 - 7:00</b>	137	51	7	111	12	2	137	111	82	66	30	51	82	12	66	43	7	43	2	30

*Tabla 3.20 Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares para el día miércoles 13 de julio del 2011.*

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	A-D	C-D	D-A	D-B
<b>4:00 - 4:15</b>	278	115	38	176	114	3	278	176	57	102	22	115	57	114	102	30	38	30	3	22
<b>4:15 - 4:30</b>	271	111	45	177	127	8	271	177	64	90	23	111	64	127	90	40	45	40	8	23
<b>4:30 - 4:45</b>	274	123	42	189	109	9	274	189	74	100	28	123	74	109	100	35	42	35	9	28
<b>4:45 - 5:00</b>	213	117	47	188	101	2	213	188	81	74	18	117	81	101	74	26	47	26	2	18
<b>5:00 - 5:15</b>	280	101	49	161	111	5	280	161	65	92	20	101	65	111	92	39	49	39	5	20
<b>5:15 - 5:30</b>	261	109	42	173	92	8	261	173	73	96	23	109	73	92	96	33	42	33	8	23
<b>5:30 - 5:45</b>	239	116	70	185	113	7	239	185	85	106	16	116	85	113	106	31	70	31	7	16
<b>5:45 - 6:00</b>	266	108	70	197	95	3	266	197	77	110	16	108	77	95	110	44	70	44	3	16
<b>6:00 - 6:15</b>	228	105	60	183	130	7	228	183	76	90	17	105	76	130	90	24	60	24	7	17
<b>6:15 - 6:30</b>	243	96	58	161	19	12	243	161	62	105	15	96	62	19	105	33	58	33	12	15
<b>6:30 - 6:45</b>	212	96	42	150	16	4	212	150	56	89	7	96	56	16	89	25	42	25	4	7
<b>6:45 - 7:00</b>	189	72	41	126	6	11	189	126	72	61	6	72	72	6	61	30	41	30	11	6

*Tabla 3.21 Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares para el día jueves 14 de julio del 2011.*

HORA	Carretera Panamericana						Avenida Roosevelt					Carretera Ruta Militar					Calle Hilerman			
	A-B	A-C	A-D	B-A	C-A	D-A	A-B	B-A	B-C	C-B	D-B	A-C	B-C	C-A	C-B	C-D	A-D	C-D	D-A	D-B
<b>4:00 - 4:15</b>	213	110	19	232	110	2	213	232	126	73	36	110	126	110	73	44	19	44	2	36
<b>4:15 - 4:30</b>	286	83	22	216	132	6	286	216	117	90	25	83	117	132	90	67	22	67	6	25
<b>4:30 - 4:45</b>	239	93	24	193	136	11	239	193	128	99	39	93	128	136	99	60	24	60	11	39
<b>4:45 - 5:00</b>	281	101	18	176	118	4	281	176	147	99	46	101	147	118	99	69	18	69	4	46
<b>5:00 - 5:15</b>	262	95	16	181	108	11	262	181	95	77	42	95	95	108	77	60	16	60	11	42
<b>5:15 - 5:30</b>	265	99	8	170	108	5	265	170	119	76	35	99	119	108	76	85	8	85	5	35
<b>5:30 - 5:45</b>	248	115	10	171	86	7	248	171	124	84	67	115	124	86	84	58	10	58	7	67
<b>5:45 - 6:00</b>	229	108	19	185	106	8	229	185	124	85	52	108	124	106	85	76	19	76	8	52
<b>6:00 - 6:15</b>	259	98	21	161	93	7	259	161	105	86	42	98	105	93	86	87	21	87	7	42
<b>6:15 - 6:30</b>	236	85	16	169	19	6	236	169	100	78	34	85	100	19	78	54	16	54	6	34
<b>6:30 - 6:45</b>	204	79	12	137	11	7	204	137	85	87	32	79	85	11	87	51	12	51	7	32
<b>6:45 - 7:00</b>	159	78	15	126	22	5	159	126	76	60	16	78	76	22	60	29	15	29	5	16

Tabla 3.22Aforo vehicular aplicando las equivalencias vehiculares para el día viernes 15 de julio del 2011.

### **3.8.3.2 TRANSITO DIARIO (TD)**

Para encontrar el Tránsito Diario (TD), se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. De la tabla 3.11 se suman los volúmenes de tránsito para cada movimiento de la carretera Panamericana (B-A: De la Avenida Roosevelt – Carretera Panamericana); (C-A: De Ruta Militar – Carretera Panamericana); (D-A: De Calle Hirleman – Carretera Panamericana).

▪ **A – B**

$$A - B = 509 + 502 + 473 + 451 + 429 + 415 + 401 + 419 + 369 + 378 + 383 + 371 + 319 + 330 + 327 + 337 + 422 + 415 + 397 + 364$$

$$A - B = 8011 \text{ Veh.}$$

▪ **A – C**

$$A - C = 192 + 128 + 143 + 118 + 143 + 153 + 160 + 189 + 182 + 207 + 175 + 160 + 175 + 145 + 153 + 150 + 145 + 163 + 175 + 182$$

$$A - C = 3235 \text{ Veh.}$$

▪ **A – D**

$$A - D = 55 + 51 + 57 + 49 + 55 + 48 + 49 + 55 + 36 + 31 + 29 + 35 + 35 + 36 + 36 + 42 + 36 + 38 + 32 + 35$$

$$A - D = 842 \text{ Veh.}$$

▪ **B – A**

$$B - A = 262 + 269 + 255 + 247 + 202 + 272 + 196 + 225 + 218 + 240 + 233 + 291 + 218 + 241 + 266 + 191 + 240 + 255 + 240 + 266$$

$$B - A = 4826 \text{ Veh.}$$

▪ **C – A**

$$C - A = 310 + 263 + 273 + 284 + 291 + 276 + 269 + 273 + 295 + 249 + 257 + 284 + 305 + 263 + 305 + 269 + 255 + 263 + 285 + 313$$

$$C - A = 5584 \text{ Veh.}$$

▪ **D–A**

$$D - A = 36 + 35 + 32 + 29 + 22 + 20 + 17 + 28 + 29 + 23 + 20 + 16 + 26 + 15 + 16 + 15 + 31 + 28 + 31 + 29$$

$$D - A = 497 \text{ Veh.}$$

2. Se encuentra el volumen total sumando los 6 movimientos.

$$V_{\text{volumen Total A}} = (A-B) + (A-C) + (A-D) + (B-A) + (C-A) + (D-A)$$

$$V_{\text{volumen Total A}} = 8011 + 3235 + 842 + 4826 + 5584 + 497$$

$$V_{\text{volumen Total A}} = 22996 \text{ Veh.}$$

3. Una vez que se tiene el volumen total se procede a utilizar los factores de expansión diarios debido a que los datos son de las horas comprendidas de 7:00 a.m – 12:00 p.m.; dicho factor servirá para proyectarlos para 12 horas. (Ver la tabla 3.7)

$$V_{\text{volumen Total A}} = 22996 \text{ Veh.}$$

$$F_{\text{factor de Expansión diario (Lunes)}} = 0.9583$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 12 horas}} = (V_{\text{volumen Total A}}) / (F_{\text{factor de Expansión diario (Lunes)}})$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 12 horas}} = (22996 \text{ veh}) / (0.9583)$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 12 horas}} = 23997 \text{ veh.}$$

NOTA: El factor de expansión es utilizado como división porque el valor es menor que 1



4. Una vez que se tiene el volumen proyectado a las 12 horas se procede a utilizar los factores de expansión nocturnos para convertir los datos y proyectarlos a 24 horas. (Ver la tabla 3.7)

$$V_{\text{volumen Proyectado 12 horas}} = 23997 \text{ veh.}$$

$$F_{\text{factor de Expansión nocturno (Lunes)}} = 1.2339$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 24 horas}} = V_{\text{volumen Proyectado 12 horas}} * F_{\text{factor de Expansión nocturno (Lunes)}}$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 24 horas}} = (23997 \text{ veh}) * (1.2339)$$

$$V_{\text{volumen Proyectado 24 horas}} = 29610 \text{ Veh.}$$

NOTA: El factor de expansión es utilizado como multiplicación porque el valor es mayor que 1.

Para el día martes se efectúa el mismo procedimiento; pero para los días miércoles, jueves y viernes el proceso es similar a excepción de que los datos que se suman son de las tablas: (3.13 y 3.20 para el día Miércoles; 3.15 y 3.21 para el día Jueves; 3.17 y 3.22 para el día viernes)

En la tabla 3.23 se tabulan los datos del Tránsito Diario para los días Lunes, Martes, Miércoles, Jueves y Viernes.

<b>Día</b>	<b>TD(CA01E)</b>	<b>TD (Av. Roosevelt)</b>	<b>TD (CA07N)</b>	<b>TD (Calle Hirleman)</b>
<b>Lunes</b>	29610	23832	18451	4323
<b>Martes</b>	21344	18502	13258	3306
<b>Miércoles</b>	34231	32999	20898	6100
<b>Jueves</b>	36878	32875	22339	6006
<b>Viernes</b>	45473	40812	24878	7936

*Tabla 3.23 Datos de tránsito diario para las arterias en estudio.*

### 3.8.3.3 TRANSITO PROMEDIO SEMANAL/MENSUAL

Para encontrar el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. De la tabla 3.23 y considerando los datos de la Av. Roosevelt se encuentra el TPDS sumando los volúmenes de Lunes a Viernes y dividiendo el resultado entre el número de días en los que se llevó a cabo el estudio.

$$TPDS = \frac{TD}{N^{\circ} \text{ de días}}$$

$$TPDS = (23832+18502+32999+32875+40812)/5$$

$$TPDS = 29804 \text{ Veh/día}$$

Para las otras arterias que convergen con la Av. Roosevelt se procede a realizar el mismo procedimiento. En la tabla 3.24 se tabulan los datos del Tránsito Promedio Diario Semanal para las cuatro arterias estudiadas.

Arteria	TPDS
Av. Roosevelt	29804
Carretera Panamericana	33507
Carretera Ruta Militar (CA07N)	19965
Calle Principal de Col. Hirleman	5534

Tabla 3.24 Datos del Tránsito Promedio Diario Semanal

En lo que respecta al Tránsito Promedio Diario Mensual como se obtuvieron datos del tránsito promedio diario semanal se considera que éste será constante durante todas las semanas.

### **3.8.3.4 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL**

Para encontrar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el proceso ha consistido en lo siguiente:

1. De la tabla 3.24 y considerando los datos de la Carretera Ruta Militar se proyecta el Tránsito Promedio Diario Semanal a Tránsito Promedio Diario Anual multiplicando éste valor por el factor de expansión correspondiente al mes del estudio; en este caso se considera el Factor de expansión del mes de Julio ya que el aforo vehicular se efectuó en ese mes.

$$F_{\text{factor de Expansión (Julio)}} = 1.0242$$

$$TPDS_{CA07N} = 19965$$

$$TPDA_{CA07N} = TPDS * F_{\text{factor de Expansión (Julio)}}$$

$$TPDA_{CA07N} = 19965 * 1.0242$$

$$TPDA_{CA07N} = 20448 \text{veh/día}$$

Entre los resultados que se obtuvieron del conteo y clasificación del tráfico, están la composición vehicular y los volúmenes de máxima demanda horaria.

Para las otras arterias se procede a realizar el mismo procedimiento. En la tabla 3.25 se tabulan los datos del Tránsito Promedio Diario Anual para las cuatro arterias estudiadas.

Arteria	TPDA
Av. Roosevelt	30525
Carretera Panamericana	34318
Carretera Ruta Militar (CA07N)	20448
Calle Principal de Col. Hirleman	5668

Tabla 3.25 Datos de Tránsito Promedio Diario Anual

En el anexo 4 se hace una comparación del TPDA de cada arteria del año base y el TPDA de cada arteria del año horizonte.

### 3.8.3.5 FACTOR DE HORA PICO

Las intensidades de tráfico o de circulación punta se relacionan con los volúmenes horarios por medio del *factor de hora punta*, definido como la relación entre el volumen total horario y la intensidad de circulación máxima producida en un período de 15-min dentro de la hora.

Según el HCM (Highway Capacity Manual) para carreteras urbanas el factor de hora pico es de 0.90 así que se utilizara este dato como FHP.

## 3.9 DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL

El diagnóstico de la red vial de la Ciudad de San Miguel, refleja que no ha tenido progreso significativo acerca de las condiciones físicas de las principales calles de la ciudad, específicamente en la intersección de la Av. Roosevelt y Carretera Ruta Militar; en lo que se refiere a anchos de rodaje, tipos de pavimento y condiciones de servicio de la faja de rodamiento así también la apertura de nuevas vías.

La señalización vial es deficiente y a penas se alcanza para demarcar los altos en esta intersección quedando mucho que hacer en este importante sector del mejoramiento vial, el cual depende del Vice - ministerio de Transporte.

### **3.9.1 ANÁLISIS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL**

La señalización de la vía pública es indispensable en todo proyecto; las señales verticales horizontales son el mensaje que las autoridades hacen llegar a los usuarios, para facilitar su uso con el menor riesgo, la mayor comodidad y eficiencia. Parte del buen funcionamiento del sistema vial, obedece a la adecuada orientación que tengan los conductores y peatones a través de la señalización.

#### **3.9.1.1 SEÑALES VIALES VERTICALES O AÉREAS**

En cuanto a la señalización vertical, la problemática consiste en la insuficiencia de ésta, la utilización de señales de tránsito no reglamentarias y la inadecuada localización de algunas. La totalidad de la señalización vertical debe ser revisada y corregida con el fin de adaptarla a la reglamentación de la circulación y del estacionamiento que será adoptada, así como corregir las deficiencias existentes aplicando las normas prescritas por la "Ley del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial". Por la falta de una adecuada señalización vial, ocurren accidentes de tránsito que ponen en grave riesgo y peligro al peatón y conductor que a diario circulan por dichas vías. La ciudad presenta un gran déficit en cuanto a señalización se refiere, ya que algunas de las calles y avenidas no cuenta con el nombre que las identifique y carecen de señales que indiquen el ALTO, sentido de circulación, No Estacionarse, Paradas de Buses, Zona Escolar, etc. Otro problema es que las pocas señales informativas, de prevención y reglamentación no son observadas por los conductores, debido a

la contaminación visual con la colocación de rótulos comerciales que distraen la atención del conductor. Estos rótulos son colocados en lugares donde el conductor no puede visualizar la señal ya que estos los cubren por completo.

### **3.10 ANÁLISIS DE LOS CONGESTIONAMIENTOS**

En esta sección se analiza el congestionamiento que se produce en la intersección de la Av. Roosevelt y carretera Ruta Militar de la ciudad de San Miguel; el cual contribuye al desorden vial existente. Es obvio mencionar que esta zona es un punto de mayor circulación vehicular en la que los desperfectos en los semáforos y las irregularidades provocadas por el irrespeto a las medidas de tránsito por algunos conductores y el abuso de los motoristas de autobuses al realizar paradas en lugares no establecidos generan el incremento del caos; sumado a esto las maniobras de otros vehículos, cruce de peatones, etc. provocan embotellamientos en esta arteria principal de la ciudad.

El conflicto se agudiza principalmente porque las condiciones físicas de la intersección no dan abasto al volumen de vehículos que circulan diariamente por esta vía, principalmente por el flujo que entra de la carretera Panamericana (CA-01) a la intersección el cual genera largas colas y provoca un serio caos vehicular, el cual es inducido principalmente por la estrechez del puente El Triángulo.

### **3.11 DIAGNOSTICO DEL TRANSPORTE**

#### **3.11.1 ANÁLISIS DEL TRANSPORTE COLECTIVO**

La ciudad de San Miguel cuenta con dos tipos de transporte colectivo: urbano e interurbano.

El estudio es utilizado para determinar donde ocurren las demoras y las velocidades bajas; para indicar las causas de los retardos, tales como, estacionamientos y mala programación de los semáforos, determinar la necesidad de un carril exclusivo para las unidades de transporte público, etc. En las tablas 3.26 y 3.27, se muestran las rutas que hacen uso de las arterias que convergen con la intersección.

**Tabla 3.26** Datos de Rutas de Transporte Urbano en la Ciudad de San Miguel.

DATOS DE RUTAS DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL				
RUTA	RECORRIDO ACTUAL ORIGEN-DESTINO	UNIDADES ACTIVAS	FRECUENCIA DE OPERACION	TIEMPO DE RECORRIDO
90	MONCAGUA-CENTRO-PEDRERITO	27	6 MIN	60 MIN
90-A	HDA. OBRAJUELO-CENTRO-PEDRERITO	2	30 MIN	50 MIN
90-B	COL. CIUDAD PACIFICA- CENTRO-PAPALON	30	3 MIN	60 MIN
90-F y A	CHAPARRASTIQUE- CENTRO-UNIVERSIDAD	33	4 MIN	60 MIN
90- D	CTON. LAS PLACITAS-CENTRO Y VICEVERSA	5	15 MIN	60 MIN
90-G	QUELEPA- CENTRO- COL. SANTA EMILIA	4	15 MIN	50 MIN
2 MB	BELEN – CENTRO- COL. CHAPARRASTIQUE	50	2 MIN	40 MIN
11 MB	COL. PALO BLANCO- CENTRO-CHAPARRASTIQUE	29	3 MIN	55 MIN
13 MB	JARDINES DE LA CEIBA-CENTRO-COL. AURORA	21	3 MIN	55 MIN

FUENTE: <http://biblio2.ugb.edu.sv/bvirtual/8833/capitulo2.pdf>, pág. 108.

**Tabla 3.27 Datos de Rutas de Transporte Interurbano en la Ciudad de San Miguel.**

<b>DATOS DE RUTAS DE TRANSPORTE INTERURBANO EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL</b>		
<i>RUTA</i>	<i>DENOMINACION</i>	<i>UNIDADES</i>
AB 090G0SM	QUELEPA-CENTRO-COL. BELEN- STA. EMILIA Y VICEVERSA	4
AB316A0SM	SAN GERARDO-CIUDAD BARRIOS-CHAPELTIQUE-SAN MIGUEL Y VICEVERSA	3
AB316B0SM	SAN ANTONIO DEL MOSCO- CIUDAD BARRIOS- SAN MIGUEL Y VICEVERSA	2
AB316C0SM	CTON. SAN ANTONIO- SAN LUIS DE LA REINA – CIUDAD BARRIOS-SAN MIGUEL Y VICEVERSA	1
AB316D0SM	CTON. SAN PEDRO- CHAPELTIQUE- SAN MIGUEL Y VICEVERSA	5
AB316X0SM	CIUDAD BARRIOS –CHAPELTIQUE-SAN MIGUEL Y VICEVERSA	8
AB317X0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-CIUDAD BARRIOS-CAROLINA Y VICEVERSA	7
AB318A0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-SESORI-SAN LUIS DE LA REINA Y VICEVERSA	2
AB318B0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-SESORI-SAN GERARDO Y VICEVERSA	1
AB318C0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-SESORI-SAN LUIS DE LA REINA-CIUDAD BARRIOS Y VICEVERSA	1
AB318X0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-POTOSI-SESORI Y VICEVERSA	6
AB319A0SM	EL TRANSITO-SAN FAFAEL ORIENTE-SAN JORGE-PLACITAS-CENTRO Y VICEVERSA	1
AB319X0SM	SAN RAFAEL ORIENTE-SAN JORGE-PLACITAS-SAN MIGUEL Y VICEVERSA	3
AB326A0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTIQUE-PAPALONES Y VICEVERSA	2
AB388X0SM	EL PLATANAR-MONCAGUA-SAN MIGUEL Y VICEVERSA	3
MB016X0SM	SAN MIGUEL-NUEVA GUADALUPE-CHINAMECA Y VICEVERSA	13
AB308X0SM	NUEVA GUADALUPE-CHINAMECA-JUCUAPA-SAN SALVADOR Y VICEVERSA	1
AB326C0SM	SAN MIGUEL-CHAPELTQUE-GUATAJIAGUA-GUALABO Y VICEVERSA	1
AB443X0SM	NUEVO EDEN DE SAN JUAN-SAN GERADO-EL TRIUNFO Y VICEVERSA	1
AB523X0SM	SAN ANTONIO DEL MOSCO-CIUDAD BARRIOS Y VICEVERSA	1

FUENTE: <http://biblio2.ugb.edu.sv/bvirtual/8833/capitulo2.pdf>, pág. 109 y 110.



## CAPITULO IV:

# "Análisis y Proyecciones de datos de Tráfico para el Diseño Geométrico de las Alternativas"

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El análisis del tráfico es fundamental para poder determinar la demanda futura que se espera al final del año horizonte; para ello se efectúa una serie de procedimientos necesarios para proyectar dicho tráfico, obteniendo resultados que a la larga sirven para diseñar propuestas que solucionen un problema de congestionamiento en una determinada intersección, la cual debe de ir enmarcada en superar la capacidad vial y los niveles de servicio que están en la actualidad.

También es importante elaborar una selección de parámetros básicos adecuados y que fusionados con los datos de tráfico, permita elaborar un diseño geométrico que cumpla con los requisitos necesarios para solucionar un problema vial generado.

En el desarrollo de este capítulo se realizaran proyecciones vehiculares utilizando las tasas de crecimiento vehicular, también se efectúa un análisis de volúmenes y de capacidad vial para determinar el estado vial que tiene la intersección y así utilizarlos como base para el diseño de las alternativas, expuestos posteriormente.

## 4.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE TRÁFICO

De acuerdo con el desarrollo de éste proyecto; el tráfico es un componente muy fundamental que influye directamente en esta evaluación; ya que proporciona datos sobre los volúmenes del tráfico y sobre los volúmenes de demanda que circularán durante un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y composición. Es importante llevar a cabo un proceso detallado del análisis de los datos de tráfico y así lograr una óptima propuesta que solucione en gran medida el problema del cual se está analizando.

La variable del tráfico se compone de diversos elementos que interactúan entre sí para poder conformar un todo, estos elementos son importantes para el diseño geométrico. También es importante elaborar un análisis de los factores que influyen actualmente y de alguna manera negativa en la movilidad del tráfico urbano. Esto permitirá conocer la importancia y la medida de la factibilidad para poder realizar la inversión necesaria en la ejecución de este proyecto y la magnitud del impacto que este tendrá dentro del sistema vial.

Para poder elaborar la evaluación de los factores del tráfico; se tomaron como base los documentos del INFORME FINAL DE LA INGENIERIA BASICA Y PRESENTACION DE ALTERNATIVAS del proyecto **“MEJORAMIENTO DE LA RED VIAL DE LA ZONA NORTE DE EL SALVADOR, QUE INCLUYE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, FACTIBILIDAD TÉCNICA Y DISEÑO FINAL”** y del documento del PLAMADUR de San Miguel; el primero se adoptó, porque de acuerdo a lo expuesto por los ingenieros de tránsito del Ministerio de Obras Públicas (MOP) este se ubica en las cercanías esta evaluación y el segundo porque ha sido retomado de base para este estudio.

### 4.2.1 TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR

Para el desarrollo de este estudio se tomara en consideración que el tráfico de los vehículos livianos tiene la tendencia a crecer a nivel regional y en el resto del mundo más rápidamente que el tráfico de los vehículos pesados esto de acuerdo a la tabla 4.1 donde se presenta la proyección de tráfico carretero en Centroamérica. Por otra parte según los datos empleados por el primer estudio realizado en la zona norte del país, se establece que la tasa de crecimiento que se utilizó en el estudio de factibilidad del mismo, fue dentro del rango tolerable y parecida a la que ha sido empleada en estudios de factibilidad de proyectos similares, tanto en la zona Oriental, como fuera de ella, para los cuales dicho porcentaje de crecimiento se plantean en las tablas 4.2, 4.3 y 4.4.

Cabe recalcar que el estudio presenta tres hipótesis de crecimiento, las cuales se presentan y se detallan a continuación, para las cuales se optara por la más probable ya que es la que nos presenta una proyección que satisfaga los niveles de servicio aceptables para el periodo de diseño requerido.

Año	Automóviles	VEHÍCULOS PESADOS			TOTAL
		Camiones	Autobuses	Subtotal	
2010	214.290	91.240	27.682	118.922	333.212
2020	370.432	147.106	43.635	190.741	561.173
Tasa media anual	5,6%	4,9%	4,7%	4,8%	5,4%

*Tabla 4.1 Proyección del tráfico carretero en Centroamérica*

*FUENTE: Estudio Centroamericano de Transporte (ECAT).*

#### 4.2.1.1 HIPÓTESIS DE CRECIMIENTO MÁS PROBABLE

Las tasas anuales de crecimiento del tráfico se obtuvieron aplicando, a las tasas de crecimiento proyectadas del PIB, los coeficientes de elasticidad arrojados por la regresión. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

*Tablas 4.2 Tasas estimadas a partir de las variables macroeconómicas  
Hipótesis más probable*

VEHICULOS	1 – 5 AÑOS			6 – 10 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	1.86	5.1%	2.75%	1.64	4.5%
<b>Livianos</b>	2.75%	2.16	5.9%	2.75%	1.91	5.2%

VEHICULOS	10 – 15 AÑOS			16 – 20 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	1.46	4.0%	2.75%	1.13	3.1%
<b>Livianos</b>	2.75%	1.69	4.7%	2.75%	1.31	3.6%

FUENTE: *Informe final de la ingeniería básica y presentación de alternativas del proyecto “Mejoramiento de la red vial de la zona norte de El Salvador”*

Como se aprecia en la tabla 4.2, para la proyección del tráfico liviano se decidió utilizar el coeficiente de elasticidad arrojado por la regresión, pero adoptando el supuesto de que este irá descendiendo, hasta alcanzar, al final del periodo, un valor de 1.31, que es el que expresa la relación entre el sector transporte y la actividad económica salvadoreña. Para el tráfico de vehículos pesados se optó por utilizar la tasa de crecimiento del PIB, pero afectada por un coeficiente de elasticidad equivalente al 0.86 del coeficiente de elasticidad utilizado para proyectar los vehículos livianos.

#### 4.2.1.2 HIPÓTESIS PESIMISTA

La hipótesis pesimista se construyó tomando el valor mínimo, establecido por el intervalo de confianza, del coeficiente de elasticidad PIB tráfico.

Partiendo de aquí se presentan las tasas resultantes en el siguiente cuadro

*Tabla 4.3 Tasas estimadas a partir de las variables macroeconómicas  
Hipótesis pesimista*

VEHICULOS	1 – 5 AÑOS			6 – 10 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coeficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coeficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	1.62	4.4%	2.75%	1.47	4.0%
<b>Livianos</b>	2.75%	1.88	5.2%	2.75%	1.71	4.7%

VEHICULOS	10 – 15 AÑOS			16 – 20 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coeficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coeficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	1.35	3.7%	2.75%	1.13	3.1%
<b>Livianos</b>	2.75%	1.57	4.3%	2.75%	1.31	3.6%

FUENTE: *Informe final de la ingeniería básica y presentación de alternativas del proyecto “Mejoramiento de la red vial de la zona norte de El Salvador”.*

#### 4.2.1.3 HIPÓTESIS OPTIMISTA

La hipótesis optimista se construyó tomando el valor máximo, establecido por el intervalo de confianza, del coeficiente de elasticidad PIB tráfico. Las tasas resultantes se muestran en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.4 Tasas estimadas a partir de las variables macroeconómicas**  
*Hipótesis optimista*

VEHICULOS	1 – 5 AÑOS			6 – 10 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	2.10	5.8%	2.75%	1.81	5.0%
<b>Livianos</b>	2.75%	2.44	6.7%	2.75%	2.10	5.8%

VEHICULOS	10 – 15 AÑOS			16 – 20 AÑOS		
	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.	Tasa de crecimiento de la variable	Coficiente de elasticidad.	Tasa de Crecimiento estimado del tráfico.
<b>Pesados</b>	2.75%	1.56	4.3%	2.75%	1.13	3.1%
<b>Livianos</b>	2.75%	1.82	5.0%	2.75%	1.31	3.6%

FUENTE: *Informe final de la ingeniería básica y presentación de alternativas del proyecto “Mejoramiento de la red vial de la zona norte de El Salvador”.*

## 4.2.2 PERÍODO DE DISEÑO DE LA PROPUESTA

En la construcción de la infraestructura vial de nuestro país se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como proyección del diseño. La utilización de períodos mayores de veinte años no parece justificada, particularmente en la región centroamericana, por las dificultades de prever los cambios posibles a tan largo plazo en el uso del suelo y realizar proyecciones confiables sobre la situación socio-económica de la población, dentro de la zona de influencia del proyecto.

Además nuestro país no cuenta con un sistema de mantenimiento adecuado de las arterias públicas ya sea esto por cuestiones económicas o como producto de la mala planificación.

Los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño de las obras viales, a menos que se conozcan de antemano factores que pueden influir en su futuro comportamiento.

Bajo estas consideraciones plasmadas en el Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, en la presente propuesta apegada a dicho manual se adopta un periodo de análisis de veinte años.

Partiendo del TPDA del año 2011, se utiliza la ecuación del crecimiento geométrico para “proyectar” con la tasa de crecimiento establecida en la sección 4.2.1 ese valor al año de inicio del periodo de análisis: 2012, y luego con la misma ecuación y tasas establecer el TPDA de diseño al final del periodo: año 2032.

### **4.3 DIAGNOSTICO DEL TRÁFICO**

Desde hace varios años viene originándose un alto crecimiento del flujo vehicular en San Miguel, por el hecho de constituirse en un punto de paso obligado para vehículos livianos, transporte pesado, autobuses del transporte interdepartamental, etc. debiendo incorporar considerablemente a este volumen, los vehículos que transitan en la ciudad y en los alrededores de esta.



En el año de 1,997 se realizó una medición dentro del PLAMADUR acerca del tráfico que circulaba por las principales arterias de San Miguel, o sea, la carretera Panamericana, Avenida Roosevelt, Ruta Militar.

Pudiéndose registrar los problemas de congestionamientos que afectaban a dichas arterias para ese año, potenciado esto por las bajas capacidades existentes en las mismas para poder absorber y distribuir eficientemente los altos volúmenes del tráfico que circulaban en ese entonces.

## 4.4 PROYECCIONES DEL TRÁFICO

Como se presentó en el capítulo anterior se pretende elaborar un análisis del tráfico vehicular que influirá en la zona de estudio. Este flujo vehicular obtenido del análisis representa la base para el diseño geométrico de la intersección, para el cual debemos evaluar la capacidad, volumen de servicio y volumen de demanda.

En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como la base para el diseño. Es importante mencionar que para obtener los datos correspondientes para un período de diseño de 20 años se debe proyectar los datos del año 2011, mediante la fórmula del crecimiento geométrico hasta el año 2,032 que representa el año horizonte de esta propuesta.

$$Vf = Vo (1 + i)^n$$

*Ecuacion 4.1 Formula para proyecciones de trafico.*

Dónde:

Vf= Volumen proyectado.

Vo= Volumen del año actual igual al TPDA.

i = Tasa de crecimiento (Se utilizan las tasas de la hipótesis más probable)

n = Número de años para el que se proyecta

Para llevar a cabo la proyección del tráfico se consideraron los datos pertenecientes al pico de 15 minutos de la hora punta, el cual en el capítulo anterior se explicó que esta hora estaba comprendida entre 4:00 p.m. – 5:00 p.m. El proceso que se llevó a cabo es el siguiente:

1. Se encuentra el volumen máximo durante el estudio, sin importar en la arteria y el día en que se dio este volumen. En la tabla 3.14, 3.16, 3.18 se revisa el valor del volumen de tráfico.
2. Se determinó que el cuarto de hora punta de la tarde es de 4:00 – 4:15 ya que es donde se encuentra el mayor flujo vehicular, dichos datos se muestran en la *tabla 4.5*.

HORA	A-B					A-C					A-D					B-A				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	300	44	18	11	0	84	0	11	5	0	4	10	0	0	0	153	13	20	0	0

HORA	B-C					C-A					C-B					C-D				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	95	5	3	0	0	94	8	8	7	0	75	0	4	1	2	36	3	1	0	0

HORA	D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	6	0	1	0	0	37	0	1	0	0

**Tabla 4.5** Volumen horario en la hora punta.

3. El valor punta de los 15 min se multiplica por 4 para obtener la intensidad vehicular de la hora punta 4:00 p.m. – 5:00 p.m.

$$Intensidad = Volumen\ 15\ min * 4 \quad \text{Ecuacion 4.2} \quad \text{Calcular la Intensidad Vehicular}$$

$$Intensidad = 300 \times 4$$

$$Intensidad = 1,200\ veh.$$

4. Se proyecta la intensidad vehicular hasta el año horizonte utilizando las tasas de crecimiento planteadas en la tabla 4.2.

$$V_f = V_o (1 + i)^n$$

El año de Construcción es: 2012

Entra en operación el proyecto: 2013

Año Horizonte: 2032.

Por ejemplo: Se proyecta el volumen inicial del año 2011 al volumen final del año 2012.

$V_o = 1200\text{veh.}$

$i = 5.9\%$  (Son vehículos livianos)

$n = 1$

$$V_{f2012} = 1200 (1 + 0.059)^1$$

$$V_{f2012} = 1346 \text{ veh.}$$

Para los vehículos pesados, se utiliza la tasa de crecimiento de los vehículos pesados. En las tablas 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran las intensidades proyectadas utilizando las tasas de crecimiento a cada 5 años.

Además en el Anexo 6 se observan los flujos vehiculares por cada movimiento en la intersección para el año horizonte.

*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

AÑO	A-B					A-C					A-D					B-A					B-C				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2013	1416	208	83	51	0	396	0	51	23	0	19	47	0	0	0	722	61	92	0	0	448	24	14	0	0
Vol. Final Año 2014	1489	218	87	53	0	417	0	53	24	0	20	50	0	0	0	760	65	97	0	0	472	25	14	0	0
Vol. Final Año 2015	1567	230	91	55	0	439	0	55	25	0	21	52	0	0	0	799	68	101	0	0	496	26	15	0	0
Vol. Final Año 2016	1648	242	95	58	0	462	0	58	26	0	22	55	0	0	0	841	71	105	0	0	522	27	16	0	0
Vol. Final Año 2017	1734	254	99	61	0	486	0	61	28	0	23	58	0	0	0	884	75	110	0	0	549	29	17	0	0

AÑO	C-A					C-B					C-D					D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2013	444	38	37	32	0	354	0	18	5	9	170	14	5	0	0	28	0	5	0	0	175	0	5	0	0
Vol. Final Año 2014	467	40	39	34	0	372	0	19	5	10	179	15	5	0	0	30	0	5	0	0	184	0	5	0	0
Vol. Final Año 2015	491	42	40	35	0	392	0	20	5	10	188	16	5	0	0	31	0	5	0	0	193	0	5	0	0
Vol. Final Año 2016	516	44	42	37	0	412	0	21	5	11	198	16	5	0	0	33	0	5	0	0	203	0	5	0	0
Vol. Final Año 2017	543	46	44	39	0	434	0	22	6	11	208	17	6	0	0	35	0	6	0	0	214	0	6	0	0

**Tabla 4.6** Proyecciones para los primeros 5 años

*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

Año	A-B					A-C					A-D					B-A					B-C				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2018	1816	266	103	63	0	508	0	63	29	0	24	61	0	0	0	926	79	115	0	0	575	30	17	0	0
Vol. Final Año 2019	1901	279	107	66	0	532	0	66	30	0	25	63	0	0	0	969	82	119	0	0	602	32	18	0	0
Vol. Final Año 2020	1990	292	111	68	0	557	0	68	31	0	27	66	0	0	0	1015	86	124	0	0	630	33	19	0	0
Vol. Final Año 2021	2084	306	116	71	0	583	0	71	32	0	28	69	0	0	0	1063	90	129	0	0	660	35	19	0	0
Vol. Final Año 2022	2182	320	121	74	0	611	0	74	33	0	29	73	0	0	0	1113	95	134	0	0	691	36	20	0	0

Año	C-A					C-B					C-D					D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2018	569	48	46	40	0	454	0	23	6	11	218	18	6	0	0	36	0	6	0	0	224	0	6	0	0
Vol. Final Año 2019	596	51	48	42	0	475	0	24	6	12	228	19	6	0	0	38	0	6	0	0	234	0	6	0	0
Vol. Final Año 2020	624	53	50	43	0	498	0	25	6	12	239	20	6	0	0	40	0	6	0	0	245	0	6	0	0
Vol. Final Año 2021	653	56	52	45	0	521	0	26	6	13	250	21	6	0	0	42	0	6	0	0	257	0	6	0	0
Vol. Final Año 2022	684	58	54	47	0	545	0	27	7	13	262	22	7	0	0	44	0	7	0	0	269	0	7	0	0

**Tabla 4.7** Proyecciones desde 6 años hasta 10 años

*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

Año	A-B					A-C					A-D					B-A					B-C				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2023	2260	331	124	76	0	633	0	76	35	0	30	75	0	0	0	1153	98	138	0	0	716	38	21	0	0
Vol. Final Año 2024	2342	343	128	78	0	656	0	78	36	0	31	78	0	0	0	1194	102	142	0	0	741	39	21	0	0
Vol. Final Año 2025	2426	356	132	81	0	679	0	81	37	0	32	81	0	0	0	1237	105	147	0	0	768	40	22	0	0
Vol. Final Año 2026	2513	369	136	83	0	704	0	83	38	0	34	84	0	0	0	1282	109	151	0	0	796	42	23	0	0
Vol. Final Año 2027	2604	382	140	86	0	729	0	86	39	0	35	87	0	0	0	1328	113	156	0	0	824	43	23	0	0

Año	C-A					C-B					C-D					D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2023	708	60	55	48	0	565	0	28	7	14	271	23	7	0	0	45	0	7	0	0	279	0	7	0	0
Vol. Final Año 2024	734	62	57	50	0	585	0	28	7	14	281	23	7	0	0	47	0	7	0	0	289	0	7	0	0
Vol. Final Año 2025	760	65	59	51	0	606	0	29	7	15	291	24	7	0	0	49	0	7	0	0	299	0	7	0	0
Vol. Final Año 2026	787	67	61	53	0	628	0	30	8	15	302	25	8	0	0	50	0	8	0	0	310	0	8	0	0
Vol. Final Año 2027	816	69	62	55	0	651	0	31	8	16	312	26	8	0	0	52	0	8	0	0	321	0	8	0	0

**Tabla 4.8** Proyecciones desde 11 años hasta 15 años

*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

Año	A-B					A-C					A-D					B-A					B-C				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2028	2697	396	145	89	0	755	0	89	40	0	36	90	0	0	0	1376	117	161	0	0	854	45	24	0	0
Vol. Final Año 2029	2794	410	149	91	0	782	0	91	41	0	37	93	0	0	0	1425	121	166	0	0	885	47	25	0	0
Vol. Final Año 2030	2895	425	154	94	0	811	0	94	43	0	39	97	0	0	0	1477	125	171	0	0	917	48	26	0	0
Vol. Final Año 2031	2999	440	159	97	0	840	0	97	44	0	40	100	0	0	0	1530	130	176	0	0	950	50	26	0	0
Vol. Final Año 2032	3107	456	164	100	0	870	0	100	45	0	41	104	0	0	0	1585	135	182	0	0	984	52	27	0	0

Año	C-A					C-B					C-D					D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
Vol. Final Año 2028	845	72	64	56	0	674	0	32	8	16	324	27	8	0	0	54	0	8	0	0	333	0	8	0	0
Vol. Final Año 2029	876	75	66	58	0	699	0	33	8	17	335	28	8	0	0	56	0	8	0	0	345	0	8	0	0
Vol. Final Año 2030	907	77	68	60	0	724	0	34	9	17	347	29	9	0	0	58	0	9	0	0	357	0	9	0	0
Vol. Final Año 2031	940	80	71	62	0	750	0	35	9	18	360	30	9	0	0	60	0	9	0	0	370	0	9	0	0
Vol. Final Año 2032	974	83	73	64	0	777	0	36	9	18	373	31	9	0	0	62	0	9	0	0	383	0	9	0	0

**Tabla 4.9** Proyecciones desde 16 años hasta 20 años

5. Se proyecta el TPDA hasta el año horizonte utilizando las tasas de crecimiento planteadas en la tabla 4.2.

$$V_f = V_o (1 + i)^n$$

El año de Construcción es: 2012

Entra en operación el proyecto: 2013

Año Horizonte: 2032.

Por ejemplo: Se proyecta el TPDA del año 2011 al TPDA del año 2012.

TPDA<sub>2011</sub> = 30,525 veh.

$i = 5.9\%$  (Se utilizan las tasas de los vehículos livianos debido a que están con vehículos equivalentes)

$n = 1$

$$TPDA_{2012} = TPDA_{2011} (1 + 0.059)^1$$

$$TPDA_{2012} = 30525 (1 + 0.059)^1$$

$$TPDA_{2012} = 32,326 Veh.$$

Para los próximos años se utilizan las tasas de crecimientos descritas en el paso 4. Las proyecciones del TPDA se muestran en la tabla 4.10.

En el Anexo 5 se muestra un esquema de los TPDA para cada arteria.



*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

TPDA	CARRETERA PANAMERICANA	AVENIDA ROOSEVELT	CARRTERA RUTA MILITAR	CALLE PRINCIPAL DE COLONIA HIRLEMAN
<b>TPDA Año 2013</b>	37980	33782	22630	6273
<b>TPDA Año 2014</b>	39955	35539	23807	6599
<b>TPDA Año 2015</b>	42032	37387	25045	6942
<b>TPDA Año 2016</b>	44218	39331	26347	7303
<b>TPDA Año 2017</b>	46518	41376	27717	7683

TPDA	CARRETERA PANAMERICANA	AVENIDA ROOSEVELT	CARRTERA RUTA MILITAR	CALLE PRINCIPAL DE COLONIA HIRLEMAN
<b>TPDA Año 2018</b>	48704	43321	29020	8044
<b>TPDA Año 2019</b>	51236	45357	30384	8422
<b>TPDA Año 2020</b>	53901	47489	31812	8818
<b>TPDA Año 2021</b>	56704	49721	33307	9232
<b>TPDA Año 2022</b>	59652	52058	34872	9666

*Tabla 4.10 Proyecciones del TPDA desde el año 2012 hasta el 2032 (Continúa)*

*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

TPDA	CARRETERA PANAMERICANA	AVENIDA ROOSEVELT	CARRTERA RUTA MILITAR	CALLE PRINCIPAL DE COLONIA HIRLEMAN
<b>TPDA Año 2023</b>	62217	54296	36372	10121
<b>TPDA Año 2024</b>	64893	56631	37936	10596
<b>TPDA Año 2025</b>	67683	59066	39567	11094
<b>TPDA Año 2026</b>	70593	61606	41268	11616
<b>TPDA Año 2027</b>	73629	64809	43043	12162

TPDA	CARRETERA PANAMERICANA	AVENIDA ROOSEVELT	CARRTERA RUTA MILITAR	CALLE PRINCIPAL DE COLONIA HIRLEMAN
<b>TPDA Año 2028</b>	76279	67142	44592	12599
<b>TPDA Año 2029</b>	79025	69559	46198	13053
<b>TPDA Año 2030</b>	81870	72064	47861	13523
<b>TPDA Año 2031</b>	84818	74658	49584	14010
<b>TPDA Año 2032</b>	87871	77346	51369	14514

*Tabla 4.10 Proyecciones del TPDA desde el año 2012 hasta el 2032 (Continuación)*

## 4.5 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

### 4.5.1 CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Para la determinación de las normas para el diseño geométrico de las carreteras, los países en desarrollo siguen la práctica de agrupar las mismas conforme dos criterios muy diferentes. De carácter administrativo, el primero, propone una clasificación básica de las carreteras en regionales - o centroamericanas, para el caso - , nacionales, departamentales y locales, en tanto que el segundo criterio, de tipo funcional, apunta a una clasificación de las carreteras en primarias, secundarias y terciarias o, en lo relativo a las vías urbanas, en vías expresas, arterias primarias, colectoras y locales. Obviamente que el primer criterio goza de menor reconocimiento práctico que el segundo, pues es muy poco frecuente que una carretera sea diseñada a altos estándares meramente por razón de su clasificación de regional.

En Centroamérica, el ejemplo más relevante de una carretera auténticamente regional lo ofrece la carretera Panamericana o CA-1, que en sus accesos a las capitales de los países que enlaza a lo largo de su trazado, justifica disponer de tres o más carriles de circulación por cada sentido, dadas las elevadas demandas del tránsito suburbano que sirve, en tanto que en algunos cruces fronterizos alejados de las capitales y distantes de las concentraciones de población, resulta ser más que suficiente contar con los dos carriles normales de una carretera diseñada para volúmenes comprendidos entre 500 y 1,000 vehículos por día. El Manual de la SIECA propone la siguiente clasificación funcional para las carreteras regionales:

Tabla 4.11 Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficie de Rodamiento.

TPDA	>20,00		20,000 -10,000		10,000 – 3,000		3,000 - 500	
	No C	Súper.	No C	Superf.	No C	Superf.	No C	Superf.
<b>Clasificación Funcional</b>								
<b>AR – Autopistas Regionales</b>	6 -8	Pav.	4 – 6	Pav.				
<b>TS – Troncales Suburbanas</b>	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
<b>TR – Troncales Rurales</b>	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
<b>CS – Colectoras Suburbanas</b>			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
<b>CR – Colectoras Rurales</b>					2	Pav.	2	Pav.

Nº C:Numero de carriles; *Superf.*:Superficie de Rodamiento; *Pav.*: Pavimento asfáltico o de Cemento Portland.

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano “Normas para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, P 3-9.

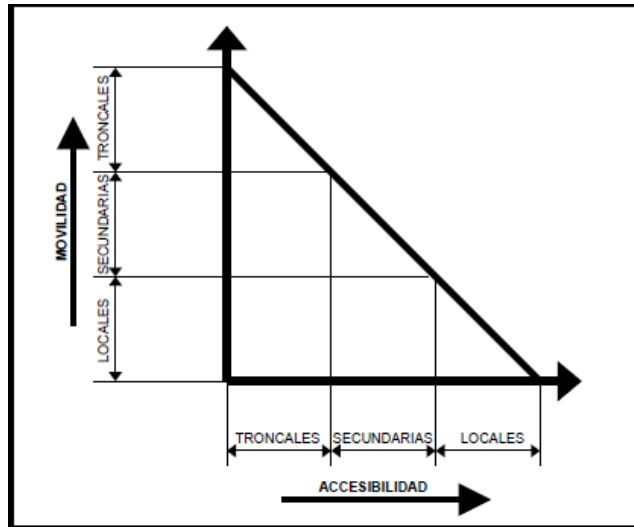


Figura 4.1 Clasificación Funcional de las Carreteras

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano “Normas para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, P 3-5.

En función del TPDA, en El Salvador se propone agrupar las carreteras en cuatro categorías: mayores de 3,000, entre 1,000 y 3,000, entre 500 y 1,000 y menores de 500 vpd, identificándose respectivamente como T-1, T-2, T-3 Y T-4.

## **4.6 VELOCIDAD DE DISEÑO**

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado. En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando a la vez debida cuenta de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio.

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta apropiada para aplicar en la categoría superior de los sistemas de carreteras.

En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de ruedo sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora. La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos.

## 4.7 ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL

El dimensionamiento de la capacidad resulta trascendental para el diseño de cualquier intersección, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc. Es indispensable también conocer la capacidad en los estudios de planificación de las redes de carreteras (incluyendo las intersecciones), cuando se trata de establecer la suficiencia con que los componentes de dichas redes están sirviendo al tránsito existente en la intersección o, por la misma línea, programar en orden de prioridad las necesidades de inversión a corto y mediano plazo, para prever el crecimiento del tráfico.

Para poder comprender una evaluación de la eficiencia operativa de un componente de la red vial, es necesario tener en claro dos conceptos básicos dentro del proceso de análisis:

- **Capacidad:** una capacidad aceptable es definida por el flujo máximo de vehículos que puede pasar, atravesar razonablemente en un punto o una sección uniforme de camino, en un determinado período de tiempo bajo unas condiciones físicas determinadas.
- **Nivel de servicio (N.S.):** el nivel de servicio es una medida de la calidad operacional de las condiciones del flujo de tráfico, generalmente describe la calidad en términos de la velocidad, tiempo de viaje, interrupciones del tráfico, comodidad y conveniencia.

De acuerdo al análisis realizado por las normativas que rigen las capacidades viales, se han concluido seis niveles de servicio, para cada tipo de facilidad, teniendo cada una de estas un procedimiento diferente para su análisis.

Los niveles de servicio son designados por letras que van desde la A hasta la F, siendo el nivel de servicio A, el que representa las mejores condiciones operativas y el F, el que representa las peores condiciones. Cada nivel de servicio representa un rango de condiciones operativas y la percepción del usuario ante esas condiciones.

En la actualidad existen diversas metodologías para el cálculo de capacidades y niveles de servicio de facilidades de transporte, entre las que sobresalen la del Manual de Capacidades de Carreteras, conocido por sus siglas en inglés HCM 2000 (Highway Capacity Manual, TRB); y los Estándares Británicos (British Standards, TRL- DOT UK). De ambas metodologías se han realizado adaptaciones propias mediante investigaciones detalladas en diferentes países; en otros, tales metodologías son utilizadas tal y como son, ya que presentan condiciones básicas semejantes para ser implementadas en diversas regiones. Comúnmente, en El Salvador se trabaja utilizando las metodologías presentadas en el Highway Capacity Manual (HCM), lo cual ha presentado excelentes resultados.

A continuación se presenta una tabla que muestra la guía recomendada por la AASHTO, en el conocido manual de la especialidad de diseño geométrico, para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de las características del terreno y su tipología:

**Tabla 4.12** *Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para Diseño*

Tipo de Carretera	Tipo de Area y Nivel de Servicio Apropriado			
	Rural Plano	Rural Ondulado	Rural Montañoso	Urbano Suburbano
Autopista Especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

*FUENTE: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets, 1994, p. 90.*

### 4.7.1 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO PARA LAS ARTERIAS

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras, que con fines ilustrativos se describe a continuación, se basa en la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de las Carreteras, en su versión de 1994.

El procedimiento para determinar la capacidad y Nivel de servicio para las arterias es el siguiente:

1. Resumen de los datos de los estudio de tránsito y de las características de la carretera:

- ✓ Volumen de tránsito en la hora pico ( $v$ , en vehículos por hora).

HORA	A-B					A-C					A-D					B-A				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	300	44	18	11	0	84	0	11	5	0	4	10	0	0	0	153	13	20	0	0

HORA	B-C					C-A					C-B					C-D				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	95	5	3	0	0	94	8	8	7	0	75	0	4	1	2	36	3	1	0	0

HORA	D-A					D-B				
	LP y C	PP	CR	CA	O	LP y C	PP	CR	CA	O
4:00 - 4:15	6	0	1	0	0	37	0	1	0	0

**Tabla 4.5** Volumen horario en la hora punta.

- ✓ Factor de hora pico (FHP).

Como se mencionó en el capítulo 3 sección 3.7.3.5 el factor de hora pico que se utilizara es de 0.90.



- ✓ Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).

Dependiendo del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados, como camiones, autobuses y vehículos recreativos tipo campers, pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular, influenciando según su relevancia porcentual, en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras. El efecto de un camión sobre las operaciones del tránsito es a menudo equivalente al de varios automóviles, siendo mayor la relación a medida que son mayores las pendientes y menores las distancias de visibilidad disponibles. En la categoría de vehículos pesados se sitúan los camiones con peso bruto total de 4 toneladas métricas o más y los vehículos que presentan llantas dobles en el eje trasero.

La composición del tránsito que se aprecia en estas arterias durante la hora punta se muestra en la tabla 4.13

- ✓ Distribución direccional del tránsito.

La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles, muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación, de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones, que a mayor desbalance hará mayor la necesidad de brindar la capacidad suficiente, incrementando el número de carriles necesarios.

En las horas pico de la mayoría de las carreteras, entre el 55 y el 70 por ciento del tránsito total se mueve en un solo sentido, por lo que la utilización de un 60 por ciento como factor promedio de distribución direccional parece razonable, a falta de otros elementos de juicio.

En la tabla 4.14 se muestran los factores de ajuste por Distribución Direccional del Tránsito en carreteras de dos Carriles.

**Tabla 4.13** Composición del tránsito en las arterias.

Dirección		Vol. Total	Vol. de Pesados	Vol. de Buses	% Pesados	% Buses
Panamericana	A - B	373	29	44		
	A - C	100	16	0		
	A - D	14	0	10		
	B - A	186	20	13		
	C - A	117	15	8		
	D - A	7	1	0		
		<b>797</b>	<b>81</b>	<b>75</b>	<b>10.16</b>	<b>9.41</b>
Roosevelt	A - B	373	29	44		
	B - A	186	20	13		
	C - B	82	7	0		
	B - C	103	3	5		
	D - B	38	1	0		
		<b>782</b>	<b>60</b>	<b>62</b>	<b>7.67</b>	<b>7.92</b>
Ruta Militar	C - A	117	15	8		
	C - B	82	7	0		
	C - D	40	1	3		
	A - C	100	16	0		
	B - C	103	3	5		
		<b>442</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>9.50</b>	<b>3.61</b>
Calle Hirleman	A - D	14	0	10		
	D - B	38	1	0		
	D - A	7	1	0		
	C - D	40	1	3		
		<b>99</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>3.03</b>	<b>13.13</b>

**Tabla 4.14** Factores de Ajuste por Distribución Direccional del Tránsito en Carreteras de dos carriles.

Separación Direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

FUENTE: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

- ✓ Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar.

El terreno del área en estudio es plano y tiene un 40 % de restricciones de paso, para la selección del Nivel de servicio se plantean los datos necesarios en la Tabla 4.15.

**Tabla 4.15 Nivel de Servicio (V/C) para carreteras.**

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	Restricción de paso, %						Restricción de paso, %						Restricción de paso, %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
<b>A</b>	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
<b>B</b>	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
<b>C</b>	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
<b>D</b>	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
<b>E</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

*FUENTE: TRB, Highway Capacity Manual, 1994*

- ✓ Ancho de carriles y hombros (metros). Dimensiones de alternativas del estudio.

El ancho de carriles se muestra en la tabla 4.16

Arteria	Ancho de Carriles
Carretera Panamericana (CA01E)	3.65
Avenida Roosevelt	3.65
Carretera Ruta Militar (CA07N)	3.65
Calle Hirleman	3.65

**Tabla 4.16 Ancho de carriles considerados**

También es necesario considerar los factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos. En la tabla 4.17 se muestran dichos datos.

**Tabla 4.17 Factores de Ajuste por Efecto Combinado de Carriles Angostos y Hombros Restringidos, Carretera de dos Carriles**

Hombro (m)	Carril de 3.65m		Carril de 3.35m		Carril de 3.05m		Carril de 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

FUENTE: TRB, Highway Capacity Manual, 1994 **NS:** Nivel de Servicio

- ✓ Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

Según el HCM la velocidad de diseño para arterias urbanas es de 40km/m. Tomando en cuenta dicho criterio es como se tabula la Velocidad de diseño para las arterias en la tabla 4.18

Arteria	Velocidad de Diseño
Carretera Panamericana (CA01E)	40 km/h
Avenida Roosevelt	40 Km/h
Carretera Ruta Militar (CA07N)	40 km/h
Calle Hirleman	40 Km/h

**Tabla 4.18** Velocidad de diseño para las arterias en la intersección.

2. El cálculo del flujo de servicio (Sfi) de las carreteras se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$Sfi = 2800x (v/c) \times fd \times fw \times fhv ,$$

Ecuación 4.3      Flujo se servicio

Dónde:

Sfi = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

v/c = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

fd = Factor de distribución direccional del tránsito.

fw = Factor para anchos de carril y hombros.

fhv = Factor de vehículos pesados.

3. Calcular el factor de vehículos pesados, fhv, para cada nivel de servicio, de la siguiente ecuación:

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + PT (ET - 1) + PB (EB - 1) + PR (ER - 1)} \quad \text{Ecuacion 4.4}$$

Las equivalencias en automóviles para Camiones Pesados (ET), para autobuses (EB) y vehículos recreacionales (ER), afectadas por el alineamiento horizontal, son tomadas de las tablas del Manual de Capacidades. Los factores PT, PB y PR corresponden a la fracción decimal de la proporción de camiones, autobuses y vehículos recreacionales en el volumen de tránsito total, dichos factores se muestran en la tabla 4.19.

**Tabla 4.19** Automóviles Equivalentes por Camiones y Autobuses, en Función del Tipo de Terreno..

Tipo de Vehículo	NS	Tipo de Terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

FUENTE: TRB, Highway Capacity Manual, 1994 **NS**: Nivel de Servicio

A continuación se procede a calcular el Factor de Vehículos Pesados para cada arteria utilizando los diversos Niveles de Servicio conocidos, como base se utilizan los datos de la carretera Panamericana.

- a. Se encuentran los porcentajes de los vehículos que están en la tabla 4.13.

$$P_{\text{porcentaje de Pesados (PT)}} = 10.16 \%$$

$$P_{\text{porcentaje de Buses (PB)}} = 9.41 \%$$

$$P_{\text{porcentaje de vehículos Recreacionales (PR)}} = 0\%$$

- b. Se determina el Nivel de Servicio que se utilizara para el análisis.

$$N_{\text{nivel de servicio (NS)}} = A$$

- c. Se consideran las equivalencias vehiculares planteadas en la tabla 4.19 según el tipo de vehículos y el tipo de terreno.

$$E_{\text{equivalencia de Pesados (ET)}} = 2.0$$

$$E_{\text{equivalencia de Buses (EB)}} = 1.8$$

$$E_{\text{equivalencia de Recreacionales (ER)}} = 0$$

Utilizando la ecuación 4.3 se obtiene:

$$F_{hv} = \frac{1}{1 + 0.1016 (2 - 1) + 0.0941 (1.8 - 1)} = 0.85$$

Se efectúa el mismo procedimiento para los otros niveles de servicio y para las otras arterias en estudio. A continuación en la tabla 4.20 se presenta el resumen del Factor de Vehículos pesados para las arterias que convergen con la intersección, considerando los diversos Niveles de Servicio.

<b>Arteria</b>	<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Fhv</b>
Carretera Panamericana	A	0.85
	B - C	0.82
	D - E	0.86
Avenida Roosevelt	A	0.88
	B - C	0.85
	D - E	0.89
Carretera Ruta Militar	A	0.89
	B - C	0.87
	D - E	0.90
15 Av. Norte	A	0.88
	B - C	0.85
	D - E	0.90

**Tabla 4.20** Factores de vehículos pesados para cada nivel de servicio.

4. Calcular los volúmenes del flujo de servicio para cada nivel, utilizando la fórmula presentada en 2.

Se utilizan como base los datos para la Avenida Roosevelt.

- a. Se determina el Nivel de Servicio que se utilizara para el análisis.

$$N_{\text{nivel de servicio}} (\text{NS}) = A$$

- b. Se encuentra (V/C).

Como se mencionó anteriormente en la intersección el tipo de terreno es plano con un 40 % de obstáculos, se utilizan los datos de la tabla 4. 15; además de ello se analizan los datos utilizando los diversos niveles de servicio.

$$R_{\text{Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio}} (V/C) = 0.09$$

- c. Se encuentra el factor direccional (Fd).

Para encontrar el Factor direccional se consideran los datos de la tabla 4.14 y como se mencionó anteriormente se considera un factor de 60/40.

$$F_{\text{factor Direccional (Fd)}} = 0.94$$

d. Se encuentra el factor para anchos de carriles y hombros ( $F_w$ ).

Se toman en cuenta los anchos de carriles planteados en la tabla 4.16 y de acuerdo a estos datos se consideran los datos en la tabla 4.17.

$$F_{\text{factor para anchos de carriles y hombros (Fw)}} = 0.70$$

e. Se considera el factor de vehículos pesados ( $F_{hv}$ ).

El dato a utilizar se encuentra en la tabla 4.20, calculado anteriormente.

$$F_{\text{factor de vehículos pesados (Fhv)}} = 0.88$$

f. Se calcula el flujo de servicio ( $S_{fi}$ ) utilizando todos los datos antes planteados.

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) \times f_d \times f_w \times f_{hv}$$

$$S_{fi} = 2800 \times 0.09 \times 0.94 \times 0.70 \times 0.88$$

$$S_{fi} = 146$$

Se efectúa el mismo procedimiento para los otros niveles de servicio y para las otras arterias en estudio. A continuación en la tabla 4.21 se presenta el resumen del Flujo de Servicio para cada arteria.



<b>Arteria</b>	<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Sfi</b>
Carretera Panamericana	A	141
	B	279
	C	544
	D	951
	E	1992
Avenida Roosevelt	A	146
	B	329
	C	564
	D	984
	E	2061
Carretera Ruta Militar	A	148
	B	337
	C	577
	D	995
	E	2085
Calle Hirleman	A	146
	B	329
	C	564
	D	995
	E	2085

**Tabla 4.21** Flujo de Servicio para cada arteria que converge en la intersección.

5. Convertir el flujo de la demanda horaria ( $v$ , en vph) en flujo equivalente:

$$V = v/FHP$$

Para ello se tomara como base los datos de la Carretera Ruta Militar.

a. Se determina la demanda horaria.

Se suman los datos de la tabla 3.20 correspondiente a la carretera Ruta Militar

$v = 931$  veh.

**b.** Se convierte la demanda horaria en flujo equivalente.

$$V = 931 / 0.90 = 1034 \text{ veh.}$$

**c.** Comparar V con el volumen calculado en 4 para determinar el nivel de servicio. Según el dato encontrado se determina la disponibilidad del nivel de servicio que tiene la arteria.

$$\% \text{ disponible} = ((2085 - 1034) / 2085) * 100 = 50.4\% \text{ NS E}$$

ARTERIA	v (veh)	v/FHP (veh.)	Disponibilidad (NS)
Carretera Panamericana	1430	1589	20.2 % NS E
Av. Roosevelt	1366	1518	26.3 % NS E
Carretera Ruta Militar	931	1034	50.4 % NS E
Calle Hirleman	719	799	19.7 % NS D

*Tabla 4.22 Disponibilidad de capacidad en las arterias.*

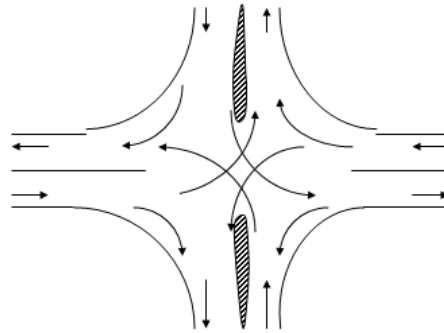
## 4.7.2 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO PARA LA INTERSECCION

El nivel de servicio de cualquier intersección en una vía tiene un efecto importante sobre su desempeño general operativo. Los factores que afectan el nivel de servicio en las intersecciones, tienen en cuenta el flujo y la distribución del tránsito, las características geométricas y el sistema de señalización.

Una diferencia importante al considerar el nivel de servicio en los segmentos de una vía principal y, el nivel de servicio en las intersecciones, es que en el primer caso solamente se usan los flujos de travesía, mientras que en el segundo (las intersecciones) se usan los flujos de las maniobras de giro importantes. El sistema de señalización, que incluye la asignación de tiempo entre los movimientos en conflicto del tránsito vehicular y de los peatones en la intersección, es también un factor importante.

Existen diversos términos que son necesarios para comprender la capacidad y el nivel de servicio de una intersección, a continuación se mencionan algunos de estos:

- ✓ Los **movimientos permitidos de giro** o vueltas permitidas son aquellos que se realizan aprovechando las brechas de un flujo vehicular en sentido contrario. La instalación de las vueltas permitidas en una intersección dada, depende de las características geométricas de la intersección, del volumen de la maniobra de giro, y del volumen en sentido contrario.



*Figura 4.2 Giros permitidos en una intersección.*

- ✓ Los **giros protegidos** son aquellas vueltas protegidas que se dan entre flujos opuestos de vehículos. Una vuelta permitida toma más tiempo que una vuelta protegida similar y utilizará más del tiempo disponible de luz verde.
- ✓ El **intervalo de cambio y de despeje** es la suma de los intervalos “amarillo” y “todo rojo” (dados en segundos) que se dan entre las fases para permitir que el tránsito de vehículos y de peatones salga de la intersección antes de liberar los movimientos en conflicto.
- ✓ Las **condiciones geométricas** es un término que se usa para describir las características de las vías de acceso. Estas incluyen el número y

ancho de los carriles, las pendientes, y la ubicación de los carriles para diferentes usos.

- ✓ Las **condiciones de señalización** es un término que se usa para describir los detalles de la operación del semáforo. Estos incluyen el tipo de control del semáforo, la secuencia de fases, los tiempos de fases, y del avance de las señales en cada acceso.
- ✓ La **razón de flujo** ( $v/c$ ) es el cociente de la tasa verdadera de flujo o la demanda proyectada  $v$  para un acceso o un grupo de carriles, entre la tasa  $s$  de flujo de saturación.
- ✓ Un **grupo de carriles** consta de uno o más carriles que tienen una línea de alto común, llevan un conjunto de flujos vehiculares, y cuya capacidad es compartida por todos los vehículos del grupo.

#### 4.7.2.1 NIVEL DE SERVICIO

Los procedimientos pueden usarse ya sea para una evaluación detallada u operativa de una intersección o para una estimación general de planificación del desempeño general de una intersección señalizada existente o planificada. Para el análisis a nivel de diseño, se requieren más datos para una estimación directa del nivel de servicio que se quiere dar. Para este nivel de análisis también es posible determinar el efecto de modificar los tiempos de las fases del semáforo.

La demora por fase es parte de la demora total que se atribuye al dispositivo de control, se calcula para definir el nivel de servicio en la intersección señalizada. Esta incluye la demora debida a la desaceleración, el tiempo de avance de la fila, el tiempo de parada y al movimiento de aceleración. Sin embargo, la demora depende del tiempo de luz roja, el cual a su vez depende de la duración

del ciclo. Por tanto pueden obtenerse niveles razonables de servicio para duraciones cortas de ciclo.

### **ANÁLISIS DE OPERACIÓN**

El proceso de análisis a nivel de operación puede ser usado para determinar la capacidad o el nivel de servicio en los accesos de una intersección señalizada existente o el nivel general de servicio en la misma. El procedimiento también puede usarse para el diseño detallado de una intersección dada. Al utilizar el procedimiento para analizar un semáforo existente, se conocen los datos operativos de la secuencia de las fases, el tiempo de las fases del semáforo y los detalles geométricos (ancho de carril, número de carriles). El procedimiento se usa para determina el nivel de servicio al cual se desempeña la intersección, en términos de la demora de la fase o del semáforo. Al usar el procedimiento para el diseño detallado, generalmente no se conocen los datos operáticos y por tanto tienen que calcularse o suponerse. Entonces se determinan la demora y el nivel de servicio.

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

**Tabla 4.23** Criterios de nivel de servicio para las intersecciones semaforizadas.

**FUENTE:** Anexo 16-2 Highway Capacity Manual 2000.

Debe enfatizarse una vez más que, en contraste con otros sitios, el nivel de servicio en una intersección con semáforo no tiene una relación univoca simple con la capacidad. Por ej. En los tramos de los caminos de acceso controlado, la relación (v/c) es de 1.00 en los límites superiores del nivel de servicio E.

También es posible tener demoras cortas en el acceso cuando la razón (v/c) sea igual a 1.00 es decir, un acceso saturado, que puede ocurrir si existen las siguientes condiciones:

- Duraciones cortas de ciclo.
- Avance favorable de las fases del semáforo, lo cual implica que en un alto porcentaje de vehículos llegan durante la fase de luz verde.

## PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE OPERACIÓN.

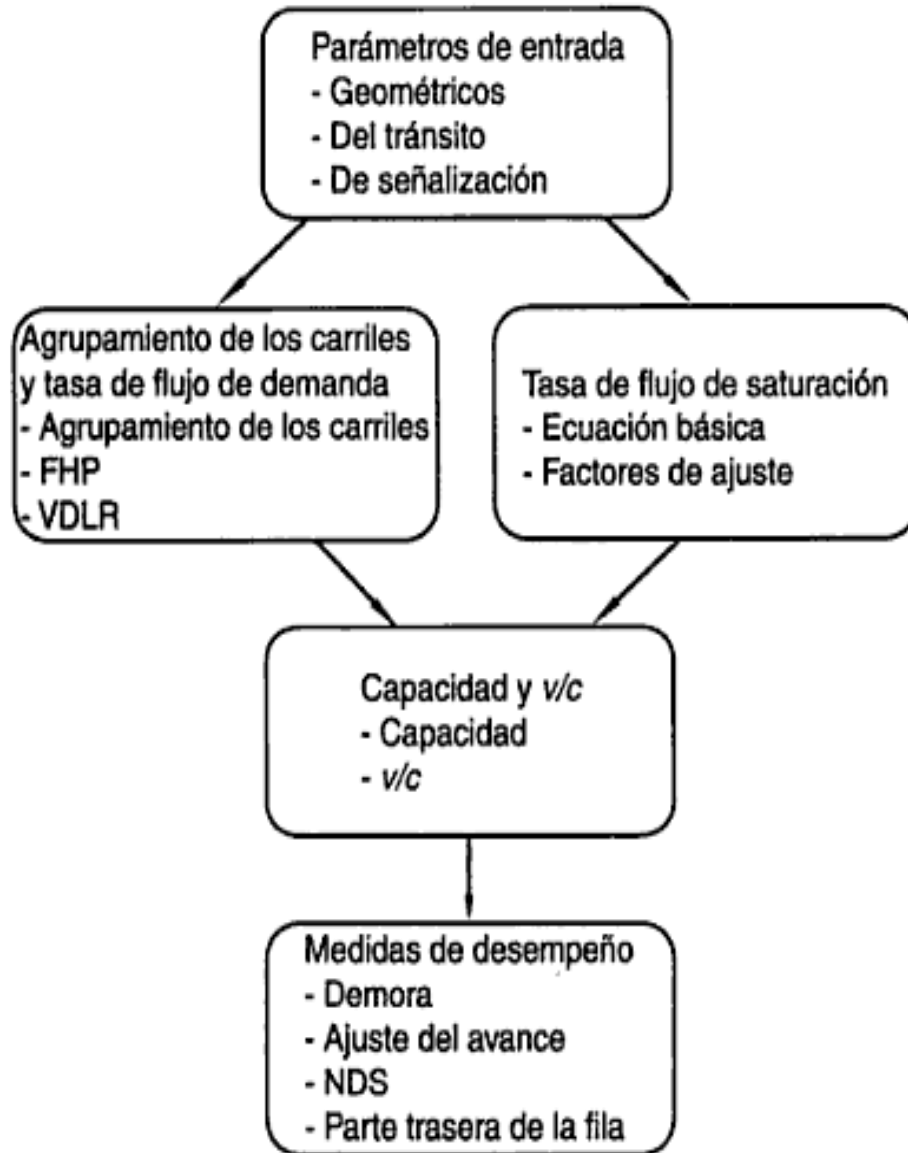


Figura 4.3 Metodología para intersecciones semaforizadas.

FUENTE: Anexo 16-1 Highway Capacity Manual 2000.

<i>Tipo de condición</i>	<i>Parámetro</i>
Condiciones geométricas	Tipo de área Número de carriles, $N$ Ancho promedio de carril (pies) Pendiente, $G$ (%) Existencia de carriles exclusivos para dar vuelta a la izquierda o a la derecha Longitud de bahía de resguardo, carril para dar vuelta a la izquierda o a la derecha, $L_s$ (pies) Estacionamiento
Condiciones del tránsito	Volumen de demanda por movimiento, $V$ (vehículos/hora) Flujo base de saturación, $s_s$ (vehículos de pasajeros/hora/carril) Factor de hora pico, $FHP$ Porcentaje de vehículos pesados, $VP$ (%) Flujo de peatones en el acceso, $v_{ped}$ (peatones/hora) Autobuses locales que paran en la intersección, $N_B$ (autobuses/hora) Actividad de estacionamiento, $N_m$ (maniobras/hora) Tipo de llegada, $TLL$ Proporción de vehículos que llegan con luz verde, $P$ Velocidad en el acceso, $S_A$ (millas/hora)
Condiciones de la señalización	Duración del ciclo, $C$ (s) Tiempo de luz verde, $G$ (s) Intervalo de despeje luz amarilla más cambio a luz roja con holgura (entre-verde), $Y$ (s) Operación actuada o a tiempo fijo Botón pulsador de los peatones Luz verde mínima para peatones, $G_p$ (s) Plan de fases Periodo de análisis, $T$ (horas)

Tabla 4.24 Necesidades de información para cada grupo de carriles que se analiza.

FUENTE: Anexo 16-3 Highway Capacity Manual 2000.

### Especificaciones de las condiciones geométricas.

La configuración física de la intersección se obtiene:

- Número de carriles
- Anchos de carriles
- Pendiente
- Ubicación del estacionamiento
- Movimiento en cada carril
- Longitud de bahía de resguardo



En la tabla 4.25 se muestra una hoja de trabajo para el desarrollo de estas.

HOJA DE TRABAJO PARA INFORMACION												
<b>Informacion General.</b>						<b>Informacion del Sitio</b>						
Analista	_____					Interseccion	_____					
Dependencia o compañía	_____					Tipo de Area	Neg. _____	Otros _____				
Fecha de realizacion	_____					Jurisdiccion	_____					
Periodo de Analisis	_____					Año de analisis	_____					
<b>Geometria de la Interseccion.</b>												
<b>Entradas de Volumen y Tiempo</b>												
	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD
Volumen, V (Veh./H)												
% de Vehiculos pesados, % HV												
Factor de Hora Pico, FHP												
Tiempo Fijo (P) o actuado (A)												
Inicio del Tiempo Perdido I1 (s)												
Ampliacion del tiempo efectivo de luz verde, e(s)												
Tipo de Llegada (AT)												
Volumen de peatones cerca, 2 Vped (p/h)												
Volumen de ciclistas cerca, 2 Vbic (bic/h)												
Estacionamientos (Y o N)												
Maniobras de estacionamientos, Nm (Man/h)												
Paradas de buses, Nb (Buse/h)												
Tiempo minimo para peatones, Gp (s)												
<b>Plan de faseamiento para el semaforo</b>												
	D	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	Φ6	Φ7	Φ8			
I												
A												
G												
R												
A												
M												
A												
TIEMPO DE FASE	G =	G =	G =	G =	G =	G =	G =	G =	G =			
	Y =	Y =	Y =	Y =	Y =	Y =	Y =	Y =	Y =			
Giros Protegidos				Giros permitidos Peatones				Longitud del ciclo C= _____ s				

**Tabla 4.25** Hoja de trabajo para información.

FUENTE: Anexo 16-20 Highway Capacity Manual 2000.

### **Especificaciones de las condiciones de tránsito.**

- Incluye el registro de los volúmenes horarios de los vehículos.

*Volumen de tránsito.*-Son las tasas de flujo para el periodo de análisis, que en general se toma como 15 minutos ( $T=0.25$ ).

*La demora* es influenciada marcadamente por la duración del periodo de análisis donde  $v/c$  es mayor que 0.9.

Los detalles del volumen de tránsito deben incluirse el porcentaje de vehículos pesados (%VP) en cada movimiento.

Los tipos de llegada

- **Tipo de llegada 1**, que representa la condición de llegada más adversa, es un pelotón denso que llega en el inicio de la fase de luz roja y contiene más del 80 por ciento del volumen del grupo de carriles.
- **Tipo de llegada 2**, se considera todavía desfavorable, consiste en un pelotón denso que llega a la mitad de la fase de luz roja.
- **Tipo de llegada 3**, se presenta en intersecciones aisladas y que no están interconectadas, se caracterizan por pelotones muy dispersos, lo que implica la llegada aleatoria de los vehículos.
- **Tipo de llegada 4**, que en general se considera una condición favorable del pelotón, puede ser un pelotón moderadamente denso que llega a la mitad de la fase de luz verde.
- **Tipo de llegada 5**, representa la mejor condición de llegada que frecuentemente se presenta.
- **Tipo de llegada 6**, representa una calidad excepcional de avance, es un pelotón muy denso que avanza a través de varias intersecciones cercanas con muy poco tránsito proveniente de las calles laterales.

Es necesario determinar, con tanta exactitud como sea posible, el tipo de llegada para la intersección que se considere

### **Especificaciones de las condiciones de señalización.**

- Deben especificarse los detalles del sistema de semáforos, incluye un diagrama de frases y la duración de las luces verde, amarilla y roja.
- El agrupamiento de carriles y la tasa de flujo de demanda.
  1. Ajuste de los volúmenes horarios para los 15 minutos de la hora punta.

Anteriormente, se vio que el análisis para el nivel de servicio, se basa en la tasa de flujo de los 15 minutos de la hora pico. Por tanto es necesario convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo de 15 minutos, dividiendo los volúmenes horarios entre el factor de hora pico (FHP).

2. La identificación de los diferentes grupos de carriles.

Deben identificarse los grupos de carriles en cada acceso y en cada intersección, como lo considera la metodología HCM.

3. El ajuste para dar vuelta a la derecha durante la luz roja.

Este ajuste puede reducirse por el volumen de vehículos que dan vuelta a la derecha durante la fase de luz roja

Esta reducción se hace en términos del volumen horario y antes de la conversión a tasas de flujo.

### **Ecuación base para el flujo de saturación.**

- El flujo de saturación ( $s$ ) depende de un flujo de saturación ideal ( $s_o$ ), que generalmente se toma como 1800 automóviles por hora, de tiempo de luz verde por carril.
- Este flujo de saturación ideal se ajusta a las condiciones prevalecientes, para obtener el flujo de saturación para el grupo de carriles que se está considerando.

### **El ajuste se hace**

- Número de carriles            - Ancho de carril
- Porcentaje de vehículos pesados - Pendiente de acceso
- Actividad de estacionamiento    - Vueltas a la derecha y a la izquierda

$$S = (S_o)(N)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_p)(f_a)(f_{bb})(f_{Lu})(f_{RT})(f_{LT})(f_{Lbb})(f_{Rpb})$$

*Ecuacion. 4.5*

*Dónde:*

$s$ =Flujo de saturación para el grupo de carriles considerado, expresado Como un total para todos los carriles en el grupo, bajo las condiciones Prevalecientes (vehículos/hora/grupo)

$s_o$ =flujo de saturación ideal por carril, generalmente tomado como 1900 (vehículos/hora/carril)

$N$ =número de carriles en el grupo de carriles

$f_w$ = factor de ajuste del ancho de carril

$f_{HV}$ =Factor de ajuste por vehículos pesados en el flujo vehicular.

$f_g$ =Factor de ajuste por pendiente de acceso

$f_p$ =Factor de ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento, adyacente al grupo de carriles y la actividad de estacionamiento en ese carril.

$f_a$ =Factor de ajuste por tipo de área (para el distrito de negocios, 0.90; para todas las otras áreas. 1.00)

$f_{bb}$ =Factor de ajuste por el efecto de obstrucción de autobuses, que paran dentro del área de la intersección

$f_{Lu}$ =Factor de ajuste por la utilización del carril

$f_{RT}$ =Factor de ajuste por las vueltas a la derecha en el grupo de carriles

$f_{LT}$ =Factor de ajuste por las vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

$f_{Lpb}$ =Factor de ajuste de peatones para los movimientos de vuelta a la izquierda

$f_{Rpb}$ = Factor de ajuste de peatones para los movimientos de vuelta a la derecha

En la Tabla 4.26 se muestra una hoja de trabajo para el ajuste de volumen y flujo de saturación.

Para la tasa de flujo de saturación es necesario utilizar las ecuaciones que están en la tabla 4.27, considerando las diversas variables que se encuentran involucradas.

<b>HOJA DE TRABAJO PARA AJUSTE DE VOLUMEN Y FLUJO DE SATURACION.</b>												
<b>Información General.</b>												
Descripción del Proyecto: Estudio de la Intersección Avenida Roosevelt y Carretera Ruta Militar												
<b>Ajuste de volumen</b>												
	ESTE			OESTE			SUR			NORTE		
	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD
Volumen, V (Veh./H)												
Factor de Hora Pico, FHP												
Flujo Ajustado												
Número de carriles												
Grupo de Carriles												
Flujo ajustado para grupo de carriles												
Proporción de giro a la izquierda												
Proporción de giro a la derecha												
<b>Tasa de Flujo de Saturación (Utilizar Tabla 4.27 para determinar los factores de ajuste)</b>												
Base Flujo de Saturación (So)												
Número de carriles, N												
Factor de ajuste del Ancho de Carril, Fw												
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv												
Factor de Ajuste por pendiente de acceso, Fg												
Factor de ajuste por carril de estacionamiento, Fp												
Factor de ajuste por obstrucción de buses, Fbb												
Factor de ajuste por tipo de área, Fa												
Factor de ajuste por utilización de carril, Flu												
Factor de ajuste por vuelta a la derecha en el grupo de carriles, FRt												
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda en el grupo de carriles, FLt												
Factor de ajuste de peatones para mov. De vuelta a la izquierda, FLpb												
Factor de ajuste de peatones para mov. De vuelta a la derecha, FRpb												
Ajuste del flujo de saturación, S												

**Tabla 4.26** Hoja de trabajo para ajuste de volumen y flujo de saturación.

**FUENTE:** Anexo 16-21 Highway Capacity Manual 2000.

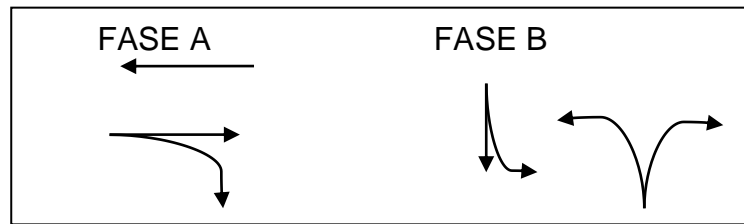
**Tabla 4.27** Factores de ajuste para el flujo de saturación

FUENTE: Anexo 16-7 Highway Capacity Manual 2000.

Factor	Formula	Definición de Variables	Notas
Ancho de Carril	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = Ancho de carril (m)	W ≥ 2.4 Si w > 4.8, Pueden considerarse un análisis de 2 carriles
Vehículos Pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(ET - 1)}$	% HV = % De vehículos Pesados por el grupo de carriles.	ET = 2.0 pc/HV
Pendiente de Acceso	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % pendiente de acceso en un grupo de carriles.	-6 ≤ % G ≤ +10 Negativo es cuesta abajo
Estacionamiento	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18Nm}{3600}}{N}$	N = Número de carriles en el grupo de carriles. Nm = Numero de maniobras en el estacionamiento	0 ≤ Nm ≤ 180 fp ≥ 0.050 fp = 1.00 para no parqueos.
Efecto de obstrucción de autobuses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4NB}{3600}}{N}$	N = Número de carriles en el grupo de carriles. NB = Numero de autobuses que se detienen	0 ≤ NB ≤ 250 Fbb ≥ 0.050
Tipo de Área	$f_a = 0.90$ en Negocios $f_a = 1.00$ en todas las otras area.		
Utilización de carriles	$f_{LU} = \frac{vg}{(vg1N)}$	Vg = Demanda de la tasa de flujo sin ajustar para el grupo de carriles veh/h. Vg1 = Demanda de la tasa de flujo sin ajustar sobre un carril en el grupo de carriles con el volumen más alto. N = Número de carriles en el grupo de carriles.	Los resultados pueden relejar para todos los carriles de los grupos de carriles definidos. Se usa fLu=0.95 para EB y OB y fLu=1.0 para NB y SB
Giro a la izquierda	Fase protegida Carril Exclusivo fLT = 0.95 Carril Compartido $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 PLT}$	PLT = Proporción del giro a la izquierda en el grupo de carriles	
Giro a la Derecha	Carril Exclusivo fRT = 0.85 Carril compartido fRT = 1.0 - (0.15)PRT Único Carril fRT = 1.0 - (0.135)PRT	PRT = Proporción de giro a la derecha en un grupo de carriles	fRT ≥ 0.050
Obstrucción de peatones y bicicletas	Ajuste Giro a la izquierda $f_{Lpb} = 1.0 - PLT(1 - A pbT)(1 - PLTA)$ Ajuste Giro a la Derecha $f_{Rpb} = 1.0 - PRT(1 - A pbT)(1 - PRTA)$	PLT = Proporción de giro a la izquierda en el grupo de carriles. ApbT = Ajuste de fase permitida. PLTA = proporción de giro a la izquierda protegido sobre el verde total. PRT = Proporción del giro a la derecha en el grupo de carriles. PRTA = Proporción de giro a la derecha protegido sobre la luz verde.	

### CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DEL NIVEL DE OPERACIÓN.

A continuación se presenta el procedimiento a efectuar mostrando los volúmenes de hora pico, el diseño geométrico, las maniobras del tránsito y las fases de los semáforos para la intersección.



*Figura 4.4 Fases que controlan los semáforos.*

**1. Condiciones Geométricas.**

- a. Se encuentra el volumen Horario (Veh/h)
- b. De la tabla 3.14 se encuentra el volumen horario, encontrando la intensidad vehicular al multiplicar el volumen de los 15 minutos pico por cuatro cuartos de hora, durante la hora punta que anteriormente se había determinado que es de 4:00 p.m. – 5:00 p.m. En la tabla 4.28 se muestra la nomenclatura a utilizar.

<b>NOMENCLATURA</b>			
<b>ESTE</b>		<b>OESTE</b>	
VI = Vuelta a la Izquierda		VI = Vuelta a la Izquierda	
F = Frente	A - B	F = Frente	B - A
VD = Vuelta a la Derecha	A - D	VD = Vuelta a la Derecha	
<b>SUR</b>		<b>NORTE</b>	
VI = Vuelta a la Izquierda	C - B	VI = Vuelta a la Izquierda	D - A
F = Frente	C - D	F = Frente	
VD = Vuelta a la Derecha		VD = Vuelta a la Derecha	D - B

*Tabla 4.28 Nomenclatura utilizada en el análisis de operación.*



**c. Porcentaje de Vehículos Pesados en cada dirección.**

Para determinar el porcentaje de los vehículos pesados de la tabla 3.14 se suman los flujos vehiculares durante la hora punta, así como también los vehículos pesados y se consideran los movimientos que se requieran necesarios, por ejemplo:

**DIRECCION ESTE**

- A – B

$$V_{\text{vehículos Totales Hora Punta}} = 1492$$

$$V_{\text{vehículos Pesados Hora Punta}} = 116$$

$$\% VP = (V_{\text{vehículos Pesados Hora Punta}} / V_{\text{vehículos Totales Hora Punta}}) \times 100\%$$

$$\% VP = 7 \%$$

A continuación en la Tabla 4.29 se muestran los porcentajes de vehículos pesados necesarios para el análisis de operación.

<b>ESTE</b>		<b>OESTE</b>	
DIRECCION	% VP	DIRECCION	% VP
A – B	7 %	B – A	7 %
A – D	0 %		
<b>SUR</b>		<b>NORTE</b>	
DIRECCION	% VP	DIRECCION	% VP
C – B	6 %	D – A	11 %
C – D	4 %	D - B	2 %

**Tabla 4.29** Porcentaje de Vehículos Pesados para el análisis de operación.

**d. Factor de Hora Pico**

En este caso el Factor de Hora Pico es 1.0 porque ya se tienen las intensidades vehiculares, caso contrario el Factor debería de ser el que se manejó anteriormente que es 0.90.

**e. Tiempo fijo (P) o Actuado (A)**

El tiempo será fijo.

**f. Inicio del Tiempo Perdido**

El tiempo perdido se considera de 2 segundos.

**g. Ampliación del Tiempo efectivo de luz verde.**

No hay ampliación del tiempo efectivo de luz verde.

**h. Tipo de Llegada**

Para la selección del tipo de llegada se toman en cuenta las experiencias en campo y debido a esto se concluye que el tipo de llegada es “3” ya que en este tipo de llegada, el pelotón tienen una llegada aleatoria.

**i. Volumen de Peatones y ciclistas cerca.**

No se consideran los flujos de peatones o ciclistas.

**j. Estacionamientos.**

En cuanto a los estacionamientos se consideran por el punto de taxis que está anexo a la intersección; a cada 15 minutos hay alrededor de 4 movimientos en este.

**k. Parada de Buses.**

Existe una parada de buses autorizada en la dirección ESTE (VD)

**I. Tiempo mínimo para peatones.**

No se consideran los tiempos para peatones.

En la tabla 4.30 se tabulan las condiciones geométricas de la intersección.

**2. Condiciones de Señalización.**

Los cálculos que se requieren para el módulo de volumen de ajuste, pueden desarrollarse con el empleo de la hoja de trabajo de ajuste de volumen, de la tabla 4.26

**a. Volumen Horario (Veh/h)**

El volumen horario es el que se encontró anteriormente y esta tabulado en la tabla 4.30.

**b. Factor de Hora Pico (FHP)**

Anteriormente se mencionó que el Factor de Hora Pico es de 1.0.

**c. Flujo Ajustado.**

En cuanto al flujo ajustado se encuentra dividiendo el Volumen Horario entre el Factor de Hora Pico, por ejemplo tomando los datos de la tabla 4.30 en la dirección Este, con rumbo al frente, se obtiene.

$$F_{\text{lujo Ajustado}} = 1696 / 1 = 1696\text{Veh.}$$

HOJA DE TRABAJO PARA INFORMACION														
Informacion General.						Informacion del Sitio								
Analista						Interseccion	Av. Roosevelt - Carretera Panamericana							
Dependencia o compañía						Tipo de Area	Neg. _____		Otros _____					
Fecha de realizacion						Jurisdiccion	San Miguel, El Salvador							
Periodo de Analisis						Año de analisis	2011							
<b>Geometria de la Interseccion.</b>														
<b>Entradas de Volumen y Tiempo</b>														
	ESTE			OESTE			SUR			NORTE				
	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD	VI	F	VD		
Volumen, V (Veh./H)	-	1696	76	-	852	-	340	172	-	32	-	156		
% de Vehiculos pesados, % HV	-	7	-	-	7	-	6	4	-	11	-	2		
Factor de Hora Pico, FHP	-	1	1	-	1	-	1	1	-	1	-	1		
Tiempo Fijo (P) o actuado (A)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P		
Inicio del Tiempo Perdido I1 (s)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Ampliacion del tiempo efectivo de luz verde, e(s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tipo de llegada (AT)	-	3	3	-	3	-	3	3	-	3	-	3		
Volumen de peatones cerca, 2 Vped (p/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Volumen de ciclistas cerca, 2 Vbic (bic/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Estacionamientos (Y o N)	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
Maniobras de estacionamientos, Nm (Man/h)	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Paradas de buses, Nb (Buse/h)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tiempo minimo para peatones, Gp (s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>Plan de faseamiento para el semaforo</b>														
D	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	Φ6	Φ7	Φ8						
I														
A														
G														
R														
A														
M														
A														
TIEMPO DE FASE	V = 25 A = 2	V = 10 A = 2	V = A =	V = A =	V = A =	V = A =	V = A =	V = A =	V = A =					
Giros Protegidos			Giros permitidos				Longitud del ciclo C=46 s							
			Peatones											
V = Verde    A = Amarillo    VI = Vuelta a la Izquierda    F = Frente    VD = Vuelta a la Derecha														

**Tabla 4.30** Condiciones Geométricas de la Intersección.

**d. Número de Carriles**

- En cuanto al número de carriles, para la dirección ESTE rumbo al Frente hay 2 carriles y el carril No 2 es compartido para el giro a la Derecha.
- En lo que respecta a la dirección OESTE se encuentran 2 carriles.
- Para la dirección SUR con vuelta a la izquierda hay 1 carril y para el rumbo al frente existe 1 carril.
- En la dirección NORTE solo hay 1 carril el cual es compartido para el giro a la derecha y el giro a la izquierda, en este caso para el análisis se le asigna al giro a la derecha ya que es el permitido y protegido.

**e. Grupo de carriles.**

La segmentación de la intersección en grupos de carril es un proceso relativamente simple que considera tanto la geometría de la intersección y la distribución de los movimientos de tráfico. En la figura 4.5 se muestran algunos movimientos por carril y el agrupamiento de los mismos

Numero de carriles	Movimientos por carril	Numero Posible de grupo de carriles.
1	IZQ. + FRE. + DER.	① UNICOS CARRILES
2	EXC. IZQ. FRE. + DER.	②
2	FRE. + IZQ. FRE. + DER.	① ②
3	EXC. IZQ. FRE. FRE. + DER.	② ③

**Figura 4.5** Factores importantes para los grupos de carriles.

FUENTE: Anexo 16.5 Highway Capacity Manual 2000.

✓ **Distribución del grupo de carriles.**

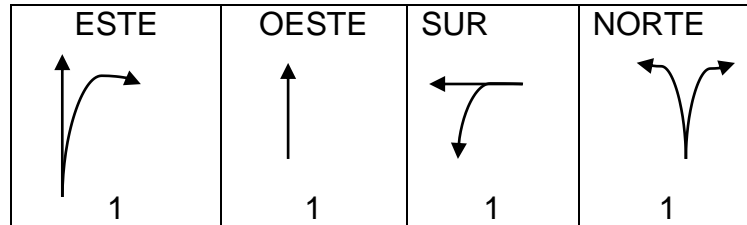


Figura 4.6 Distribución del grupo de carriles.

ESTE.

Grupo = 1 Controlando la dirección al frente (A-B) y al giro a la derecha (A- D).

OESTE

Grupo = 1 Controlando la dirección al frente (B-A).

SUR

Grupo = 1 Controlando la dirección al frente (C-D) y al giro a la Izquierda (C-B).

NORTE

Grupo = 1 Controlando el giro a la derecha (D-A) y el giro a la izquierda (D-B).

f. Flujo ajustado para el grupo de carriles.

Para encontrar el flujo ajustado para el grupo de carriles lo que se hace es que se suma el flujo ajustado de cada carril perteneciente al grupo de carriles, por ejemplo:

Dirección SUR ..... (Base tabla 4.30)

VI = 340veh.

F = 172veh.

Grupo de Carriles = 1

Flujo Ajustado para el grupo de carriles = VI + F

Flujo Ajustado para el grupo de carriles = 340 veh. + 172 veh. = 512veh.

**g. Proporción de giro a la izquierda.**

En lo que respecta a la proporción de giro a la izquierda se encuentra dividiendo el flujo de vehículos que giran a la izquierda entre el flujo ajustado para grupo de carriles, por ejemplo:

Dirección NORTE..... (Base tabla 4.30)

VI = 32veh.

Grupo de Carriles = 1

Flujo Ajustado para el grupo de carriles = 188veh.

Proporción de giro a la Izquierda = VI / Flujo ajustado para el grupo de carriles.

Proporción de giro a la Izquierda = 32 / 188 = 0.20

**h. Proporción de giro a la Derecha**

Para la proporción de giro a la Derecha es el mismo procedimiento del paso anterior a excepción que los datos que se consideran son los giros a la derecha.

Cuando ya se obtienen todos los datos anteriores se procede a calcular el flujo de saturación pero para ello es necesario encontrar los factores de ajustes que este utiliza, utilizando las formulas de la tabla 4.27 se logra determinar estos valores. Para ello el proceso a desarrollar es el siguiente:

**i. Base Flujo de Saturación.**

Como lo establece el HCM la base del flujo de saturación es de 1800 vehículos por carril. Este valor es ajustado por una variedad de condiciones

**ii. Número de Carriles.**

En las condiciones de señalización en el literal d. se establecen los números de carriles.

**iii. Factor de Ajuste del ancho de carril.**

El factor de ajuste de ancho por carril es calculado para medir el impacto negativo de los carriles angostos sobre la tasa del flujo de saturación para un incremento de la tasa de flujo en carriles anchos.

De la tabla 4.27 se utiliza la ecuación para el ajuste del ancho de carril, la cual se encuentra en la primera fila. Para encontrar este valor es necesario conocer el ancho de cada carril en análisis y considerando las dimensiones planteadas en el Anexo 1 se obtiene lo siguiente:

Dirección	W
A – B (E)	3.35
A – D (E)	3.35
B – A (O)	3.51
C – B (S)	4.65
C – D (S)	4.65
D – A (N)	4.57
D – B (N)	4.57

Tabla 4.31 Anchos de carriles por dirección tomado del plano 3.1

Para el análisis se utilizaran los datos de la Dirección (D-B ,NORTE)

$$f_w = 1 + \frac{(4.57 - 3.6)}{9}$$

$$f_w = 1.11$$



Estos datos se pueden encontrar en la tabla 4.33.

**iv.** Factor de Ajuste por vehículos pesados.

El factor de los vehículos pesados es para medir el espacio adicional ocupado por estos vehículos y para la diferencia en la capacidad de operación de estos comparados con los vehículos livianos. El factor de vehículo equivalente (ET) usado para cada vehículo pesado es 2.0

En la tabla 4.29 se muestran los porcentajes de vehículos pesados en las direcciones en análisis.

Utilizando la ecuación de la tabla 4.27 para vehículos pesados y considerando la indicación de que el valor de ET = 2.0 pc/HV. Se calcula el factor tomando en cuenta la dirección de análisis de (D-A, NORTE)

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 11(2 - 1)}$$
$$f_{HV} = 0.90$$

Se efectúa el mismo procedimiento para las otras direcciones y se tabulan en la tabla 4.33.

**v.** Factor de ajuste por pendiente de acceso.

Se utiliza la fórmula que está en la tabla 4.27 y como se mencionó anteriormente el terreno es plano, las pendientes para cada acceso se tabulan en la tabla 4.32

<b>Dirección</b>	<b>G (%)</b>
A – B (E)	2
A – D (E)	2
B – A (O)	2
C – B (S)	4
C – D (S)	4
D – A (N)	4
D – B (N)	4

**Tabla 4.32** Pendientes para las direcciones.

Para el análisis se consideran los datos de la dirección (C-D, SUR).

$$fg = 1 - \frac{4}{200}$$

$$fg = 0.98$$

Para las otras direcciones se efectúa el mismo procedimiento y se tabulan en la tabla 4.33.

**vi.** Factor de ajuste por carril de estacionamiento.

El factor de ajuste de estacionamiento mide el efecto de la fricción en los carriles de estacionamiento sobre el flujo en un grupo adyacente de carriles.

Para ello se utiliza la fórmula que se encuentra en la tabla 4.27. El estacionamiento se encuentra en la dirección A-B que corresponde a un punto de taxis.

En la tabla 4.30 se tabulan el número de maniobras que acá se efectúan, dicho dato es de 16 maniobras cada hora.

$$Nm = 16$$

$$N = 2$$

$$fp = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 \times 16}{3600}}{2}$$

$$fp = 0.91$$

Donde no hay parqueos se utiliza un valor de  $fp = 1.0$

**vii.** Factor de ajuste por obstrucción de buses.

El factor de ajuste por obstrucción de buses, mide el impacto del tránsito local de los buses que paran para descargar pasajeros cerca de la acera o lejos de la acera de la parada de buses.

Para encontrar este factor se utiliza la fórmula que está en la tabla 4.27. Existe una parada de buses que está en la dirección Este (VD)

Con el estudio de tránsito se determina el número de buses que usan la parada, y efectuando este análisis se obtiene:

NB = 37 durante una hora

N = 2

$$fbb = \frac{2 - \frac{14.4(37)}{3600}}{2}$$
$$fbb = 0.93$$

**viii.** Factor de ajuste por tipo de área.

El factor de ajuste del tipo de área a utilizar es de 1.0

**ix.** Factor de ajuste por utilización de carril

En la tabla 4.27 nos indica que el valor a utilizar en el Este y Oeste es de 0.95 y para las direcciones Norte y Sur es de 1.0. Sin embargo si se prefiere se puede utilizar la fórmula establecida en la misma tabla.

**x.** Factor de ajuste por vuelta a la derecha en el grupo de carriles.

Para determinar este factor se consideran las sugerencias que están en la tabla 4.27, donde establece formulas cuando el carril es exclusivo, compartido o único. En este caso el carril es compartido, así que el valor se encuentra por medio de la ecuación correspondiente.

PRT = 0.04 (Este dato se determina utilizando el procedimiento del paso h.)

$$fRT = 1 - (0.15)(0.04)$$

$$fRT = 0.99$$

**xi.** Factor de ajuste por vuelta a la izquierda en el grupo de carriles.

Al igual que en el paso anterior, se consideran las sugerencias que están en la tabla 4.27, donde establece formulas cuando el carril es exclusivo o compartido. También acá el carril es compartido, así que el valor se encuentra por medio de la ecuación correspondiente.

PLT = 0.70 (Este dato se determina utilizando el procedimiento del paso g.)

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05 (0.7)}$$

$$f_{LT} = 0.97$$

**xii.** Factor de ajuste de peatones y bicicletas.

No se consideran los flujos de peatones ni ciclistas.

**xiii.** Flujo de Saturación.

Utilizando la ecuación 4.5, se determina el flujo de saturación incluyendo los datos encontrados en los pasos anteriores.

Para mejor comprensión se efectuara el cálculo de la dirección ESTE con rumbo al Frente.

$$S = (1800)(2)(1)(0.93)(0.99)(0.91)(1)(1)(0.95)(0.99)$$

$$S = 2837$$

A continuación en la tabla 4.33 están todos los datos que ayudan a determinar el flujo de saturación.

<b>HOJA DE TRABAJO PARA AJUSTE DE VOLUMEN Y FLUJO DE SATURACION.</b>												
<b>Informacion General.</b>												
Descripcion del Proyecto: Estudio de la Interseccion Avenida Roosevelt y Carretera Ruta Militar												
<b>Ajuste de volumen</b>												
	ESTE			OESTE			SUR			NORTE		
	IZQ.	F	DER.	IZQ.	F	DER.	IZQ.	F	DER.	IZQ.	F	DER.
Volumen, V (Veh./H)	-	1696	76	-	852	-	340	172	-	32	-	156
Factor de Hora Pico, FHP	-	1	1	-	1	-	1	1	-	1	-	1
Flujo Ajustado	-	1696	76	-	852	-	340	172	-	32	-	156
Numero de carriles	-	2	0	-	2	-	1	1	-	1	-	1
Grupo de Carriles	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1
Flujo ajustado para grupo de carriles		1772			852			512				188
Proporcion de giro a la izquierda		-			-		0.7	-		0.2		
Proporcion de giro a la derecha			0.04									0.83
<b>Tasa de Flujo de Saturacion (Utilizar Tabla 4.27 para determinar los factores de ajuste)</b>												
Base Flujo de Saturacion (So)		1800			1800		1800					1800
Numero de carriles, N		2			2		2					1
Factor de ajuste del Ancho de Carril, Fw		1			1		1.1					1.1
Factor de ajuste por vehiculos pesados, Fhv		0.93			0.93		0.94					0.98
Factor de Ajuste por pendiente de acceso, Fg		0.99			0.99		0.98					0.98
Factor de ajuste por carril de estacionamiento, Fp		0.91			1		1					1
Factor de ajuste por obstruccion de buses, Fbb		1			1		1					1
Factor de ajuste por tipo de area, Fa		1			1		1					1
Factor de ajuste por utilizacion de carril, Flu		0.95			0.95		1					1
Factor de ajuste por vuelta a la derecha en el grupo de carriles, FRt		0.99										0.87
Factor de ajuste por vuelta a la izquierda en el grupo de carriles, FLt							0.97					0.99
Factor de ajuste de peatones para mov. De vuelta a la izquierda, FLpb												
Factor de ajuste de peatones para mov. De vuelta a la derecha, FRpb												
Ajuste del flujo de saturacion, S		2837			3149		3539					1638

**Tabla 4.33** Ajuste de Volúmenes y Flujo de Saturación.

#### 4.7.2.2 CAPACIDAD

La capacidad en una intersección señalizada, está dada por cada grupo de carriles y se define como la tasa máxima de flujo que puede cruzar la intersección, por cada grupo de carriles que se considera, de acuerdo con las condiciones prevalecientes de tránsito, de la vía y de la señalización. La capacidad se da en vehículos por hora (veh/h), pero se basa en el flujo durante un periodo pico de 15 minutos.

Por lo tanto la capacidad se aplica solamente a los movimientos o accesos principales de la intersección. Es necesario que tanto el nivel de servicio como la capacidad se analicen por separado cuando se estén evaluando las intersecciones semaforizadas.

La tasa de flujo de saturación es la tasa máxima de flujo que puede atravesar la intersección desde un acceso o en el grupo de carriles, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y de la vía, cuando se dispone del 100 por ciento del tiempo efectivo de luz verde. La tasa de flujo de saturación está dada en unidades de vehículos/hora (veh/h) del tiempo efectivo de luz verde.

La capacidad de un acceso o de un grupo de carriles está dada como

$$C_i = s_i \left( \frac{g_i}{C} \right) \quad \text{Ecuacion 4.6}$$

Donde

$C_i$ = Capacidad del grupo  $i$  de carriles (vehículos/carriles)

$S_i$ =Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso  $i$

$(g_i/c)$ =Razón de luz verde para el grupo de carriles o el acceso  $i$

$g_i$ =Luz verde efectiva para el grupo de carriles  $i$  o el acceso  $i$

$C$ =Duración del ciclo

Generalmente se denomina a la relación de flujo a capacidad ( $v/c$ ) como el grado de saturación y puede expresarse como

$$(v/c)_i = X_i = \frac{v_i}{s_i \cdot g_i / C} \quad \text{Ecuacion 4.7}$$

Dónde:

$X_i$ =Razón (v/c) para el grupo de carriles o el acceso i.

$V_i$ =Tasa verdadera de flujo o demanda proyectada para el grupo de carriles o el acceso i (vehículos/hora).

$S_i$ =Flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso i (vehículos/hora).

$G_i$ =Tiempo efectivo de luz verde para el grupo de carriles i o el acceso i (segundos).

Puede verse que cuando la tasa de flujo es igual a la capacidad, es igual a 1.00.

Cuando toda la intersección es evaluada con respecto a su geometría y relación al tiempo total del ciclo, se usa el concepto de la razón crítica volumen a capacidad. La razón crítica (v/c) se obtiene para toda la intersección, pero considera solamente los accesos o los grupos de carriles críticos, que son aquellos que tienen la razón máxima de flujo (v/s), para cada fase.

Por ejemplo, en una intersección señalizada de dos fases, si el acceso norte tiene una razón (v/s) más alta que el acceso sur, se requerirá más tiempo para los vehículos que atraviesan la intersección desde el acceso norte, durante la fase de luz verde para la dirección norte-sur, y la duración de la fase estará basada en el tiempo de la luz verde requerido para el acceso norte. Por tanto el acceso norte será el crítico para la fase norte-sur.

La razón crítica v/c para toda la intersección está dada como

$$X_c = \sum_i (v/s)_i c_i \frac{C}{C - L} \quad \text{Ecuacion 4.8}$$

Dónde:

$X_c$ =Razón crítica v/c para la intersección

$\sum_i (v/s) c_i$  =Sumatoria de las razones de los flujos actuales a flujo de saturación, para todos los carriles, grupos o accesos

$C$ =Duración del ciclo (segundos)

$L$ =Tiempo total perdido por ciclo, calculado como la suma del tiempo perdido ( ), para cada fase crítica,  $L = \sum_i tL$

En forma alterna, esta ecuación puede usarse para obtener un indicador general que permita determinar la razón crítica (v/c) mediante la sustitución de la duración del ciclo máximo permitido para la jurisdicción. Cuando la razón crítica (v/c) es menor que 1.00, la duración del ciclo asignada es adecuada para todos los movimientos críticos que atraviesan la intersección, si el tiempo de luz verde está distribuido en forma proporcional entre las diferentes fases.

Si el tiempo total de luz verde no está apropiadamente distribuido en las fases, es posible tener una relación crítica (v/c) menor que 1.00, pero con uno o más movimientos sobresaturados dentro del ciclo.

### DEMORA UNIFORME

La demora Uniforme se determina como:

$$d_{li} = 0.50 C \frac{1 - (g_i/C)^2}{(1 - g_i/C)[\min(X_i, 1.0)]} \quad \text{Ecuacion 4.9}$$

Dónde:

$d_{li}$ = demora uniforme (segundos/vehículos para el grupo de carriles i)

$C$ = duración del ciclo (segundos)

$G_i$ = tiempo efectivo de luz verde para carriles

$X_i$ = razón (v/c) para grupo de carriles i



### **DEMORA POR INCREMENTOS.**

La demora por incrementos se determina:

$$d_{2i} = 900 T \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8k_i l_i X_i}{c_i T}} \right] \quad E4.10$$

Dónde:

$d_{2i}$ = demora por incrementos (seg/vehículos) para el grupo de carriles i

$c_i$ = capacidad del grupo de carriles i (veh/hr)

T= duración del periodo de análisis (hr)

$K_i$ =factor de demoras por incrementos que depende de las órdenes del controlador

$l_i$ =factor de ajuste de la permeabilidad o filtración antes de la intersección.

$X_i$ =razón v/c para el grupo de carriles i.

### **DEMORA DE LA DEMANDA RESIDUAL**

Esta demora se presenta como resultado de una demanda no satisfecha de vehículos  $Q_b$  presente al inicio del periodo de análisis T. Es decir, existe un evento residual de duración  $Q_b$  al inicio del periodo de análisis.

El modelo de retardo para los casos I y II se basa en el supuesto de que no hay cola inicial al comienzo del período de análisis de la duración de T. En los casos donde  $X > 1.0$  para un periodo de 15 minutos, el período siguiente se inicia con una cola inicial. Esta cola inicial se conoce como  $Q_b$ , en los vehículos.  $Q_b$  se observa en el inicio de los números de periodos rojos y excluye cualquier vehículo en la cola al azar, ciclo a ciclo de fluctuaciones en la demanda (cola de desbordamiento debido a fallas en el ciclo). Cuando los vehículos  $Q_b \neq 0$ , llegando en el período de análisis experimentarán una demora adicional debido a la presencia de una cola inicial. La magnitud de este retraso adicional depende de varios factores, incluyendo el tamaño de la

cola inicial, la duración del período de análisis, y el volumen de capacidad de relación durante el período de análisis. El término cola de un retraso inicial se designa  $d_3$ .

Al calcular esta demanda residual, será aplicable uno de los siguientes cinco casos:

**Caso 1:**  $Q_b = 0$ , el periodo de análisis es no saturado.

**Caso 2:**  $Q_b = 0$ , el periodo de análisis de sobresaturado.

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

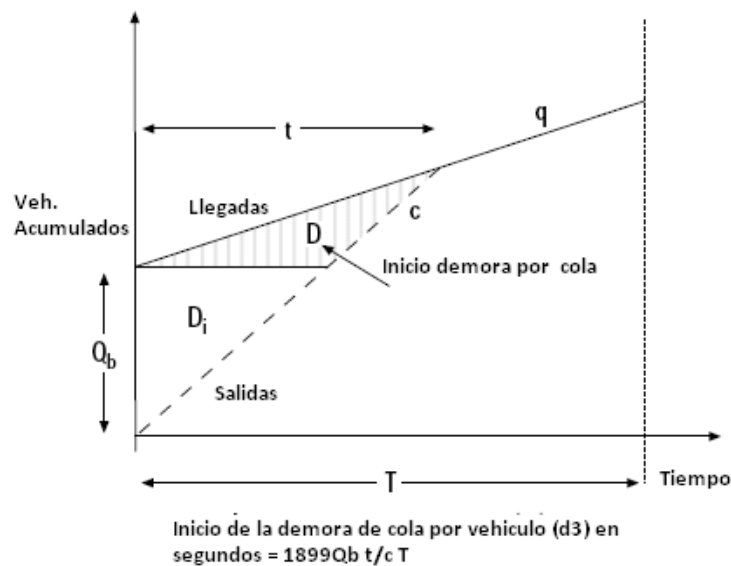


Figura 4.7 Caso III: Inicio de la demora de cola con la cola inicial limpia durante  $T$

FUENTE: Anexo F16-1 Highway Capacity Manual 2000.

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

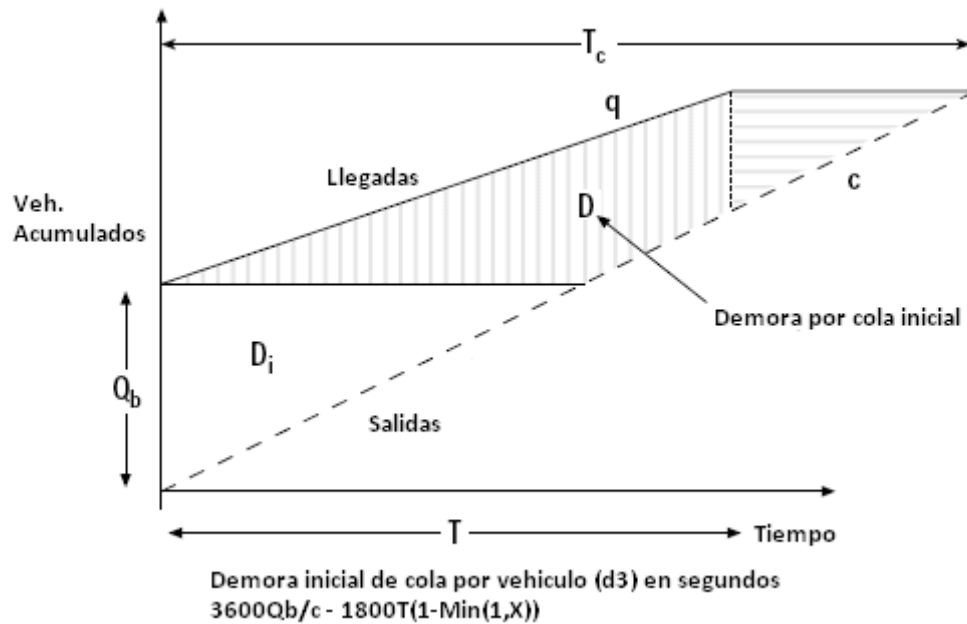


Figura 4.8 Caso IV: Inicio de la demora de cola con la cola inicial disminuyendo durante T.

FUENTE: Anexo F16-2 Highway Capacity Manual 2000

El retraso total de la cola inicial debido a una cola inicial que se haya incurrido en el promedio ciclo se presenta como el área sombreada, el término D representa el retraso experimentado por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis, incluyendo el retraso que se experimenta en períodos de tiempo posteriores

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

La demanda residual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$d_{3i} = \frac{1800 Q_{bi} (1 + u_i) t_i}{c_i T} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Dónde:

$Q_{bi}$  = demanda no satisfecha al inicio del periodo

$c_i$  = capacidad del grupo de carriles ajustada por vehículos/hora

T = duración del periodo de análisis (horas)

$T_i$ =duración de la demanda no satisfecha en  $T$  para el grupo de carriles  $i$  (horas)

$U_i$ = parámetro de demora para el grupo de carriles  $i$

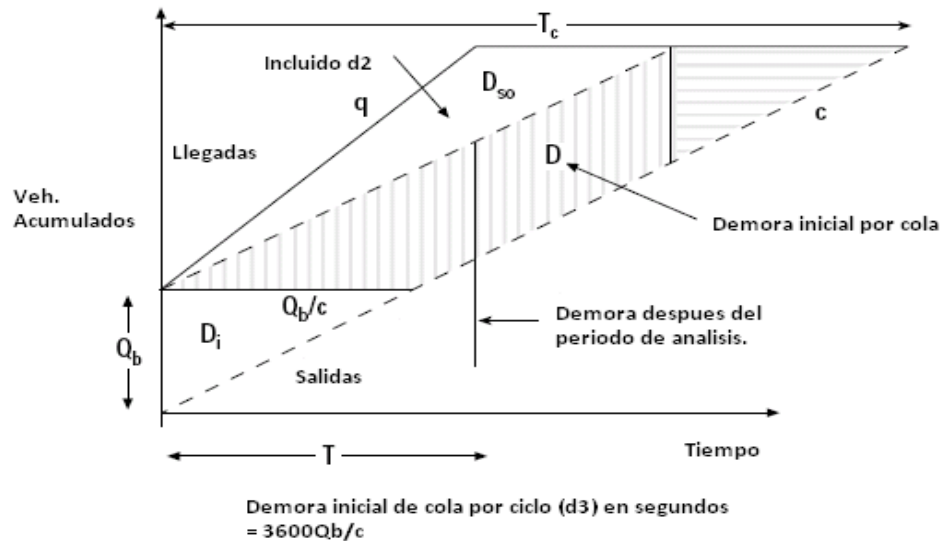


Figura 4.9 Caso V: Inicio de la demora de cola con la cola inicial incrementando durante  $T$

FUENTE: Anexo F16-3 Highway Capacity Manual 2000

### DEMORA TOTAL

Para el grupo de carriles  $i$  esta dado como

$$d_i = d_{1i} PF + d_{2i} + d_{3i} \quad \text{Ecuacion 4.12}$$

**Dónde:**

- $d_i$ = la demora promedio por vehículo para un grupo de carriles dado
- $PF$ = factor de ajuste de demora uniforme para la calidad del avance
- $d_{1i}$ =componente de la demora del control uniforme suponiendo una llegada uniforme

$d_{2i}$ = componente de la demora por incremento de los carriles  $i$ , sin demanda residual al inicio del periodo de análisis  $T$

$d_{3i}$ = demora de la demanda residual para el grupo de carriles  $i$

### DEMORA EN EL ACCESO

Podemos especificar la demora promedio para cualquier acceso, como el promedio ponderado de las demoras de todos los grupos de carriles para ese acceso la cual está dada por:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{iA} v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i} \quad \text{Ecuacion 4.13}$$

Dónde:

$d_A$ = demora para el acceso A (seg/vehículos)

$d_{iA}$ = demora ajustada para el grupo de carriles  $i$  en el acceso A (seg/vehículo)

$V_i$ = tasa de flujo ajustada para el grupo de carriles  $i$  (vehículo/hora)

$n_A$ = número de grupos de carriles en el acceso A.

### DEMORA EN LA INTERSECCIÓN.

El promedio ponderado de las demoras en todos los accesos es la demora promedio en la intersección la cual está dada como:

$$d_I = \sum_{A=1}^{A_n} \frac{(d_A v_A)}{\sum_{A=1}^{A_n} v_A} \quad \text{Ecuacion 4.14}$$

Dónde:

$d_I$ = demora promedio para intersección (seg/vehículos)

$d_A$ = demora ajustada para el acceso A (seg/vehículos)

$v_A$ = tasa de flujo ajustada para el acceso A (vehículos/hora)

$A_n$ = número de accesos en la intersección.

## **PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD.**

Para el análisis de la capacidad se lleva a cabo un procedimiento similar al del nivel de operación, la realización del mismo se tabula para obtener una mejor comprensión. El análisis a seguir es el siguiente:

### **1. Fase.**

En este paso lo que se hace es colocar el nombre de la fase, estos se encuentran en la figura 4.4, donde indica la dirección de la fase.

### **2. Ciclo de fase**

En el ciclo de fase se coloca la duración de la fase, estos datos se encuentran en la siguiente tabla.

<b>MOVIMIENTO D-A Y D-B (Fase B)</b>										
	DURACION (Seg)									
<b>ROJO</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>AMARILLO</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>VERDE</b>	10	11	10	9	9	10	10	10	10	10
<b>MOVIMIENTO C-D Y C-B (Fase B)</b>										
	DURACION (Seg)									
<b>ROJO</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>AMARILLO</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>VERDE</b>	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>MOVIMIENTO B-A (Fase A)</b>										
	DURACION (Seg)									
<b>ROJO</b>	17	17	17	17	20	17	17	17	17	17
<b>AMARILLO</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>VERDE</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>MOVIMIENTO A-B Y A-D (Fase A)</b>										
	DURACION (Seg)									
<b>ROJO</b>	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
<b>AMARILLO</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>VERDE</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

**Tabla 4.34** *Tiempos de los semáforos para las dos fases*

En la figura 4.10 se puede observar las fases de todos los semáforos, figura que más adelante se explica su utilización.

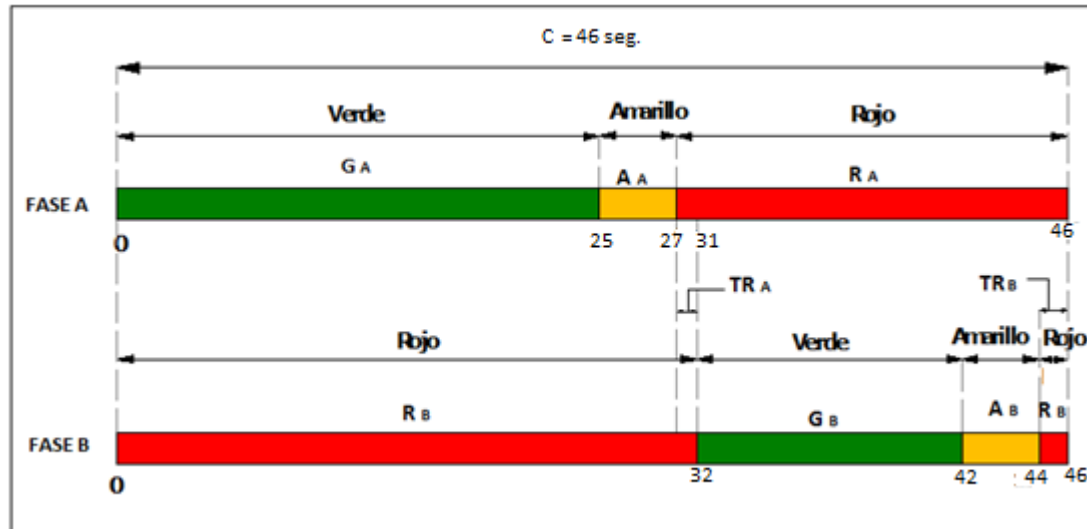


Figura 4.10 Tiempos de los semáforos del año 2011.

### 3. Tasa de flujo ajustado.

La tasa de flujo a utilizar es la que esta mostrada en la tabla 4.33, el cual se determina utilizando el paso “f” de las condiciones de señalización, por ejemplo para la dirección SUR la tasa de flujo ajustado es de 512veh.

### 4. Tasa de flujo de saturación.

La tasa del flujo de saturación es el mismo que se encuentra en el paso “xiii” de las condiciones de señalización y que están tabulados en la tabla 4.33. Por ejemplo, para la dirección NORTE la tasa de flujo de saturación es de 1638 veh.

### 5. Tiempo Perdido (tl)

Anteriormente se había mencionado que el tiempo perdido es de “2 segundos”.

### 6. Verde Efectivo

Para determinar el verde efectivo se utiliza la ecuación 4.16.



$$g_i = G_i + Y_i - tL \quad \text{Ecuacion 4.15} \quad \text{Verde Efectivo}$$

Dónde:

$G_i$  = Es el tiempo que dura el semáforo con la luz verde.

$Y_i$  = Es el tiempo que dura el semáforo con la luz amarilla.

$tL$  = Es la duración del tiempo perdido.

Utilizando los datos de la tabla 4.34 se determina el verde efectivo para cada grupo de carriles.

Si se considera la dirección OESTE se obtiene:

$G_i = 25$  segundos

$Y_i = 2$  segundos

$tL = 2$  segundos

$$g_i = 25 + 2 - 2 = 25$$

## 7. Relación de Luz verde.

Para encontrar la relación de luz verde es necesario dividir el verde efectivo entre la duración del ciclo. Por ejemplo si se consideran los datos para la dirección ESTE se obtiene:

$T_{\text{tiempo Luz verde}} (G_{iA}) = 25$  segundos

$T_{\text{tiempo Perdido}} (t_l) = 2$  segundos

$L_{\text{Luz Amarilla}} (Y_i) = 2$  segundos

$L_{\text{longitud del ciclo}} (C) = 46$  segundos

$$\frac{g}{c} = \frac{25 \text{ segundos}}{46 \text{ segundos}} = 0.54$$

**8. La capacidad del grupo de carriles.**

Es importante conocer la capacidad del grupo de carriles, este se determina utilizando la ecuación 4.7 descrita anteriormente. Por ejemplo para la dirección SUR la capacidad del grupo de carriles se obtiene:

$$T_{\text{asa de flujo de saturación}} = 3539 \text{ veh.} \qquad R_{\text{elación de luz verde}} = 0.22$$

$$c = 3539 (0.22) = 779 \text{ veh.}$$

**9. Grado de saturación.**

El grado de saturación se encuentra utilizando la ecuación 4.8.

Si se consideran los datos del paso anterior se obtiene:

$$V_i = 512 \qquad c_i = 779$$

$$(v/c)_i = \frac{512}{779} = 0.66$$

La siguiente tabla presenta los valores del nivel de servicio asociados al grado de saturación.

<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Grado de Saturación (X)</b>
A	$X \leq 0,60$
B	$0.60 \leq X \leq 0.70$
C	$0.70 \leq X \leq 0.80$
D	$0.80 \leq X \leq 0.90$
E	$0.90 \leq X \leq 1.00$
F	$1 \geq X$

**Tabla 4.35** Valores del nivel de servicio, Asociados al Grado de Saturación.

*FUENTE: Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board*

### 10. Relación del flujo.

Cuando estos datos ya se encuentran tabulados se procede a determinar la relación de flujo, el cual se determina por la siguiente ecuación

$$\left(\frac{v}{s}\right) = \frac{\text{Tasa de Flujo ajustada } (v)}{\text{Tasa de Flujo de Saturación } (s)}$$

*Ecuación 4.16 Relación de flujo*

Para la Dirección NORTE la relación de flujo es:

$$T_{\text{asa de Flujo Ajustada}} = 188$$

$$T_{\text{asa de Flujo de Saturación}} = 1638$$

$$\left(\frac{v}{s}\right) = \frac{188}{1638} = 0.11$$

### 11. Grupo de carriles críticos en cada fase de tiempo.

Para determinar el grupo de carriles crítico se consideran los grupos que tengan el mayor grado de saturación para cada fase. En este caso para la fase A el grupo de carril crítico es el que lleva la dirección ESTE y para la Fase B es el de la dirección SUR.

### 12. Suma de la tasa de flujo para carriles críticos.

La suma de la tasa de flujo para carriles críticos consiste en sumar la relación de flujo de los carriles críticos, por ejemplo:

$$(v/s) \text{ ESTE} = 0.62 \quad (v/s) \text{ SUR} = 0.14$$

$$Y_c = \left(\frac{v}{s}\right) E + \left(\frac{v}{s}\right) S = 0.62 + 0.14 = 0.77$$

### 13. Tiempo total perdido por ciclo.

El tiempo total perdido por ciclo es la suma del tiempo perdido más el tiempo de la luz amarilla.

### 14. Razón crítica.

Para determinar la razón crítica se utiliza la ecuación 4.9 y por ello se obtiene:

$$C = 46 \text{ segundos}$$

$$L = t_l + Y_i = 4 \text{ segundos}$$

$$X_c = 0.75 \frac{46}{46 - 4} = 0.82$$

### 15. Demora Uniforme.

Se utilizan los valores en la dirección ESTE.

Se determina la demora uniforme utilizando la ecuación 4.10.

$$C = 46 \text{ segundos}$$

$$g_i/C = 0.543$$

$$X = 1.15$$

$$d_{li} = 0.50 (46) * \frac{(1 - 0.543)^2}{(1 - 0.543)[1]} = 10.5 \text{ s.}$$

### 16. Calibración de retraso incremental, K

El término de calibración “K” es utilizado para incorporar el efecto del controlador en el retraso. Para las señales pre cronometradas se utiliza un valor de  $k=0.50$ , el cual se basa adelante en un proceso de colas con las llegadas aleatorias y el servicio uniforme equivalente para la capacidad del grupo de carriles. La reducción de retraso depende en parte de la extensión de la unidad del controlador y la proporción predominante v/c. la investigación reciente indica esas extensiones de la unidad y da como resultado valores inferiores de “k” y

“d2”. Sin embargo, cuando v/c se acerca a 1.0, un controlador accionado tendera a comportarse en cierto modo parecido a un controlador pre cronometrado. Los valores recomendables se encuentran en la tabla 4.36

Unidad de Extensión (s)	Grado de Saturación (X)					
	≤ 0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
≤ 2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Movimiento poco accionado	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

**Tabla 4.36** Valores recomendados de k para grupos de carriles bajo control actuado y a tiempo fijo.

FUENTE: Anexo 16.3, Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board.

Para determinar el valor de “k” se considera el grado de saturación existente en el grupo de carriles con una extensión de 2 segundos.

### 17. Demoras por incrementos

Para encontrar la demora de incrementos se utiliza la ecuación 4.11 utilizando los valores de la dirección SUR

$$X = 0.67 \quad k = 0.13 \quad c = 769 \quad T = 0.25$$

Para el valor de I se utiliza como base la tabla 4.37, y según el grado de saturación así es el valor que se considera.

<b>Grado de saturación para las intersecciones</b>							
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥ 1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.65	0.50	0.314	0.09

Tabla **4.37** Valores Recomendados para I en las intersecciones.

FUENTE: Anexo 15.7, Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research

La demora obtenida es:

$$d2i = 900(0.25) \left[ (0.67 - 1) + \sqrt{(0.67 - 1)^2 + \frac{8(0.13)(0.769)(0.67)}{769 * 0.25}} \right] = 0.95 \text{ s}$$

El término incremental de ajuste de retraso da razón midiendo llegadas en la intersección de estudio. Si lo más cercano es 1.0 km o más fuera del movimiento sujeto en la intersección de estudio, se utiliza el valor de 1.0.

### 18. Retraso inicial en la cola.

Se considera el caso 4 donde la demora por la cola de inicio va disminuyendo durante el periodo T, es por ello que se utiliza la ecuación planteada en la Figura 4.7 (Caso IV) para ello se utilizan los datos siguientes:

En la tabla 4.38 se muestran los vehículos acumulados en las direcciones en análisis, dichos datos se obtuvieron en campo en el periodo de la hora punta. Además se presentan las siguientes figuras en las cuales se observan las colas existentes.



*Figura 4.11 Colas generadas en la rama A*

En la figura 4.11 se puede observar el volumen acumulado que se genera tanto para el movimiento de A-B y movimiento B-C, dicha acumulación se genera por que la capacidad de los semáforos es insuficiente para la demanda, generando así colas residuales.



*Figura 4.12 Cola que se genera en la rama C.*

Las colas residuales en la rama C son menores que para A y B ya que el volumen de llegada para esta son menores siendo aún considerable ya incluso tiene un alto flujo de vehículos pesados como lo podemos ver en la figura.





*Figura 4.13 Cola que se genera en la rama D.*

La figura 4.13 evidencia la poca demanda que cuenta en la rama D, además se puede observar el poco volumen de llegada existente que a pesar que cuenta con un hueco menor de salida aun así es suficiente para no generar colas prolongadas ni residuales.

Todo lo anterior es el motivo por el cual se pretende dar una solución a corto y mediano plazo y sobretodo una solución económica.

Dirección	Longitud de Cola	Qb
Este	610 m	100
Oeste	366 m	60
Sur	275 m	45
Norte	43 m	7

**Tabla 4.38** Vehículos acumulados durante los 15 min. de la hora punta

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$d_3 = 3600 \left( \frac{Qb}{c} \right) - 1800 T (1 - (Min (1, X)))$$

*Ecuacion 4.17 Demora por cola inicial utilizando caso IV*

Donde

Qb = Vehículos Acumulados,

c = Capacidad del grupo de carriles ajustado.

T = Tiempo de análisis

X = Razón

Utilizando datos para la dirección ESTE tenemos:

$$Qb = 100 \qquad c = 1542 \qquad T = 0.25 \qquad X = 1.15$$

$$d_3 = 3600 \left( \frac{100}{1542} \right) - 1800 (0.25)(1 - 1) = 233$$

### 19. Factor de ajuste de progresión, PF

La buena progresión de la señal dará como resultado una proporción alta de vehículos llegando en la fase verde de retraso. La progresión escasa de la

señal dará como resultado una proporción baja de vehículos llegando en la fase verde. El factor de ajuste de progresión, PF, se aplica a todo los grupos de carriles incluyendo los controlados y los carriles pocos usados se agrupan dentro de sistemas de control semiaccionados. La progresión primordialmente afecta el retraso uniforme, y por esta razón, el ajuste es aplicado sólo para d1. Para determinar el PF a utilizar se toma en cuenta la tabla 4.39, considerando el tipo de llegada y la relación de (g/C). Anteriormente se había determinado que el tipo de llegada es tipo 3.

Razón (g/C)	Tipo de Llegada					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.00	1.00	0.833	0.75
0.30	1.286	1.063	1.00	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.00	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.00	0.765	0.333	0.00
0.60	2.001	1.395	1.00	0.576	0.00	0.00
0.70	2.566	1.653	1.00	0.256	0.00	0.00
fPA	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Constante, Rp	0.333	0.667	1.00	1.333	1.667	2.00

NOTA:  $PF = (1 - P) fPA / (1 - g/C)$ .  
 $P = R_p * g/C$  (may not exceed 1.0).  
 PF no puede exceder de 1.0 for AT 3 hasta AT 6.

**Tabla 4.39** Factor de ajuste de progresión para el cálculo uniforme de retraso.

*FUENTE: Anexo 16.12, Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research*

## 20. Demora Total

Para determinar la demora total se hace utilizando la ecuación 4.13, a la vez se necesitan los datos encontrados en los pasos 15, 16, 17, 18, 19.

Para la Dirección ESTE se obtiene

$$d_i = 10.5 (1) + 68.3 + 233 = 311.8 = 312$$

### **21. Nivel de Servicio por Grupo de carriles.**

Para determinar el Nivel de Servicio por grupo de carriles se consideran los valores que se encuentran en la tabla 4.23 tomando en cuenta las demoras.

### **22. Demora en el acceso.**

Para determinar la demora en el acceso se utiliza la ecuación 4.14. Por ejemplo para la dirección NORTE se obtiene

$$d_i = 175.1 \text{ s} \qquad v_i = 188 \text{ veh.}$$

$$d_A = \frac{175.1 * 188}{188} = 175.1 \text{ s}$$

### **23. Flujo en el acceso, VA**

El flujo en el acceso es el valor de la tasa de flujo ajustada

### **24. Demora en la intersección.**

Para la demora en la intersección se utiliza la ecuación 4.15, y se consideran todos los flujos vehiculares que atraviesan la intersección.

$$d_I = \frac{(311.8 * 1772) + (175.8 * 852) + (90 * 512) + (175.10 * 188)}{1772 + 852 + 512 + 188} = 235 \text{ s}$$

Considerando la tabla 4.23 se determina el Nivel de Servicio de la Intersección.

Para la obtención de una mejor comprensión, se tabulan todos los pasos anteriores en la tabla 4.40.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Según los resultados del análisis de los volúmenes de tránsito, los niveles de servicio y la capacidad vial de la intersección en estudio se puede concluir:

1. La capacidad para los accesos OESTE, NORTE Y SUR soporta los flujos vehiculares que actualmente transitan por estas arterias, mas sin embargo; para el acceso ESTE dicho flujo sobrepasa la capacidad que dicha arteria tiene.
2. En cuanto a las demoras que se experimenta en estas arterias es una demora bastante considerable, dichas demoras son bastantes grandes debido a las largas colas que se forman en cada fase de los semáforos; lo que nos conlleva a determinar que en dichos accesos los niveles de servicio son “F” con una espera total de 235 segundos lo que sobrepasa los 2 minutos, donde dicho valor es demasiado tiempo para poder cruzar por dicha intersección.
3. Por lo tanto, queda demostrado que en dicha intersección existe un congestionamiento total.





HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS DE CAPACIDAD.												
Análisis de Capacidad.												
	ESTE			OESTE			SUR			NORTE		
	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.
Fase		A			A			B				B
Ciclo de Fase		46			46			46				46
Grupo de Carriles		1			1			1				1
Tasa de Flujo ajustado, v(veh/h)		1772			852			512				188
Tasa de Flujo de Saturacion, s (veh/h)		2837			3149			3539				1638
Tiempo Perdido, tL		2			2			2				2
Verde Efectivo, g(s), g=G + Y - tL		25			25			10				10
Relacion de Luz verde, g/C		0.54			0.54			0.22				0.22
Capacidad del grupo de carriles, c= s(g/C)		1542			1711			769				356
Razon, v/c, X		1.15			0.50			0.67				0.53
Relacion de flujo, v/s		0.62			0.27			0.14				0.11
Carriles criticos del grupo por fase (V)		V						V				
Suma de la tasa de flujo para carriles criticos, Yc Yc = Σ (Grupo de carriles criticos, v/s)							0.77					
Total de tiempo perdido por ciclo, L(s) = tL + yi							4					
Razon Critica de la interseccion, Xc Xc = (Yc)(c)/(C-L)							0.84					
Capacidad del grupo de carriles, Control de demoras y determinacion del Nivel de Servicio.												
Grupo de Carriles												
Tasa de Flujo ajustado, v(veh/h)		1772		852		512						188
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)		1542		1711		769						356
Razon, X=v/c		1.15		0.50		0.67						0.53
Total tiempo de luz verde, g/C		0.54		0.54		0.22						0.22
Demora Uniforme $d_{ii} = 0.50 c \frac{1 - (g/C^2)}{1 - (g/C) [\min(X, 1.0)]}$		10.5		21		26.9						34
Calibracion de retraso incremental, K		0.5		0.04		0.13						0.04
Demora por incrementos $d_{2i} = 900 T \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8k_i(X_i)}{c_i T}} \right]$		68.3		56.2		0.95						0.4
Retraso inicial de la cola, d3 (s/veh)		233		98.6		62.2						140.7
Factor de ajuste de progresion, PF		1.000		1		1						1
Demora total $d_i = d_{1i} PF + d_{2i} + d_{3i}$		311.80		175.8		90.0						175.1
Nivel de Servicio por grupo de carriles		F		F		F						F
Demora en el acceso $d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{iAV})}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i}$		311.80		175.8		90						175.1
Nivel de servicio en el acceso		F		F		F						F
Flujo en el acceso, VA (veh/h)		1772		852		512						188
Demora en la interseccion, $d_i = \sum_{j=1}^n \frac{(d_{iAV})}{\sum_{j=1}^n v_j}$	235.0			Nivel de servicio en la interseccion.						F		

Tabla 4.40 Resultados del análisis de capacidad

## 4.8 VEHÍCULO DE DISEÑO

Los vehículos de diseño son los automotores que predominan y perciben las mayores exigencias dentro de las corrientes del tráfico por el cual se desplazan, por lo que al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación de cada uno de ellos se brinda al diseñador los controles y elementos a los que se deben ajustar los diseños para poder posibilitar y facilitar su circulación irrestricta por las carreteras regionales.

De cada tipo de vehículo utilizado para el diseño, se seleccionan a propósito para adoptar las condiciones más desfavorables aquellos de mayores dimensiones físicas y de radios de giro mayores dentro de su clasificación tipológica.

La tipología de los vehículos automotores que circulan por las carreteras centroamericanas admite que, en primer término se ubiquen en un extremo los vehículos livianos por ser los más numerosos en la corriente vehicular; pero con los que se diseñan las carreteras en la región, es con los vehículos pesados del tipo articulados.

Para el diseño de autopistas en el área centroamericana se tomará como vehículo de diseño, el camión interestatal WB-19; que utiliza un semi remolque de 14.60 mts de largo (48pies), con una longitud total de 21.00mt. Este vehículo fue adoptado como vehículo de diseño según la Ley Federal Norteamericana de Transporte por superficie de 1982, aunque igualmente se puede considerar el camión tipo WB-20, que está provisto de un semi remolque de 16.2mt (55pies), con una longitud de 22.5mts; que en algunas esporádicas ocasiones ha hecho presencia en las carreteras de la región centroamericana. Teniendo ambos vehículos un radio de diseño mínimo de 13.7mt y un ancho de 2.60mt<sup>1</sup>. El Manual de la SIECA presenta en su página 2-4, el cuadro 2.1, en el que se detalla la clasificación de acuerdo a sus dimensiones, el cual se muestra en la Tabla 4.41

**Tabla 4.41** Clasificación y Dimensiones de los Vehículos de Diseño

	<b>P</b>	<b>BUS</b>	<b>SU</b>	<b>WB-15</b>	<b>WB-19</b>	<b>WB-20</b>
<b>Altura</b>	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
<b>Ancho</b>	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
<b>Longitud</b>	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
<b>Voladizo Delantero</b>	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
<b>Voladizo Trasero</b>	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
<b>Distancia entre Ejes Extremos, WB1</b>	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
<b>Distancia entre Ejes Extremos, WB2</b>				9.1(9.2)	12.8	14.3

*Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 21*

El mismo Manual, en su resumen ejecutivo del manual página 13, presenta un resumen de elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales el cual se muestra en la Tabla 4.42



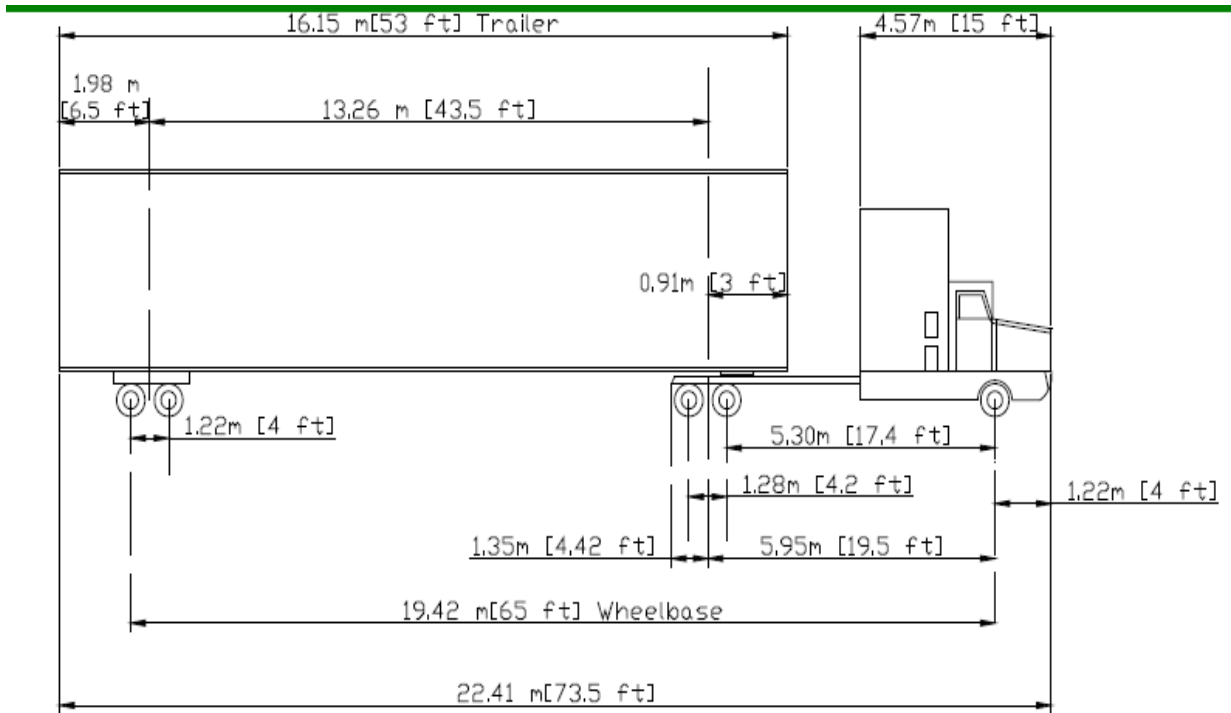
*“Propuesta para la solución del congestionamiento vehicular en la intersección de la Av. Roosevelt y la carretera Ruta Militar, San Miguel”*

Nº	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehículos promedio diarios	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico, FHP	0,92	0,92	0,95-0,91	0,92	0,85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB-15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, Km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril, metros	3,6	3,6	3,6	3,3-3,6	3,3
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.
11	Dist. de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist. de Visibilidad de Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Mín. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Máximo Grado de Curva	5°53'- 2°03'	5°53'- 3°25'	8°29'- 4°35'	12°44'- 5°53'	12°44'- 5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max. porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3	1.5 - 3
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2 - 5	2 - 5	2 - 5	2 - 5	2 - 5
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS 20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	4 - 12	4 - 10	2 - 6	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B - C	C - D	C - D	C - D	C - D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACION FUNCIONAL	AR - TS	AR - TS - TR	TR - CR	TS - CS	TR - CR

**Tabla 4.42 Elementos de diseño geométrico de carreteras Regionales**

**NOTAS:** Pav: Pavimento asfáltico de Cemento Portland P: Plano O: Ondulado M: Montañoso AR: Autopista Regional TS: Troncal Suburbana CS: Colectora Suburbana CR: Colectora Rural

FUENTE: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P13



**Figura 4.14** Vehículo de diseño WB-20.

# CAPITULO V

*“Diseño Geométrico, análisis de capacidad vial para cada una de las alternativas presentadas y elección de la propuesta viable.”*

## 5.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de las propuestas, es el proceso preliminar de la recolección de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la alternativa que reúna las mejores condiciones para efectuar el diseño geométrico.

Se elabora un proyecto vial, el cual consiste en el estudio de las rutas. En esta etapa, se obtiene información de campo, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan los posibles diseños para elegir a una de ellas, la más conveniente a todas las combinaciones exigidas o requeridas, y que mejor representará para el buen diseño geométrico. Esta es una de las fases más importantes en la solución de un problema de tráfico vehicular.

Las propuestas pueden ser numerosas. Este estudio es por consiguiente, un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazo, tales como: el tipo de terreno, la adquisición de derechos de vía; y abarca actividades que van desde la obtención de la información relativa a esos factores hasta la evaluación de la ruta, en los reconocimientos preliminares.

En el desarrollo de este capítulo se realizara el estudio del trazo, diseño geométrico y análisis de capacidad, lo que nos permitirá presentar las alternativa y así de esta manera podremos seleccionar el diseño geométrico de la propuesta con mayor conveniencia y que cumpla con las expectativas de un nivel de servicio aceptable.

Se proponen, tres (3) alternativas de solución; la Alternativa 1 corresponde a una solución a nivel, la cual consiste en modificar los intervalos de tiempo en los semáforos, a fin de disminuir el congestionamiento vehicular: la propuesta 2 consiste en una solución también a nivel, a través de una rotonda y la alternativa 3 en una solución a desnivel también conocido como intercambiador

## **5.2 PROPUESTA No 1 “MODIFICACION DE LOS INTERVALOS DE TIEMPO EN LO SEMAFOROS”**

La función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. El análisis de los tiempos de los semáforos se hace utilizando los volúmenes del año de diseño (2012) y basándose del método utilizado por Garber.

### **5.2.1 VENTAJAS**

- Hacen que el tránsito se desenvuelva de manera ordenada, asignando el derecho de vía a diversos movimientos.
- Permiten el flujo de tránsito de calles menores a través de arterias mayores y más congestionadas.
- El uso de estos es más eficiente y económico que cualquier método manual.

### **5.2.2 DESVENTAJAS**

- ✓ Causan demoras excesivas si no se diseñan apropiadamente.
- ✓ Pueden aumentar la frecuencia de accidentes en intersecciones, en particular alcances por detrás.

### 5.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MECANISMO DE CONTROL

La selección del tipo de control para una intersección es un proceso particular para cada caso. Cada situación es diferente y debe ser estudiada detalladamente antes de seleccionar el tipo de control adecuado para ella.

El Manual de Capacidad de Carreteras de EE.UU. (HCM), considera ciertos niveles de tráfico para la instalación de semáforos, de acuerdo al detalle siguiente:

1. **Volumen Mínimo de Vehículos:** Se usa cuando el volumen del tránsito que intercepta es razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

Número de carriles en cada acceso.		Vehículo por hora en vía principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la vía menor (una sola dirección).
Vía principal	Vía Secundaria.		
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 0 mas	500	200

Tabla 5.1 Volumen Mínimo de Vehículos, Requisito 1.

FUENTE: Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. Capítulo 13, 7ma edición. Pags. 386-432

2. **Interrupción del Flujo Continuo del Tránsito:** Se usa cuando el tránsito en la vía secundaria sufre demoras excesivas o altos riesgos al cruzar la vía principal.

<b>Número de carriles en cada acceso.</b>		<b>Vehículo por hora en vía principal (total en ambos accesos)</b>	<b>Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la vía menor (una sola dirección).</b>
Vía principal	Vía Secundaria.		
1	1	750	75
2 o mas	1	900	75
2 o mas	2 o mas	900	100
1	2 0 mas	750	100

**Tabla 5.2** Volumen mínimo de vehículos requisito 2.

**FUENTE:** Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. Capítulo 13, 7ma edición. Pags. 386-432

**3. Volumen Mínimo de Peatones:** Se usa cuando existe un número significativo de peatones que desean cruzar una calle y el volumen de vehículos de la calle es tal que les impide cruzar la calle sin demoras excesivas o con altos riesgos.

	<b>Vehículos por hora en vía principal</b>	<b>Peatones por hora cruzando la vía principal</b>
Sin isla central	600	150
Con isla central $\geq 1m$	1000	150

**Tabla 5.3** Volumen mínimo de peatones requisito 3

**FUENTE:** Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. Capítulo 13, 7ma edición. Pags. 386-432

**4. Experiencia de Accidentes:** Es usada para justificar la instalación de un semáforo cuando en un periodo de 12 meses han ocurrido más de cinco (5) accidentes que puedan ser corregidos con la instalación de un semáforo.

**5. Cruces Escolares:** Se instala un semáforo cuando en un estudio de la frecuencia de brechas adecuadas en el flujo de vehículos, relacionadas con el número y tamaño de los grupos de niños cruzando las calles, es menor al número de minutos que dura el estudio

**6. Progresión:** Se justifica la instalación de un semáforo cuando es necesario mantener las agrupaciones y velocidades de vehículos apropiadas para obtener flujo continuo de vehículos en una calle. Idealmente, no se deben instalar semáforos a menos de 300 mts entre uno y otro.

**7. Sistemas:** Se justifica la instalación de un semáforo cuando la intersección común de dos rutas principales tienen un volumen existente de 800 vph durante las horas pico de cualquier día típico de la semana o en cada una de cinco horas en un sábado o domingo.

## 5.2.4 CALCULO DE LOS TIEMPOS DE LOS SEMAFOROS

### Términos Básicos.

- Indicación de señal: se refiere al encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.
- Ciclo o longitud del ciclo: Tiempo necesario para que el semáforo efectuar una revolución completa o secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo.
- Movimiento: maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.
- Intervalo: Cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.
- Fase: Es parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante



uno o más intervalos. Es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos.

Una fase puede significar un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal, o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales.

- **Secuencia de fases:** Orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.
- **Reparto:** Porcentaje de la longitud del ciclo asignado a cada una de las diversas fases.
- **Intervalo de cambio o despeje:** Tiempo de exposición en el intervalo amarillo del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.
- **Intervalo todo rojo:** Exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara a circular. Es utilizado en la fase que recibe el derecho de paso después del amarillo de la fase que lo pierde, con el fin de dar un tiempo adicional que permita a los vehículos despejar la intersección antes de que los vehículos, que lo ganan, reciban verde. Se aplica sobre todo en aquellas intersecciones que sean excesivamente anchas. También puede ser utilizado para crear una fase exclusiva para peatones.
- **Intervalo de cambio de fase:** Intervalo que puede consistir solamente en un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo.

El *intervalo de cambio de fase*, tiene como función principal alertar al usuario de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección. Se deberá considerar el tiempo de percepción-reacción del

conductor, la deceleración y finalmente el tiempo necesario de despeje de la intersección.

Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el menor número de movimientos simultáneos. Así se logra admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección.

#### 5.2.4.1 CALCULO DEL INTERVALO DE CAMBIO DE FASE.

Intervalo de cambio = Amarillo + Todo Rojo

$$y = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \frac{W + L}{v} \quad \text{Ecuacion 5.1 Intervalo de cambio}$$

Donde:

$y$  = Intervalo de cambio de fase

$t + \frac{v}{2a}$  = Tiempo necesario para recorrer la distancia de parada.

$t$  = Tiempo de percepción – reacción del conductor (Usualmente es 1 segundo)

$v$  = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

$a$  = Tasa de deceleración (Valor usual 3.05 m/s<sup>2</sup>)

$\frac{W+L}{v}$  = Tiempo necesario para cruzar la intersección

$W$  = Ancho de la intersección.

$L$  = Longitud del vehículo (Valor sugerido 6.10 m)

### 5.2.4.2 LONGITUD DE CICLO DE SEMÁFOROS.

F. V. Webster, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1.5 L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\Phi} \beta_i} \quad \text{Ecuacion 5.2} \quad \text{Ciclo Optimo}$$

Donde:

$C_o$  = ciclo Optimo (s)

$L$  = Tiempo total perdido por ciclo (s)

$\beta_i$  = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de

Saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase  $i$ .

Este valor depende del flujo vehicular en cada acceso  $i$ .

$\Phi$  = Numero de fases del semáforo.

Los valores aceptables para la longitud de ciclo está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo y las demoras no serán mayores en más del 10% al 20% de la demora mínima.

### 5.2.4.3 VEHICULOS EQUIVALENTES

Si todos los vehículos que salen de una intersección con semáforo son automóviles que continúan de frente, se tendrían las tasas máximas de flujo, a intervalos aproximadamente iguales.

La existencia de vehículos pesados y movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha hace necesario introducir factores de ajustes, convirtiendo estos vehículos y estos movimientos en vehículos equivalentes, para tener un parámetro de medición igual.

El tipo de vehículo ya sea ligero, pesado o comercial más la dirección de su movimiento ya sea de frente, hacia la izquierda o hacia la derecha hicieron necesario el uso de factores de equivalencia.

Cuando se obtiene el factor de vehículos pesados es necesario calcular el flujo de vehículos directos equivalentes.

$$qVDE = \frac{VHMD}{FHMD} \left( \frac{1}{fHV} \right) (EV)$$

*Ecuacion 5.3 Flujo de Vehiculos directos Equivalentes*

<b>Vehículos Equivalentes</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
E <sub>C</sub> , E <sub>B</sub>	1.4 a 1.6	Valores comúnmente utilizados, sin embargo pueden ser mayores
E <sub>C</sub> , E <sub>B</sub>	1.5	Para accesos con pendientes cercanos al 0 % con predomios de camiones livianos o medianos.
E <sub>V</sub>	1.4 a 1.6	Para vueltas hacia la izquierda
E <sub>V</sub>	1.4 a 1.5	Para vueltas hacia la derecha
FHMD	0.95	Para proyecto y diseño de planes del tiempo de semáforo.

**Tabla 5.4** *Equivalencias vehiculares.*

**FUENTE:** *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. Capítulo 13, 7ma edición. Pags. 386-432*

#### 5.2.4.4 FLUJO DE SATURACIÓN Y TIEMPO PERDIDO

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de alto, se incrementa rápidamente a una tasa llamada **flujo de saturación**. La cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termina el verde.

La tasa de vehículos es menor durante los primeros segundos, mientras los vehículos aceleran hasta alcanzar una velocidad de marcha normal.

El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea, cuando existen filas y estas aún persisten hasta el final del periodo verde.

El HCM 2000 define un flujo de 1800 vphpc.

En la figura 5.1 se puede observar el flujo de saturación y el tiempo perdido

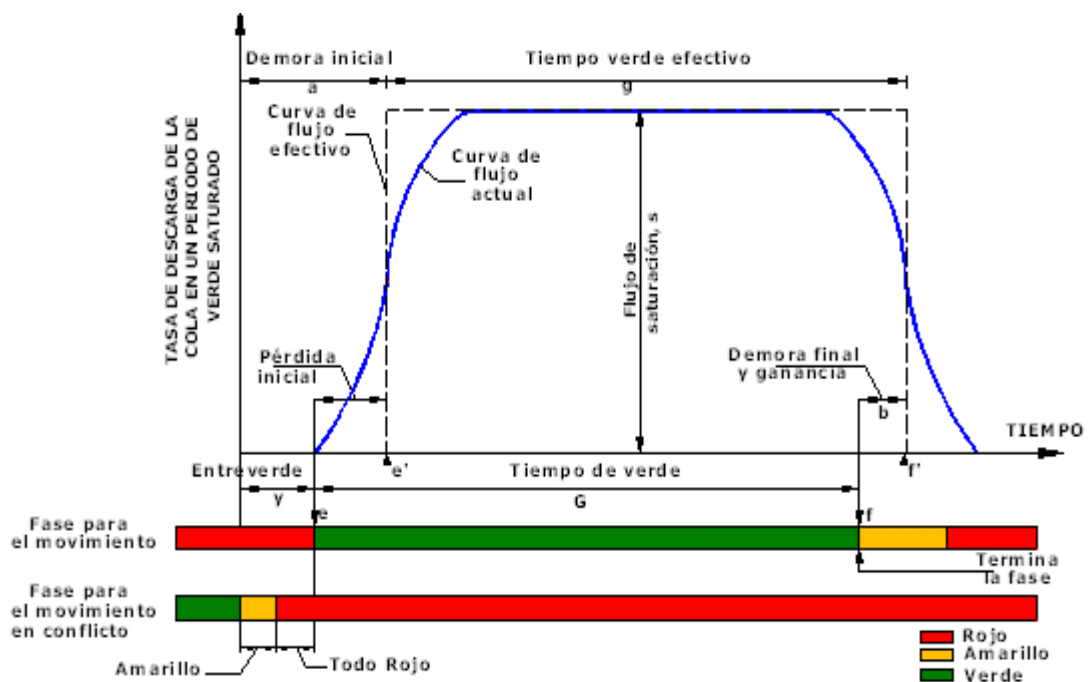


Figura 5.1 Esquema de las fases para el movimiento vehicular.

#### **5.2.4.5 TIEMPO TOTAL PERDIDO POR CICLO.**

De la figura anterior se puede decir que el tiempo perdido por ciclo es:

$$\text{Tiempo Perdido por ciclo (L)} = \sum (A_i + TR_i) \quad \text{Ecuacion 5.4}$$

Donde:

A = Intervalo Amarillo en Segundos

B = Intervalo todo rojo en Segundos.

#### **5.2.4.6 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS VERDES.**

El tiempo verde efectivo total es

$$gT = C - L - \left( \sum (A_i + TR_i) \right) \quad \text{Ecuacion 5.5} \quad \text{Tiempo verde efectivo total}$$

Donde:

gT = Tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos.

C = Longitud actual del Ciclo

L = Tiempo total perdido

#### **5.2.4.7 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO VERDE EN LAS DIFERENTES FASES.**

$$g_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^{\phi} \beta_i} \times gT \quad \text{Ecuacion 5.6} \quad \text{Distribucion del tiempo verde}$$

Donde:

$\beta_i$  = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase “i”.

$\phi$  = Número de fases.

#### **5.2.4.8 TIEMPO VERDE REAL PARA CADA FASE**

$$G_i = g_i + l_i - A_i \quad \text{Ecuacion 5.7 Tiempo verde real}$$

### **5.2.5 PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DEL TIEMPO DE SEMAFORO**

Para el análisis de los semáforos es necesario llevar a cabo el siguiente procedimiento:

#### **1. Velocidad de diseño.**

Se determina la velocidad de diseño para el análisis, anteriormente se había mencionado dicha velocidad, la cual se puede encontrar en la tabla 4.18.

La velocidad a utilizar es por consiguiente a 40km/h.

Se convierte a m/s

$$V = 40 \text{ km/h} = 11.1 \text{ m/s.}$$

#### **2. Tiempo de percepción – reacción “t”**

El tiempo de percepción y reacción a utilizar es de “t= 1segundo”.

### 3. Tasa de deceleración “a”

La tasa de deceleración a utilizar es “ $a=3.05 \text{ m/s}^2$ ”

### 4. Las fases de los semáforos.

Las fases de los semáforos se puede observar en la figura 4.4, donde se establecen 2 fases.

Fase A

Fase B

### 5. Longitud Promedio de los vehículos.

La longitud promedio de los vehículos a utilizar es de “ $L=6.10 \text{ m}$ ”

### 6. Longitud de la Intersección.

Utilizando el plano 3.1 se determina la longitud de la intersección, tomando en cuenta las direcciones.

Para el Acceso ESTE Y OESTE  $W = 28 \text{ m}$

Para el Acceso NORTE Y SUR  $W = 22 \text{ m}$

### 7. Flujo de saturación.

Según el HCM el flujo de saturación es de 1800 veh/h, así que se usara este valor.

### 8. Volúmenes horarios de Máxima Demanda

Es importante establecer los volúmenes de máxima demanda durante la hora punta para cada acceso, dichos volúmenes se pueden observar en la tabla 5.5



DIRECCION	VHMD
ESTE	
A - B	1197
A - D	81
OESTE	
B - A	791
SUR	
C - D	236
C - B	356
NORTE	
D - A	32
D - B	170

Tabla 5.5 Volúmenes Horarios de Máxima Demanda del año 2012

9. Factor de Hora punta de Máxima Demanda (FHMD), el cual es de 0.95

El factor de hora punta de máxima demanda a utilizar es el que se encuentra en la tabla.

10. Porcentaje de Buses y Camiones para cada Movimiento.

Para determinar el porcentaje de buses y camiones para cada movimiento se utilizan los valores de la tabla 3.14 para encontrar el total de buses y camiones por cada movimiento, dichos datos se tabulan en la tabla 5.6

ACCESO	VHMD	BUSES	% BUSES	CAMIONES	% CAMIONES
A – B	1197	101	8.4	42	3.50
A – D	81	39	48.1	0	0
B – A	791	55	7	45	55.5
C – B	356	1	0.3	18	5.05
C – D	236	14	5.9	8	3.4
D – A	32	0	0	3	9.4
D – B	170	0	0	2	1.18

Tabla 5.6 Porcentaje de buses y camiones en cada movimiento.

Anteriormente se explicó cómo se encontraban dichos porcentajes.

#### 11. Equivalencia vehiculares.

Las equivalencias vehiculares a considerar se toman de la tabla 5.4 dependiendo el tipo de vehículo y del movimiento a realizar.

#### 12. Factor de vehículo pesado.

Se determina el factor de vehículo pesado para cada acceso, utilizando la ecuación 4.4, por ejemplo para el acceso ESTE al Frente (A-B) se tiene:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 8.4(1.4 - 1) + 3.5(1.6 - 1) + 0(0 - 1)} = 0.948$$

Los factores para cada acceso están tabulados en la tabla 5.7

<b>ACCESO</b>	<b>fHV</b>
OESTE	
A – B	0.948
A – D	0.838
ESTE	
B – A	0.7347
SUR	
C – B	0.969
C – D	0.958
NORTE	
D – A	0.946
D – B	0.992

**Tabla 5.7** Factor de vehículos pesados en cada movimiento.

### 13. Flujos de vehículos directos equivalente.

Se determinan los flujos de vehículos directos equivalentes (VDE) para cada movimiento, utilizando la ecuación 5.4. Por ejemplo para el acceso ESTE dirección A – B se tiene. Para el VHMD se utilizan los datos de la tabla 5.5

$$qVDE = \frac{1197}{0.95} \left( \frac{1}{0.948} \right) (1) = 1329 \text{ VDE}/h$$

Para los otros movimientos se efectúa el mismo proceso excepto cuando existe movimiento a la derecha o a la izquierda el EV a utilizar se indica en la tabla 5.4. Los flujos vehiculares directos para cada movimiento se tabulan en la tabla 5.8

<b>FASE</b>	<b>ACCESO</b>	<b>q VDE</b>
<b>A</b>	OESTE	
	A – B (F)	1329
	A – D (Vd)	142
	ESTE	
	B – A (F)	1133
<b>B</b>	SUR	
	C – B (Vi)	625
	C – D (F)	259
	NORTE	
	D – A (Vi)	57
	D – B (Vd)	252

**Tabla 5.8** Flujos de vehículos directos equivalentes (VDE).

**14.** Flujos equivalentes por acceso.

Se determinan los flujos equivalentes por acceso, utilizando los datos de la tabla anterior. Por ejemplo para el acceso ESTE los flujos equivalentes por acceso se encuentran sumando los flujos equivalentes de cada dirección:

$$q T = q VDO (F) + q VDO (Vd) = 1329 + 142 = 1471 \text{ VDE/h}$$

Los flujos equivalentes por acceso se tabulan en la tabla 5.9

FASE	ACCESO	MOVIMIENTO	VHMD(v eh/h)	FHMD	fHV	EV(VDE)	qV (VDE/h)	q t (VDE/h)
A	OESTE	Recto (A – B)	1197	0.95	0.948	1	1329	1471
		Derecha (A – D)	81	0.95	0.838	1.4	142	
	ESTE	Recto (B – A)	791	0.95	0.734	1	1133	1133
B	SUR	Recto (C – D)	236	0.95	0.958	1	259	884
		Izquierda (C – B)	356	0.95	0.969	1.6	625	
	NORTE	Izquierda (D – A)	32	0.95	0.946	1.6	57	309
		Derecha ( D- B)	170	0.95	0.992	1.4	252	

**Tabla 5.9** *Flujos de vehículos directos equivalentes por acceso (VDE).*

**15.** Longitud de los intervalos de cambio por fase.

Para determinar la longitud de los intervalos de cambio por fase se consideran diversos datos planteados anteriormente y para ello se utiliza la ecuación 5.1

Para la Fase A se tiene

$$T = 1 \text{ segundo} \qquad v = 11.1 \text{ m/s} \qquad L = 6.10 \text{ m}$$

$$a = 3.05 \text{ m/s}^2 \qquad W = 28 \text{ m}$$

$$y = \left( 1 + \frac{11.1}{2(3.05)} \right) + \frac{28 + 6.1}{11.1} = 2.82 + 3.10 = 7 \text{ segundos}$$

El intervalo de fase es de 7 segundos compuesto por

Amarillo = 3 segundos

Todo Rojo = 4 segundos.

En la tabla 5. 10 se encuentran los intervalos de fase para cada fase.

FASE	AMARILLO	TODO ROJO	W (m)
A	3	4	28
B	3	3	22

Tabla 5.10 Intervalos para cada fase.

**16. Tiempo perdido por fase.**

Se determina el tiempo perdido por fase el cual es igual al intervalo amarillo, es por ello que el tiempo para cada fase es de

Fase A ..... 3 segundos

Fase B .....3 segundos.

**17. Tiempo total perdido por ciclo (L)**

El tiempo total perdido por ciclo se determina utilizando la ecuación 5.5 y se tiene

$$\text{Tiempo Perdido por ciclo (L)} = (3 + 3) + (4 + 3) = 13 \text{ segundos}$$

**18. Máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril para cada fase “i”**

Para encontrar las máximas relaciones de flujo se consideran los flujos críticos o máximos por carril en cada fase. Analizando los datos de la tabla 5.9 se determinan los flujos críticos los cuales son:

$$q_{Amax} = 1471$$

$$q_{Bmax} = 884$$

Es importante utilizar la ecuación 5.9 para encontrar las máximas relaciones

$$\beta_i = \frac{q_i \max}{s}$$

Ecuación 5.8 Máximas relaciones de flujo actual a flujo de saturación.

Para fase A

$$\beta_A = \frac{1471}{1800} = 0.82$$

Para fase B

$$\beta_B = \frac{884}{1800} = 0.49$$

19. Longitud del ciclo Óptimo.

Una vez que se tienen las máximas relaciones de flujo se procede a determinar la longitud del ciclo óptimo, para ello se utiliza la ecuación 5.2

$$C_o = \frac{1.5 (13) + 5}{1 - (0.82 + 0.49)} = 79.03 = 79 \text{ segundos}$$

20. Tiempo verde efectivo total (gT)

Se determina el tiempo verde efectivo total utilizando los valores del paso 19 y 17, además se utiliza la ecuación 5.6

$$gT = 79 - 13 = 66 \text{ segundos}$$

21. Reparto de los tiempos verdes efectivos (gi)

Es importante elaborar un reparto de los tiempos verdes efectivos para cada fase para ello se utiliza la ecuación 5.7

- Fase A

$$gA = \frac{\beta A}{(\beta A + \beta B)} \times gT = \frac{0.82}{(0.82 + 0.49)} \times 66 = 41 \text{ s.}$$

- Fase B

$$gB = \frac{\beta B}{(\beta A + \beta B)} \times gT = \frac{0.49}{(0.82 + 0.49)} \times 66 = 25 \text{ s.}$$

## 22. Tiempos verdes reales.

Los tiempos verdes reales se encuentran utilizando la ecuación 5.8 para cada fase.

Los cuales son:

FASE A

$$GA = gA + lA - AA = 41 - 3 - 3 = 41 \text{ s}$$

FASE B

$$GB = gB + lB - AB = 25 - 3 - 3 = 25 \text{ s}$$



Por lo tanto los tiempos de los semáforos deberían de ser:

Fase	Intervalo	Tiempo
A	Amarillo	3
	Rojo	35
	Verde	41
B	Amarillo	3
	Rojo	51
	Verde	25

Tabla 5.11 Tiempos de los semáforos.

Para obtener una mejor comprensión, estos datos se muestran en la figura 5.2

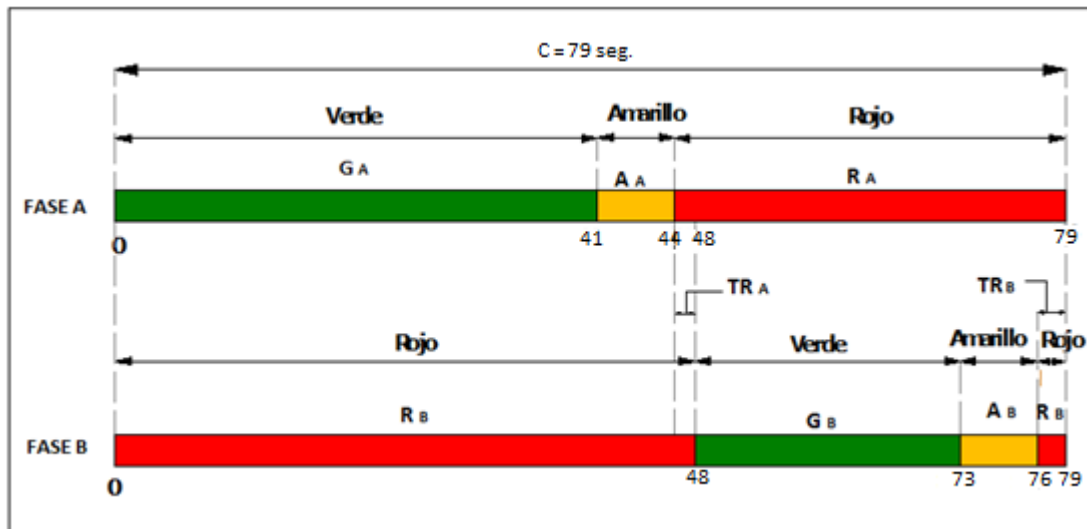














Figura 5.2 Distribución de los tiempos en cada fase

## **5.2.6 ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL CON LOS NUEVOS TIEMPOS DE SEMAFOROS**

Cuando ya se tienen los nuevos tiempos de semáforos se efectúa el análisis de capacidad expuesto en el capítulo anterior y los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 5.12

HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS DE CAPACIDAD.												
Análisis de Capacidad.												
	ESTE			OESTE			SUR			NORTE		
	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.	IZQ.	VTA.	DER.
Fase		A			A			B				B
Ciclo de Fase		79			79			79				79
Grupo de Carriles		1			1			1				1
Tasa de Flujo ajustado, v(veh/h)		1772			852			512				188
Tasa de Flujo de Saturacion, s (veh/h)		2837			3149			3539				1638
Tiempo Perdido, tL		3			3			3				3
Verde Efectivo, g(s), g=G + Y - tL		41			41			25				25
Relacion de Luz verde, g/C		0,52			0,52			0,32				0,32
Capacidad del grupo de carriles, c= s(g/C)		1472			1634			1120				518
Razon, v/c, X		1,20			0,52			0,46				0,36
Relacion de flujo, v/s		0,62			0,27			0,14				0,11
Carriles criticos del grupo por fase (V)		V						V				
Suma de la tasa de flujo para carriles criticos, Yc Yc = ∑ (Grupo de carriles criticos, v/s)	0,77											
Total de tiempo perdido por ciclo, L(s) = tL + yi	3											
Razon Critica de la interseccion, Xc Xc = (Yc)(c)/(C-L)	0,80											
Capacidad del grupo de carriles, Control de demoras y determinacion del Nivel de Servicio.												
												
Grupo de Carriles												
Tasa de Flujo ajustado, v(veh/h)		1772			852			512				188
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)		1472			1634			1120				518
Razon, X=v/c		1,20			0,52			0,46				0,36
Total tiempo de luz verde, g/C		0,52			0,52			0,32				0,32
Demora Uniforme $d_{1i} = 0,50 C \frac{1 - (g/C^2)}{1 - (g/C) [\min(X_i, 1,0)]}$		19			38			40,3				50,9
Calibracion de retraso incremental, K		0,5			0,04			0,04				0,04
Demora por incrementos $d_{2i} = 900 T \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8k_{1i} X_i}{c_i T}} \right]$		90,65			0,08			0,1				0,14
Retraso inicial de la cola, d3 (s/veh)		245			83,8			98,4				239,4
Factor de ajuste de progresion, PF		1			1			1				1
Demora total $d_i = d_{1i} PF + d_{2i} + d_{3i}$		354,65			121,9			138,7				290,5
Nivel de Servicio por grupo de carriles		F			F			F				F
Demora en el acceso $d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_i A_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i}$		354,65			121,9			139				290,5
Nivel de servicio en el acceso		F			F			F				F
Flujo en el acceso, VA (veh/h)		1772			852			512				188
Demora en la interseccion, $d_i = \sum_{j=1}^n \frac{(d_j A_j)}{\sum_{j=1}^n v_j}$		258,1			Nivel de servicio en la interseccion.							F

**Tabla 5.12** Resultados del análisis de capacidad con los nuevos tiempos de semáforos.

### **5.2.6.1 ANALISIS DE RESULTADOS**

Al efectuar el análisis de la capacidad utilizando el cambio de los tiempos de los semáforos existen diferentes observaciones con respecto a la actualidad:

1. La demora Uniforme para todas las direcciones aumenta considerablemente. Para el acceso ESTE y OESTE aumenta en un 81 %; para el acceso SUR y NORTE aumenta en un 50%.
2. La demora por incrementos disminuye para las direcciones OESTE, NORTE y SUR; sin embargo para la dirección ESTE aumenta considerablemente. Por ejemplo para la dirección OESTE la disminución es de un 99.8 % y el incremento para la dirección ESTE es de 32.7 %.
3. La demora por cola inicial disminuye para la dirección OESTE en un 15%; para la dirección ESTE aumenta en un 5%; para la dirección NORTE aumenta en un 70% y para la dirección SUR aumenta en un 58.2 %.
4. Sin embargo con las observaciones antes mencionadas se aprecia que la demora en la intersección aumenta en un 9.8 % con la nueva reglamentación.
5. Por lo tanto, se demuestra que aun con un nuevo reglaje en los semáforos la capacidad de la intersección colapsa.

## **5.3 PROPUESTA No 2 “ROTONDA”**

Elaborar el diseño geométrico de una rotonda involucra una buena elección de los elementos de seguridad y capacidad. Las rotondas funcionan más en forma segura cuando la geometría de entrada y salida permite velocidades bajas. La capacidad de las rotondas es inversamente afectada por los elementos del diseño de velocidad. Además, muchos de los parámetros geométricos son gobernados por los requisitos de movimientos de los vehículos. Así, diseñar una rotonda es un proceso de determinar el balance óptimo entre la seguridad, actuación operacional, y acomodación de vehículos grandes.

### **5.3.1 SELECCIÓN DE PARAMETROS**

Para obtener una selección de parámetros geométricos aceptables y de carácter técnico se auxilia del libro “ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE”, este es la principal guía para el diseño geométrico y para los análisis de capacidades en las rotondas. Cabe mencionar que el diseño se hará para una rotonda de doble carril ya que estas presentan mayor capacidad que las de un carril, además debido al análisis preliminar, se considera una rotonda de tres ramas, las cuales serán la Avenida Roosevelt, La Carretera Ruta Militar y la Carretera Panamericana. La calle principal de la colonia Hirleman no se considerara en el diseño ya que en el trazado preliminar de los ejes primarios se observó que el eje primario (calle principal de colonia Hirleman) no convergía geométricamente con los otros ejes primarios, además por no ser esta una vía de flujo intenso se propondrá que estos vehículos puedan incorporarse a la rama OESTE (Carretera Panamericana).

Los elementos geométricos básicos se pueden observar en la Figura 5.3

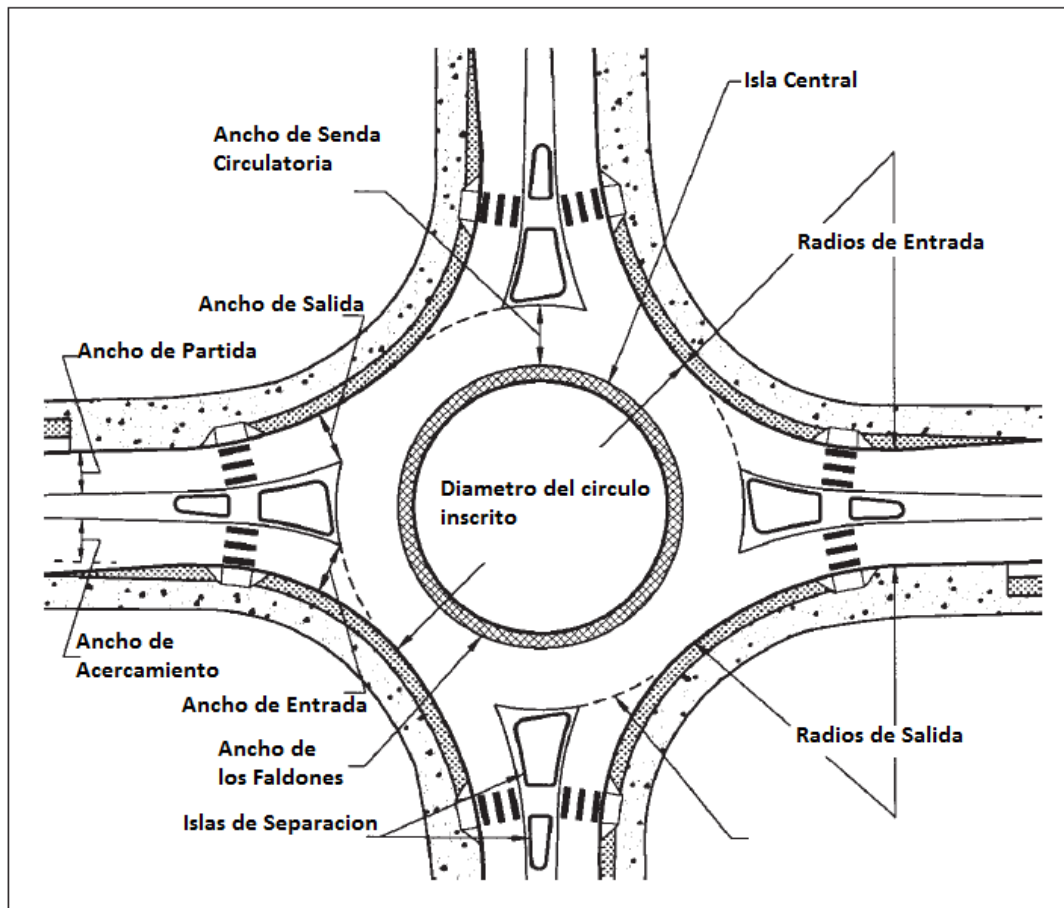


Figura 5.3 Elementos geométricos de una rotonda

FUENTE: Anexo 6-1 Roundabout, an Informational Guide

### 5.3.1.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

En la tabla 5.13 se muestran las velocidades de los vehículos típicos acercándose e ingresando a las rotondas. Las velocidades de acercamiento son de 40, 55 y 70 km/h, 100 m aproximados al centro de la rotonda. La desaceleración comienza antes de este tiempo, con conductores circulando a la misma velocidad de la rotonda aproximadamente.

<b>Categoría</b>	<b>Máxima velocidad de diseño de entrada recomendada.</b>
Mini Rotonda	25 km/h
Compacto Urbano	25 km/h
Único carril urbano	35 km/h
Doble carril Urbano	40 km/h
Único carril rural	40 km/h
Doble carril rural	50 km/h

Tabla 5.13 Velocidad máxima de diseño en entrada

Fuente: Anexo 6.4 Roundabout an Informational Guide.

La velocidad de diseño de una rotonda es determinada por el radio menor. El radio menor usualmente ocurre sobre la circulación de la autopista en las curvas a la izquierda alrededor de la isla central. Sin embargo, es importante que al diseñar la geometría del radio de entrada no sea más grande significativamente que el radio circulatorio del camino.

En este estudio se selecciona una velocidad de 40 km/h.

### 5.3.1.2 VEHICULO DE DISEÑO

Otro factor importante que se debe determinar en una rotonda es la necesidad de acomodar vehículos grandes que usen la intersección. Los requisitos de trayectoria del giro de este vehículo, denominado de aquí en adelante como vehículo de diseño, deben mostrar las dimensiones de la rotonda. Antes de comenzar el proceso de diseño, el diseño debe estar consciente de los vehículos de diseño y tener valores adecuados para el giro del vehículo y así determinar la trayectoria recorrida por el vehículo.

La elección del vehículo de diseño depende del tipo de carretera y las características del terreno a usar. La AASHTO proporciona las dimensiones y requisitos para una variedad de vehículos en una carretera. Por lo general, los vehículos más comunes son los WB – 15 (WB – 50) porque son los vehículos más grandes a lo largo de las arterias. Pero los camiones más grandes como el WB – 20 (WB – 67) es necesario abordarlos en las intersecciones de autopistas interestatales o los sistemas estatales de las carreteras.

Para el desarrollo de este estudio el vehículo de diseño a utilizar es el WB – 20 ya que en esta intersección las dos principales vías de la zona Oriental se cruzan.

### **5.3.1.3 DIÁMETRO DEL CÍRCULO INSCRITO**

El diámetro del círculo inscrito es la distancia a través del círculo inscrito por la cuneta exterior (o el borde) de la pista circulatoria. Es la suma del diámetro de la isla central y dos veces la autopista circulatoria.

En rotondas de un solo carril, el tamaño de la circunferencia inscrita depende en gran medida de los requisitos de inflexión del vehículo de diseño. El diámetro debe ser suficientemente grande para acomodar el vehículo de diseño, manteniendo la deflexión de la curvatura adecuada, para asegurar una velocidad segura de viaje para los vehículos más pequeños. Sin embargo, el ancho de vía circulatorio, los anchos de entrada y salida, radios de entrada y salida, ángulos de entrada y salida también juegan un papel importante en la capacidad.

La selección cuidadosa de los elementos geométricos, pueden permitir un diámetro más pequeño de círculo inscrito para ser utilizado en lugares limitados. En general, el diámetro del círculo inscrito debe tener un mínimo de 30 m (100 ft) para dar cabida a un vehículo de diseño WB – 15.



En rotondas más pequeñas se pueden utilizar para algunos locales de la calle o colector de los cruces de la calle donde el diseño de los vehículos puede ser un autobús o un camión de una sola unidad.

El tamaño de la rotonda es generalmente determinada por la necesidad de lograr la deflexión o por la necesidad de adecuar las entradas y salidas alrededor de la circunferencia. En general, el diámetro del círculo inscrito de una rotonda de doble carril, debe tener un mínimo de 45 m (150 ft).

En general, los diámetros menores inscritos son mejores para la seguridad global, ya que ayuda a mantener las velocidades bajas. En tornos de alta velocidad, sin embargo, el diseño de la geometría de enfoque es más crítico que en ambientes de baja velocidad. Los diámetros inscritos más grandes por lo general permiten la provisión de un mejor enfoque de la geometría, lo que conduce a una disminución de la velocidad del vehículo de aproximación.

Los diámetros inscritos mayores también reducen el ángulo formado entre la entrada y la circulación de las rutas de vehículos, lo que reduce la velocidad relativa entre estos y conlleva a reducir las tasas de accidentes al entrar. Por lo tanto, las rotondas en tornos de alta velocidad pueden requerir diámetros que son más grandes que los recomendados que los de entornos de velocidades bajas. En diámetros muy grandes (más de 60 m) no deberían utilizarse porque tendrán altas velocidades de circulación y accidentes con mayor frecuencia. En la tabla 5.14 se presentan los diámetros recomendados para los círculos inscritos.

<b>Categoría.</b>	<b>Vehículo de diseño</b>	<b>Rango del diámetro del círculo Inscrito</b>
Mini Rotonda	Camión una sola unidad	13 - 25 m
Compacto Urbano	Camión/bus una sola unidad	25 – 30 m
Único carril urbano	WB - 15	30 – 40 m
Doble carril Urbano	WB – 15	45 – 55 m
Único carril rural	WB - 20	35 – 40 m
Doble carril rural	WB - 20	55 – 60 m

Tabla 5.14 Rangos de diámetros del círculo inscrito recomendado

FUENTE: Anexo 6-19 Roundabout an Informational Guide.

Según la tabla 5.14 y considerando el vehículo de diseño seleccionado se determina que para este proyecto el círculo inscrito debería de ser de 60 m.

#### 5.3.1.4 ANCHO DE ENTRADA

El ancho de entrada es el mayor determinante de la capacidad de una rotonda. La capacidad no depende solamente del número de carriles de entrada también del ancho total de la entrada. En otras palabras, la capacidad de entrada aumenta constantemente con el incremento del ancho de entrada. Por lo tanto, el tamaño básico de entradas en vías circulatorias es generalmente descrito en términos de ancho, y el número de carriles.

Las entradas que son suficiente anchas para dar cabida a múltiples flujos de tráfico (Por lo menos 6 m) son para designar los carriles separados. Sin embargo, la vía circulatoria no suele ser a rayas, incluso cuando se espera que circule más de un carril de tráfico.

Para maximizar la seguridad de la rotonda, el ancho de entrada debe de mantenerse al mínimo. Además, los requisitos de giro del vehículo de diseño podrán exigir que la entrada sea más amplia. Sin embargo, una entrada más ancha con una circulación más grande aumenta la frecuencia de accidentes. Por lo tanto, la determinación de la anchura de la entrada y el ancho de la vía circulatoria implica un tráfico libre.

El diseño debe proporcionar el ancho mínimo necesario para la capacidad y la comodidad de los vehículos de diseño con el fin de mantener el más alto nivel de seguridad.

Los anchos típicos de entrada para un solo carril tiene un rango desde 4.3 hasta 4.9 m; sin embargo, los valores superiores o inferiores a este rango puede ser necesaria para los requisitos específicos del vehículo y la velocidad de diseño.

#### **5.3.1.5 ANCHO MINIMO DE SENDA CIRCULATORIA.**

El ancho necesario de la vía circulatoria se determina a partir de la anchura de las entradas y los requisitos del giro del vehículo de diseño. En general siempre debe ser al menos tan ancha como el ancho de entrada máxima (hasta 120 por ciento del ancho de entrada máximo) y debe permanecer constante a lo largo de la rotonda.

En una rotonda de un solo carril, la circulación en la carretera solo debe adaptarse al vehículo de diseño. Por lo general, el movimiento de giro a la izquierda es la ruta crítica para determinar el ancho de la circulación vial. De

acuerdo a la AASHTO debe tener una distancia mínima de 0.6 m entre el borde exterior del vehículo y la pista de los neumáticos a la línea del bordillo.

En la tabla 5.15 se ofrecen anchos de calzada mínimo recomendados para la circulación de dos carriles en las rotondas con tráfico de vehículos semi – remolque.

<b>Diámetro del círculo inscrito</b>	<b>Ancho Mínimo del carril de circulación.</b>	<b>Diámetro de la isla central.</b>
45 m	9.8 m	25.4 m
50 m	9.3 m	31.4 m
55 m	9.1 m	36.8 m
60 m	9.1 m	41.8 m
65 m	8.7 m	47.6 m
70 m	8.7 m	52.6 m

*Tabla 5.15 Ancho mínimo de carriles de circulación para rotondas de dos carriles.*

*FUENTE: Roundabout an Informational Guide.*

Por lo tanto el ancho mínimo del carril de circulación es de 9.1 m.

### **5.3.1.6 DIÁMETRO DE LA ISLA CENTRAL.**

Es el área levantada en el centro de la rotonda la cual no es montable por los vehículos. En general, la isla central debe de ser en forma circular, la cual ayuda a promover una velocidad constante. Las formas ovales o irregulares, son más difícil de manejar y puede promover una mayor velocidad en los tramos.

Tomando en cuenta la tabla 5.15 se determina el diámetro central de la isla. El cual es 41.8 mt.

### **5.3.1.7 ANCHO DE LOS FALDONES.**

Los faldones son diámetros que se encuentran dentro de la isla central con un ancho predeterminado y son diseñados para las ocasiones en las cuales, el barrido que realiza el vehículo de diseño durante el giro.

Según ROUNDABOUTS donde se utilizan faldones, deben de ser diseñados para que sean transitables por camiones, sin disuadir a los vehículos de pasajeros. Por lo general deben de ser de 1 a 4 m de ancho y tener una pendiente de 3 a 4 por ciento fuera de la isla central. En este caso se utilizara un faldón de 2 m.



*Figura 5.4 Isla central con faldón.*

*FUENTE: Anexo 6.23 ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE*

### **5.3.1.8 CURVAS DE ENTRADA.**

La curva de entrada es un factor importante para determinar el funcionamiento de una rotonda, ya que tiene un impacto significativo en la capacidad y seguridad. La curva de entrada, junto con el ancho de entrada, el ancho de

circulación y la geometría de la isla central, controla la cantidad de desviación impuesta en el camino. Los radios más grandes de entrada producen una mayor velocidad de entrada y generalmente se traducen en mayores tasas de accidentes entre la entrada y la circulación de vehículos.

Los radios de entrada en zonas urbanas en rotondas de un solo carril, suelen oscilar entre 10 a 30 m. A nivel local, los radios de entrada de las rotondas puede ser inferior a 10 m cuando el vehículo de diseño es pequeño. Las curvas de entrada en rotondas de dos carriles se recomiendan rangos entre 30 a 60 metros de radio.

En este estudio se considera un radio de 30 m, pues provoca que el conductor perciba mayor restricción en el momento de ingresar al flujo circulatorio.

#### **5.3.1.9 CURVAS DE SALIDA.**

Las curvas de salida por lo general tienen radio a más grandes que las curvas de entrada para minimizar la probabilidad de la congestión en las salidas.

En las rotondas de un solo carril en los entornos urbanos, las salidas deben ser diseñadas para hacer cumplir una ruta de salida en curva con una velocidad de 40 km/h. Por lo general, las curvas de salida no deben de ser inferiores a 15 m. Sin embargo, en los lugares con actividades grandes de tráfico con semi – remolque, los radios de salida puede ser tan baja como 10 a 12 m.

Si el radio de salida es muy pequeño, el tráfico en el interior de la pista circulatoria tendera complicarse, por lo tanto es necesario aplicar un radio mayor que el de entrada. Entonces se toma un radio de 50mt.

### 5.3.1.10 ACERA.

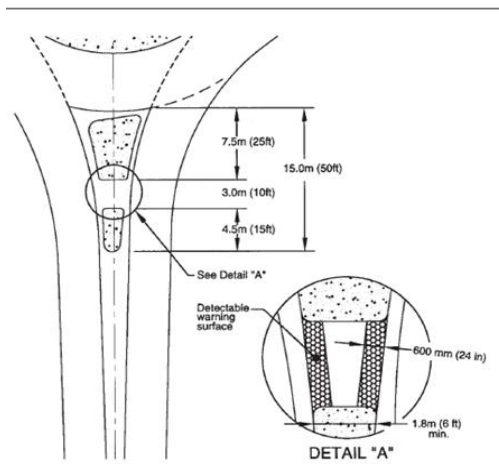
Las aceras están construidas a partir del borde del flujo circulatorio y del flujo de entrada y son para que los peatones transiten en ellas. El ancho recomendable de acera total de 4.0 metros.

### 5.3.1.11 ISLAS DE SEPARACION.

Las islas de separación deben ser proporcionadas en todas las rotondas, excepto aquellas con un diámetro muy pequeño en el que la isla obstruya la visibilidad de la isla central. Su propósito es proporcionar refugio a los peatones, ayudar en el control de velocidad, guiar el tráfico en la entrada a la rotunda, y salir de los flujos de tráfico.

La longitud total de la isla en general, debe ser por lo menos 15 m para proporcionar una protección suficiente para los peatones y para alertar a los conductores que se acercan a la geometría de la rotunda.

En la figura 5.6 se puede observar las distancias mínimas de las islas de separación.



*Figura 5.5 Dimensiones mínimas para islas de separación.*

*FUENTE: ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE*

En la tabla 5.16 se muestra el resumen de los parámetros de diseño geométrico.

Descripción	Unidad	Magnitud	
Velocidad de diseño	Km/h	40	
Diámetro de la isla central	m	41.8	
Radio del círculo inscrito	m	60	
Ancho senda circulatoria	m	9.1	
Ancho de los Faldones	m	2	
Radio mínimo	De entrada	m	15
	De Salida	m	25
Acera	m	3.5	
Islas de separación	m	15	

Tabla 5.16 Parámetros de diseño para Rotonda.

### 5.3.2 ANALISIS DE CAPACIDAD VIAL PARA LA ROTONDA

La capacidad máxima que se puede acomodar en una rotonda de entrada depende de dos factores importantes: El flujo de circulación en la rotonda y los elementos geométricos de la rotonda.

Una vez que se tienen los respectivos parámetros de diseño y la geometría, se procede a realizar el análisis de la capacidad vial para la rotonda, para ello es necesario utilizar ciertos puntos importantes en el ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE, donde se establece una guía sobre el procedimiento que se debe de seguir para alcanzar resultados óptimos y así determinar si la propuesta es factible.

#### 5.3.2.1 ANALISIS DE FLUJO DE ENTRADA

Para determinar la capacidad de la rotonda se utilizan los datos de la tabla 4.9 (Proyecciones desde 16 años hasta 20 años), de la cual se obtienen los



volúmenes de los movimientos que se dan en la intersección. Tomando en cuenta nada más los valores proyectados al 2032 pues este es el año horizonte.

A continuación se presenta el esquema de ubicación para los movimientos en la rotonda y luego se definen los volúmenes respectivos de acuerdo al año horizonte (ver tabla 4.9) y utilizando las equivalencias vehiculares descritas en el capítulo 3 se muestran los volúmenes equivalentes del año horizonte; los cuales se nombran en base a la nomenclatura que a continuación se presenta:

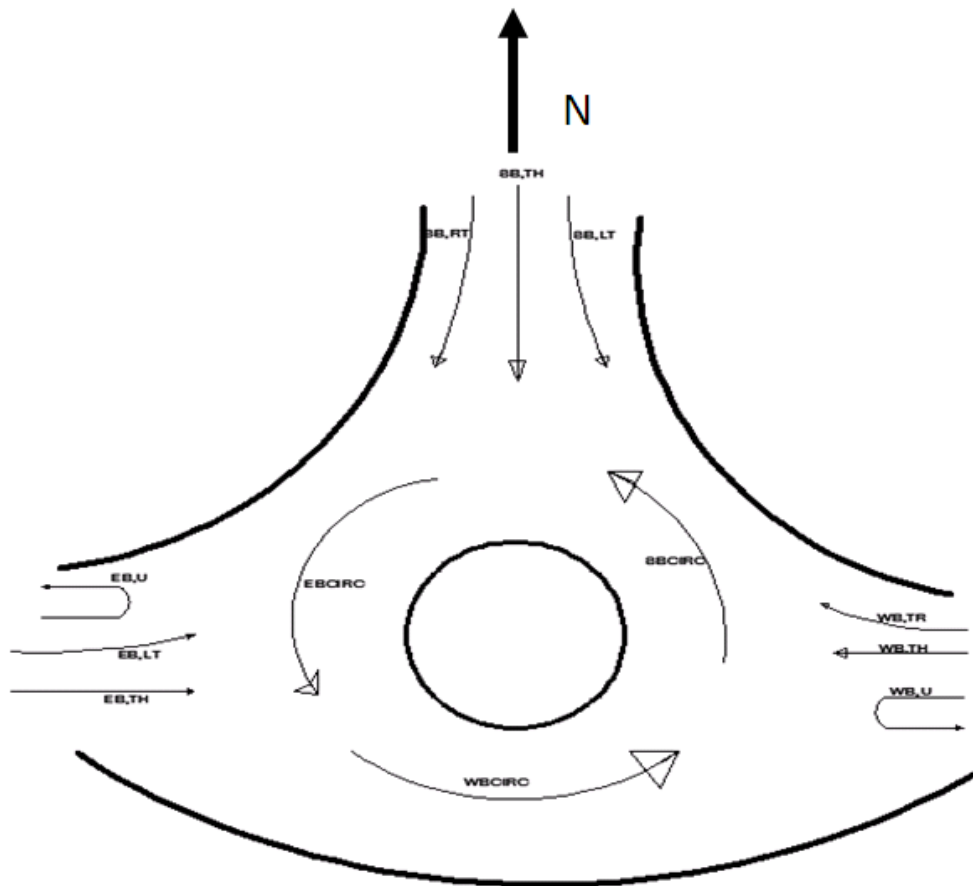


Figura 5.6 Parámetros de flujo de tráfico.

FUENTE: ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
WB	Roosevelt
SB	Ruta Militar
EB	Panamericana
RT	Giro Derecho
LT	Giro Izquierdo
TH	Recto
U	Giro en U

*Tabla 5.17 Nomenclatura utilizada para el análisis de capacidad.*

*En la tabla 5.18 se muestran los flujos vehiculares equivalentes para cada dirección (Volúmenes Horarios).*

<b>WB</b>				<b>EB</b>				<b>SB</b>			
TH	LT	RT	U	TH	LT	RT	U	TH	LT	RT	U
2352	0	1116	0	4319	1160	0	0	0	867	1373	0

*Tabla 5.18 Flujos Vehiculares equivalentes*

### **FLUJO MÁXIMO DE ENTRADA**

PARA WB (Roosevelt)

$$WB = WB,TH + WB, LT + WB, RT + WB,U$$

$$WB = 2352 \text{ veh} + 0 + 1116 \text{ veh} + 0$$

$$WB = 3468 \text{ veh/h}$$

Para las otras arterias se efectúa el mismo análisis, dichos resultados se presentan en la siguiente tabla:

Dirección	Flujo Máximo de Entrada (Veh/h) (2032)
WB	3468
EB	5479
SB	2240

*Tabla 5.19 Flujos máximos de entrada.*

### 5.3.2.2 VOLÚMENES QUE CIRCULAN.

El método de análisis requiere la especificación del volumen de tráfico para cada aproximación a la rotonda, incluyendo la tasa de flujo para cada dirección. Los datos de tráfico de volumen de una rotonda urbana, deben ser recogidos para cada movimiento en las horas pico.

Para propuestas de rotondas de 4 ramas, se utilizan las ecuaciones siguientes, para determinar las tasas de flujo:

$$V_{EB, \text{circ.}} = V_{WB, LT} + V_{SB, LT} + V_{SB, TH} + V_{NB, U\text{-turn}} + V_{WB, U\text{-turn}} + V_{SB, U\text{-turn}}$$

*Ecuación 5.9 Volumen Circulando en la Dirección Este*

$$V_{WB, \text{circ.}} = V_{EB, LT} + V_{NB, LT} + V_{NB, TH} + V_{SB, U\text{-turn}} + V_{EB, U\text{-turn}} + V_{NB, U\text{-turn}}$$

*Ecuación 5.10 Volumen Circulando en la Dirección Oeste*

$$V_{NB, \text{circ.}} = V_{EB, LT} + V_{EB, TH} + V_{SB, LT} + V_{WB, U-turn} + V_{SB, U-turn} + V_{EB, U-turn}$$

*Ecuación 5.11 Volumen Circulando en la Dirección Norte*

$$V_{SB, \text{circ.}} = V_{WB, LT} + V_{WB, TH} + V_{NB, LT} + V_{EB, U-turn} + V_{NB, U-turn} + V_{WB, U-turn}$$

*Ecuación 5.12 Volumen Circulando en la Dirección Sur*

Estas ecuaciones también se pueden aplicar a rotondas de tres o dos ramas ya que son adaptables a las características de las rotondas.

**Los volúmenes que circulan** dentro de la rotonda, se encuentran a través de las ecuaciones ahí anteriores, hay que tomar en cuenta que estas se pueden adaptar de acuerdo al tipo de rotonda, es decir, el número de ramas que esta contenga.

Por ejemplo, para la dirección de la Panamericana se utiliza la ecuación 5.10

$$V_{EB, \text{circ.}} = V_{SB, LT} + V_{SB, TH} + V_{WB, U-turn}$$

$$V_{EB, \text{circ.}} = 867 + 0 + 0$$

$$V_{EB, \text{circ.}} = 867 \text{veh/h.}$$

Dirección	Volumen que circula (Veh/h)
$V_{EB \text{ circ.}}$	867
$V_{WB \text{ circ.}}$	2027
$V_{SB \text{ circ.}}$	2352

Tabla 5.20 Flujos de volumen que circulan en la rotonda.

### 5.3.2.3 CAPACIDAD

Es importante tener en cuenta que la capacidad en la entrada y salida no debe de exceder de 1,800 veh/h, si existe un dato superior puede indicar la necesidad de una entrada o salida de doble carril.

La capacidad máxima que se puede acomodar en una rotonda de entrada depende de dos factores: el flujo de circulación en la rotonda y los elementos geométricos. Cuando el flujo de circulación es bajo, los conductores en la entrada son capaces de entrar en la rotonda sin ningún retraso significativo. Las brechas más grandes en el flujo de circulación son más útiles a los conductores de vehículos que entran y puede entrar más de uno. Como la circulación aumenta en el flujo, el tamaño de las brechas disminuye la capacidad y la velocidad de los vehículos que entran.

Es vital tener en cuenta que al calcular la capacidad de una rama, la corriente real que circula, puede ser menos que los flujos de la demanda, y la capacidad de entrada en una rama que contribuyen al flujo de circulación es menor que la demanda sobre esa rama.

Los elementos geométricos de una rotonda, también afectan la velocidad del flujo de entrada. Los elementos geométricos más importantes son el ancho de la entrada y la senda circulatoria, o el número de carriles en la entrada y en la rotonda.

En la siguiente figura se muestra la capacidad que se espera de una rotonda de doble carril y se basa en las plantillas de diseño para la población urbana. El pronóstico de la capacidad que muestra el grafico es válido para las rotondas de doble carril con diámetros del círculo inscrito desde 40 m hasta 60 m.

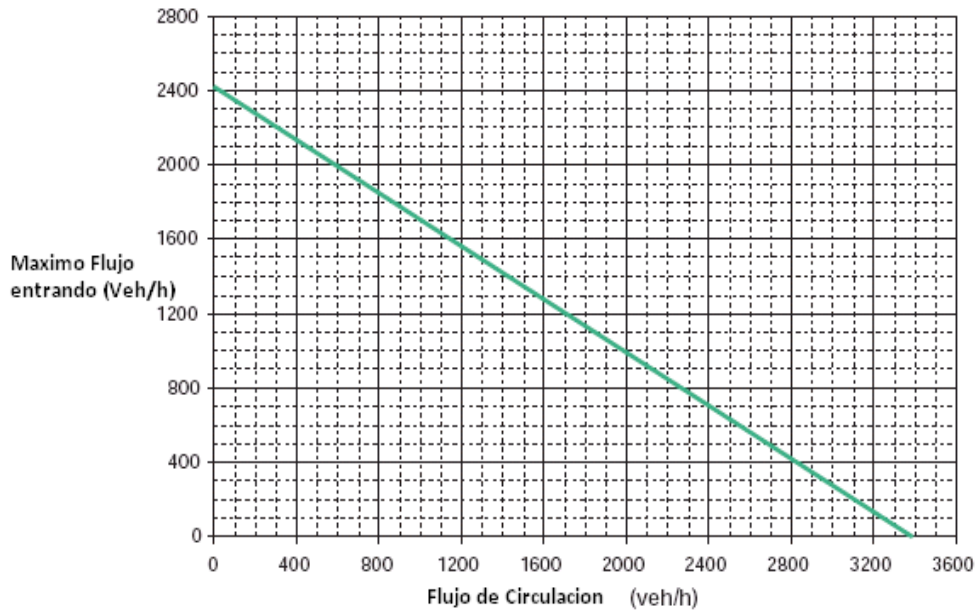


Figura 5.7 Capacidad de acercamiento para rotondas de doble carril

FUENTE: Anexo 4.4 ROUNDABOUT AN INFORMATIONAL GUIDE.

Utilizando la figura anterior se determina la capacidad que se espera en una rotonda de dos carriles.

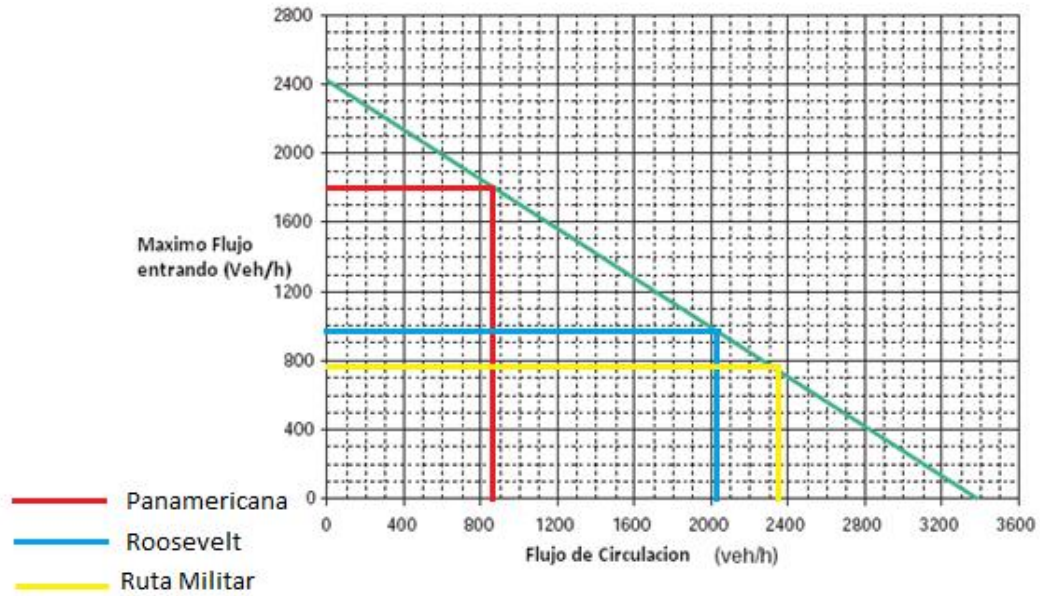


Figura 5.8 Capacidad de acercamiento para la rotonda propuesta.

De la figura 5.8 se obtiene la capacidad de entrada de las arterias y se muestran en la tabla siguiente:

Dirección	Capacidad (Veh/h)
Panamericana (EB)	1800
Avenida Roosevelt (WB)	975
Ruta Militar (SB)	750

Tabla 5.21 Capacidad de entrada en la rotonda propuesta.

En resumen observamos que el máximo flujo entrando existente es superior que el máximo flujo entrando requerido estimado de acuerdo a la figura anterior. Esto es para las tres arterias.

Son tres medidas de desempeño que se utilizan normalmente para estimar el rendimiento de un diseño de una rotonda: el grado de saturación, la longitud de la demora y la cola. Cada medida ofrece una perspectiva única sobre la calidad del servicio en el que una rotonda llevara a cabo bajo un conjunto de datos de tráfico y las condiciones geométricas.

- **Grado de Saturación.**

El grado de saturación es la relación de la demanda en la rotonda a la entrada y la capacidad de entrada. Proporciona una evaluación directa de la suficiencia de un diseño determinado. Si bien no existen normas absolutas para el grado de saturación, un procedimiento australiano sugiere que el grado de saturación de un carril de entrada debe de ser inferior a 0.85 para el buen funcionamiento. Cuando el grado de saturación es superior a este rango, el funcionamiento de la rotonda, se deteriorara rápidamente. Se pueden formar las colas y la demora comienza a aumentar de forma exponencial.

Utilizando la ecuación 4.8 y utilizando los valores de la tabla 5.20

Para la carretera Panamericana

$$v/c = 5479/1800 = 3.1$$

Los grados de saturación de las otras arterias se encuentran en la siguiente tabla:



Dirección	Grado de Saturación (v/c)
Panamericana (EB)	3.1
Avenida Roosevelt (WB)	3.6
Ruta Militar (SB)	3.0

Tabla 5.22 Grado de Saturación de las arterias que conforman la rotonda.

- **Demoras.**

Las demoras son un parámetro para medir el desempeño de una intersección.

La fórmula para el cálculo de este retraso se da en la ecuación 5.14. En la figura 5.8 se muestra el control de retraso en la entrada y varía según la capacidad de entrada y el flujo de circulación. Cada curva del control de demora termina en una relación de volumen a la capacidad de 1.0.

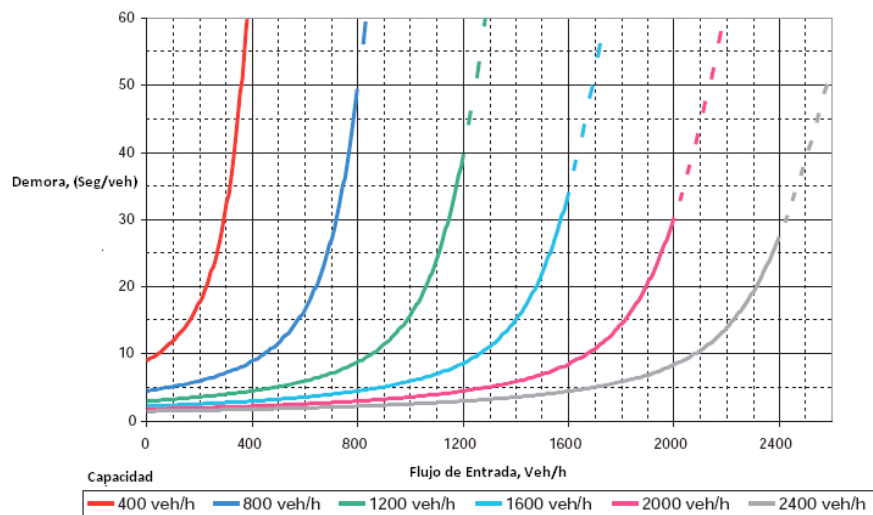


Figura 5.9 Control de la demora en función de la capacidad y el flujo de entrada.

FUENTE: Anexo 4.9 ROUNDABOUT AN INFORMATIONAL GUIDE.

De acuerdo al flujo de entrada de cada arteria que converge en la intersección sobrepasan los límites establecidos en la gráfica anterior, por ello es recomendable utilizar la ecuación 5.14 para determinar la demora en la rotonda.

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T x \left[ \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right)\left(\frac{V_x}{C_{m,x}}\right)}{450 T}} \right]$$

*Ecuacion 5.13 Demora en una rotonda.*

Donde:

D = Control de demora.

Vx = Flujo por movimiento

Cx = Capacidad de movimiento.

T = periodo de analisis.

Por ejemplo se calcula la demora para la direccion de la Carretera Ruta Militar

$$d = \frac{3600}{750} + 900(0.25) x \left[ \frac{2240}{750} - 1 + \sqrt{\left(\frac{2240}{750} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{750}\right)\left(\frac{2240}{750}\right)}{450x 0.25}} \right]$$

$$d = 2844 \text{ s}$$

Para las otras arterias se efectuara el mismo procedimiento, y dichos datos se muestran en la siguiente tabla

Dirección	Demora (seg/veh)
Panamericana (EB)	950
Avenida Roosevelt (WB)	1161
Ruta Militar (SW)	2844

Tabla 5.23 Demoras de las arterias que conforman la rotonda.

Un análisis preciso de las condiciones de retraso sobre la saturación requiere las siguientes consideraciones:

El efecto de las colas residuales. Las entradas de la rotonda que operan acerca o sobre la capacidad

Para la mayoría de aplicaciones de diseño, los grados de saturación no son más que 0.85, es decir que los resultados presentados no son suficientes.

- **Longitud de la cola.**

Es importante al evaluar la adecuación del diseño geométrico de los enfoques de la rotonda. La duración media de la cola (L) puede ser calculado utilizando la siguiente ecuación.

$$L = v * \frac{d}{3600}$$

Ecuacion 5.14 Longitud de la cola

Donde

V = Flujo de entrada, Veh/h

d = Demora total, Seg/veh.

Por ejemplo, se encuentra la longitud de cola de la carretera Ruta Militar,

$$L = 2240 * \frac{2844}{3600} = 1770 \text{ mt}$$

Las longitudes de cola para las siguientes arterias se presentan en la tabla 4

Dirección	Longitud de cola (m)
Panamericana (EB)	1446
Avenida Roosevelt (WB)	1118
Ruta Militar (SW)	1770

Tabla 5.24 Longitud de cola de las arterias que conforman la rotonda.

La longitud media de la cola es equivalente a las horas en vehículos de retraso por hora. Es útil para comparar el rendimiento de la rotonda de una intersección con otras formas y otros procedimientos de planificación para la entrada a la intersección.

Para propósitos de diseño, en la ecuación 5.16 muestra como el percentil 95 con la longitud de la cola varia con el grado de saturación. El eje de la grafica “x” es el grado de saturación, o la relación entre el flujo de entrada a la capacidad de entrada.

Para determinar el percentil 95 de la longitud de la cola durante el tiempo T, utilizar el grafico, desplazarse de forma vertical hasta que la línea curva calculada se alcance, entonces se mueven horizontalmente hacia la izquierda para determinar la longitud de la cola del percentil 95°.

$$Q_{95} = 900 T \left[ \frac{Vx}{Cm, x} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{Vx}{Cm, x}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{Cm, x}\right)\left(\frac{Vx}{Cm, x}\right)}{150 T}} \right] \left(\frac{Cm, x}{3600}\right)$$

Ecuacion 5.15 Longitud de la cola estimada en el Percentil 95

Donde:

Q95 = Cola del percentil 95, veh.

Vx = Tasa de flujo por movimiento x, veh/h

Cm, x = Capacidad de Movimiento, X, veh/h

T= periodo de análisis, h

Por ejemplo se determina la longitud de la cola del percentil 95 para la Avenida Roosevelt y se tiene:

$$Q_{95} = 900 (0.25) \left[ \frac{1183}{850} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{1183}{850}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{1183}\right)\left(\frac{1183}{850}\right)}{150 (0.25)}} \right] \left(\frac{850}{3600}\right) = 48 \text{ s}$$

Las longitudes de cola del percentil 95 para las siguientes arterias se presentan en la tabla 5.24

<b>Dirección</b>	<b>Longitud de cola (veh)</b>
Panamericana (EB)	477
Avenida Roosevelt (WB)	314
Ruta Militar (SW)	192

**Tabla 5.25** Longitud de cola estimada en el Percentil 95

Cuando se tienen estos datos se procede a utilizar la figura 5.10 la que nos permitirá determinar el número de vehículos máximos esperados en la cola.

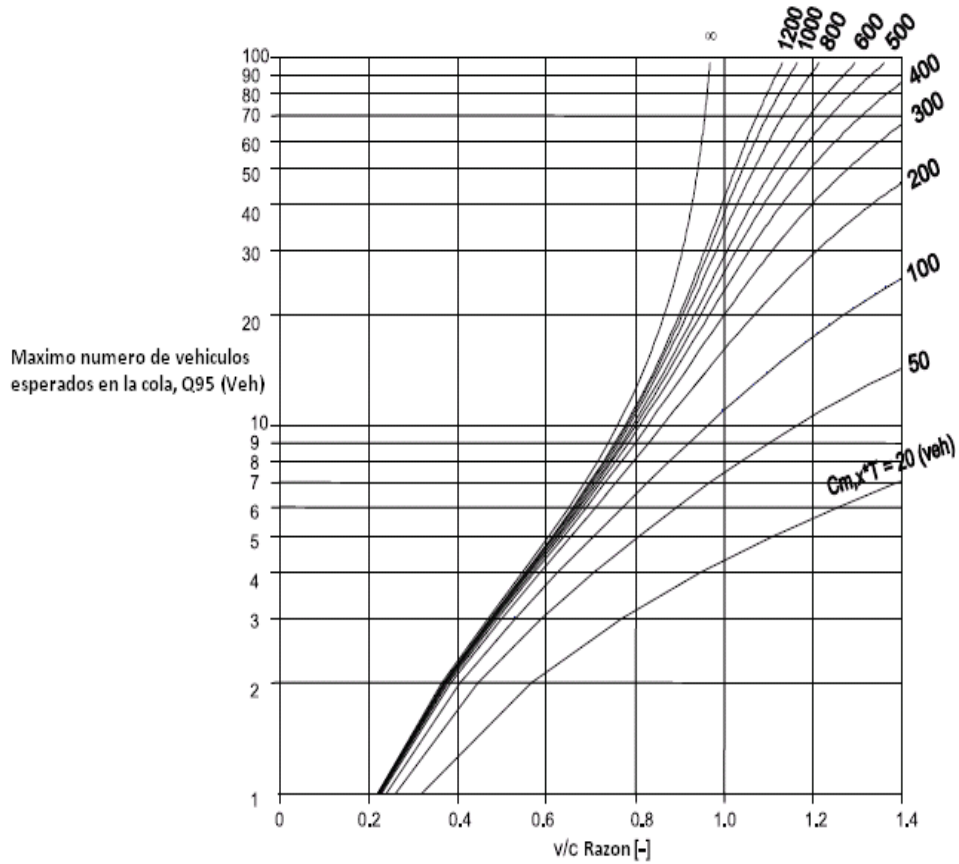


Figura 5.10 Longitud de la cola estimada con el percentil 95.

FUENTE: Anexo 4.10 ROUNDABOUT AN INFORMATIONAL GUIDE

Se puede observar que el grado de saturación para estas arterias es mucho mayor que los valores permitidos en la gráfica. Es por ello que como se consideró en la sección anterior la longitud común de un vehículo de 6.10 mt. se procedió a utilizar dicho dato para determinar el número de vehículos máximos utilizando el percentil 95, es decir, se divide la longitud de la cola esperada entre la longitud común de un vehículo.

<b>Dirección</b>	<b>Número de Vehículos</b>
Panamericana (EB)	78
Avenida Roosevelt (WB)	52
Ruta Militar	32

**Tabla 5.26** Número de vehículos esperados durante el percentil 95

#### **5.3.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Efectuando el análisis de capacidad para una rotonda, se concluye que:

- ✓ Los datos de la Tabla 5.21 son demasiado inferiores que los mostrados en la Tabla 5.19 correspondientes a los flujos máximos de entrada, obteniendo así un grado de saturación por encima de los valores aceptables.
- ✓ Las demoras sobrepasan los 40 min por lo que queda demostrado que esta alternativa no es factible técnicamente.

#### **5.4.3 DISEÑO GEOMETRICO**

El diseño geométrico de la rotonda propuesta se encuentra en el Anexo 7.

## **5.4 PROPUESTA No 3 “ESTRUCTURA A DESNIVEL O INTERCAMBIADOR”**

### **5.4.1 SELECCIÓN DE PARAMETROS**

En el desarrollo de esta sección se toma en consideración el HIGHWAY MANUAL CAPACITY 2000 y el A Policy on Geometric Design of Highways and Streets-2004 de la AASHTO, para establecer los parámetros básicos en el desarrollo de la propuesta de intercambio.

En lo sucesivo, se trata de demostrar que la alternativa de paso a desnivel o intercambio es más factible que las otras propuestas presentadas en este capítulo.

El parámetro que sirve de base para establecer todas las características geométricas de la vía es el volumen horario de diseño expresado como tasa de flujo de los 15 minutos punta, de la hora punta del año horizonte de diseño, 2032. Normalmente, se calcula el volumen horario de diseño, a través del Factor K30 y el factor D30, aplicado al Transito Promedio Diario Anual (TPDA) del año horizonte del proyecto. El factor K30 es la relación del volumen de la hora punta dividido entre el volumen del día; el factor D30 es la proporción, en porcentaje del mayor flujo que pasa en la hora punta, entre ambas direcciones. Por ejemplo D30=55%. Los estudios internacionales han demostrado que para propósitos de diseño geométrico y análisis de capacidad, es recomendable adoptar la 30ava mayor hora del año.

#### **5.4.1.1 VEHICULO DE DISEÑO**

Los vehículos de diseño son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras regionales. Tomando en consideración el tipo de vehículo más desfavorable de los que



hacen uso de la intersección el cual es el WB-20, el cual consiste en un camión articulado con distancia entre ejes extremos de 20 metros, que aunque en el país es limitada su circulación, se espera que se incremente a futuro. El uso de este vehículo de diseño, implica adoptar la condición de tráfico C, cuando se utilizan las tablas AASHTO-2004, para dimensionar anchos de rampas.

#### **5.4.1.2 PROYECCIONES DE LOS VOLÚMENES**

Para la obtención de los volúmenes horarios se utilizan los datos de la tabla 4.9 la cual muestra los volúmenes por movimiento al año horizonte, a continuación se presentan los flujos vehiculares para cada dirección (Volúmenes Horarios).

En la tabla 5.27 se muestran los flujos vehiculares para cada dirección (Volúmenes Horarios del año 2032)

<b>AÑO</b>	<b>A-B</b>	<b>A-C</b>	<b>B-A</b>	<b>B-C</b>	<b>C-A</b>	<b>C-B</b>	<b>A-D</b>	<b>D-B</b>
Vol. Final Año 2032	3827	1015	1902	1063	1194	822	145	392

*Tabla 5.27 Volúmenes Horarios equivalentes del año horizonte.*

Se ha considerado suprimir los movimientos C-D y D-A, debido a que son de bajo volumen, pueden asignarse (efectuarse) en otras intersecciones cercanas y adoptarlos para resolverlos en este diseño, encarece drásticamente la obra.

#### **5.4.1.3 VELOCIDAD DE DISEÑO**

Tomando en debida consideración las recomendaciones del HIGHWAY MANUAL CAPACITY 2000, (Anexo 25-3) se presenta la Tabla 5.28, la cual muestra las variaciones recomendables en las velocidades de diseño para las carreteras, teniendo en cuenta la capacidad para cada senda o carril, las cuales se han determinado a partir de los movimientos con sus respectivos volúmenes horarios mostrados en la sección 5.4.1.2.

Velocidad de flujo libre en rampas, S <sub>FR</sub> (Km/h)	CAPACIDAD (pc/h)	
	Rampas de un carril	Rampas de dos carriles
> 80	2200	4400
> 65–80	2100	4100
> 50–65	2000	3800
≥ 30–50	1900	3500
< 30	1800	3200

Tabla 5.28 Capacidad aproximada de rampas en carreteras.

FUENTE: Anexo 25.3, HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000 del TRB

De acuerdo a los volúmenes horarios obtenidos en el campo y con sus respectivas proyecciones (ver tabla 5.27) se determina una velocidad de diseño igual 50 km/h.

#### 5.4.1.4 ANCHO DE CARRIL

El ancho de carril utilizado es de 3.6 metros el cual es deseable para las carreteras de la red vial, de manera que una calzada de dos carriles con 7.2 metros ofrecerá óptimas condiciones para la circulación vehicular en el intercambio.

#### 5.4.1.5 ANCHO MINIMOS DE HOMBROS Y ACERAS

No se han proyectado hombros debido a que es un diseño típicamente urbano, en el cual para que caminen los peatones se han proyectado aceras.

Dada la densidad peatonal actual observada y el estimado de incremento de la actividad en la zona, se ha seleccionado un ancho de aceras de 2.00 mts en las rampas principales y 1.00 metros en las rampas elevadas.

### 5.4.1.6 RADIOS MINIMOS Y GRADOS MAXIMOS DE CURVAS HORIZONTALES PARA VELOCIDADES DE DISEÑO

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobre elevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobre elevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. El uso de radios más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de sobre elevación.

A continuación se muestra una tabla en la que se exponen valores de radio mínimo y grado de curva para diferentes velocidades de diseño y sobreelevación máxima, en la Tabla 5.31 se presentan estos valores.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53'
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156  
 Nota: Cifras redondeadas para radios v grados recomendados

**Tabla 5.29** *Radios Mínimos y grados máximos de Curvas Horizontales para distintas velocidades de diseño.*

Del cual se extraen los siguientes valores de radio mínimo y su correspondiente grado de Curva en concordancia con la velocidad de diseño:

- Radio mínimo= 100 mt
- Grado de curva= 11° 28'

#### **5.4.1.7 SOBREANCHOS EN CURVAS**

Los sobre anchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobre anchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En las carreteras modernas con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobre anchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía. Para establecer el sobre ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

**a)** En curvas circulares sin transición, el sobre ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.

**b)** Cuando existen curvas de transición, el sobre ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.

A continuación se presenta una tabla el cual muestra valores de pre diseño para sobre anchos en curvas, con una pendiente máxima de 4 % .

METRIC																												
R (m)	e (%)	V <sub>d</sub> = 20 km/h			V <sub>d</sub> = 30 km/h			V <sub>d</sub> = 40 km/h			V <sub>d</sub> = 50 km/h			V <sub>d</sub> = 60 km/h			V <sub>d</sub> = 70 km/h			V <sub>d</sub> = 80 km/h			V <sub>d</sub> = 90 km/h			V <sub>d</sub> = 100 km/h		
		L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		e	L (m)		
		Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	(%)	Lns	Lns	
7000	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	
5000	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	
3000	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	16	25	
2500	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	15	23	
2000	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	14	22	RC	15	23	2.2	16	27	
1500	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	13	20	RC	14	22	2.3	18	26	2.6	21	32	
1400	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	13	20	2.1	15	23	2.4	18	28	2.7	22	33	
1300	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	13	20	2.2	16	24	2.5	19	29	2.8	23	34	
1200	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	12	18	RC	13	20	2.3	17	25	2.6	20	30	2.9	24	36	
1000	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	12	18	2.2	14	22	2.5	18	27	2.8	21	32	3.2	26	39	
900	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	11	17	RC	12	18	2.4	16	24	2.7	19	28	3.0	23	34	3.4	28	42	
800	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	11	17	2.1	13	19	2.5	16	25	2.8	20	30	3.2	25	37	3.5	29	43	
700	NC	0	0	NC	0	0	NC	0	0	RC	11	17	2.3	14	21	2.7	18	27	3.0	22	32	3.4	26	39	3.7	30	45	
600	NC	0	0	NC	0	0	RC	10	15	2.1	12	17	2.5	15	23	2.9	19	28	3.2	23	35	3.6	28	41	3.9	32	48	
500	NC	0	0	NC	0	0	RC	10	15	2.3	13	19	2.7	16	24	3.1	20	30	3.5	25	38	3.8	29	44	4.0	33	49	
400	NC	0	0	NC	0	0	2.1	11	16	2.5	14	21	3.0	18	27	3.4	22	33	3.7	27	40	4.0	31	46	R <sub>min</sub> = 490			
300	NC	0	0	RC	10	14	2.4	12	19	2.8	16	23	3.3	20	30	3.8	25	37	4.0		29	43	R <sub>min</sub> = 375					
250	NC	0	0	RC	10	14	2.6	13	20	3.0	17	25	3.6	22	32	3.9		26	36	R <sub>min</sub> = 280								
200	NC	0	0	2.3	11	17	2.8	14	22	3.3	18	27	3.8	23	34	R <sub>min</sub> = 215												
175	NC	0	0	2.4	12	17	2.9	15	22	3.5	19	29	3.9	23	35													
150	RC	9	14	2.5	12	18	3.1	16	24	3.7	20	31	4.0	24	36	R <sub>min</sub> = 150												
140	RC	9	14	2.6	12	19	3.2	16	25	3.8	21	32																
130	RC	9	14	2.6	12	19	3.3	17	26	3.8	21	32																
120	RC	9	14	2.7	13	19	3.4	17	26	3.9	22	32																
110	RC	9	14	2.8	13	20	3.5	18	27	4.0	22	33																
100	2.1	9	14	2.9	14	21	3.6	19	28	4.0	22	33	R <sub>min</sub> = 100															
90	2.2	10	15	3.0	14	22	3.7	19	29																			
80	2.4	11	16	3.2	15	23	3.8	20	29																			
70	2.5	11	17	3.3	16	24	3.9	20	30																			
60	2.6	12	18	3.5	17	25	4.0	21	31	R <sub>min</sub> = 80																		
50	2.8	13	19	3.7	18	27																						
40	3.0	14	20	3.9	19	28	R <sub>min</sub> = 35																					
30	3.3	15	22																									
20	3.8	17	26	R <sub>min</sub> = 15																								

e<sub>max</sub> = 4%  
R = radius of curve  
V<sub>d</sub> = assumed design speed  
e = rate of superelevation  
L = minimum length of runoff (does not include tangent runoff) as discussed in "Tangent-to-Curve Transition" section  
NC = normal crown section  
RC = remove adverse crown, superelevate at normal crown slope  
Use of e<sub>max</sub> = 4% should be limited to urban conditions

Tabla 5.30 Pre diseño para sobre anchos en curvas con pendientes de 4%

### 5.4.1.8 TRANSICIÓN SIMPLE DE PERALTE Y SOBREAÑO

La figura 5.11 ilustra la transición simple del peralte y el sobre ancho en una curva circular, en tanto que la figura 5.12 muestra la forma de proyectar la transición del peralte y el sobre ancho cuando existe una longitud de transición en espiral, L<sub>e</sub>. La figura 5.13 muestra en planta como se mantiene inalterable la línea de la rasante longitudinal, mientras en la longitud de transición espiral se

"Diseño Geométrico, análisis de capacidad vial para cada una de las Alternativas presentadas y elección de la propuesta viable"

realiza el giro del peralte en relación al borde exterior o interior de la calzada. En perfil, el giro del peralte para la transición espiral se puede realizar alrededor del eje longitudinal, del borde interno y del borde externo de la calzada, según se ilustra en las figuras 5.14, 5.15 y 5.16, respectivamente.

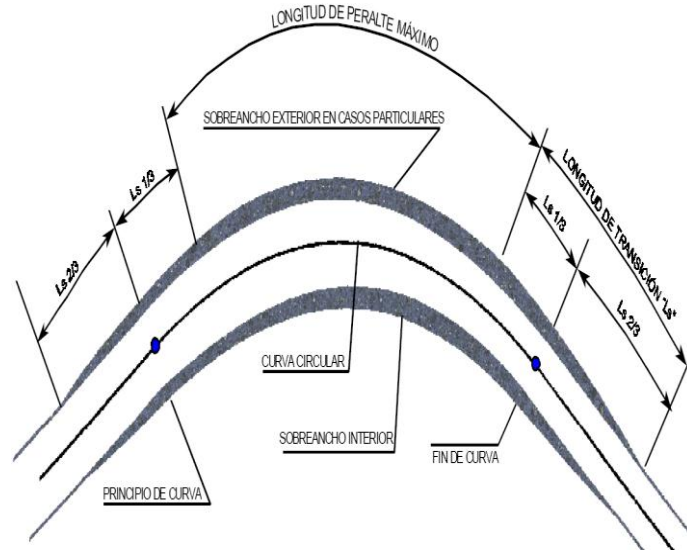


Figura 5.11 Transición simple de peralte y sobre ancho.

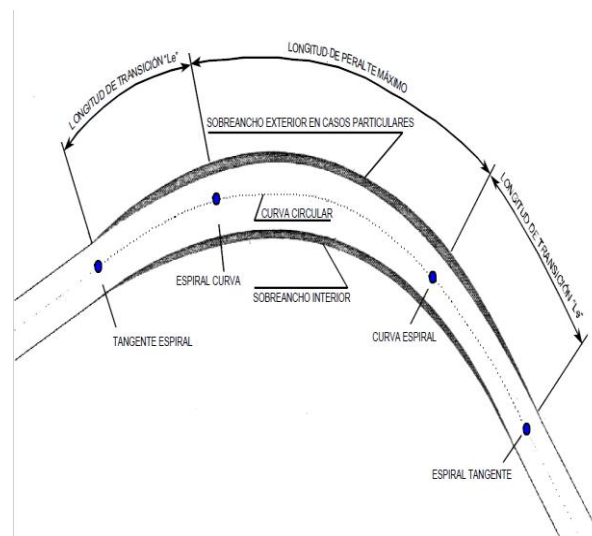


Figura 5.12 Transición espiral de peralte y sobre ancho.

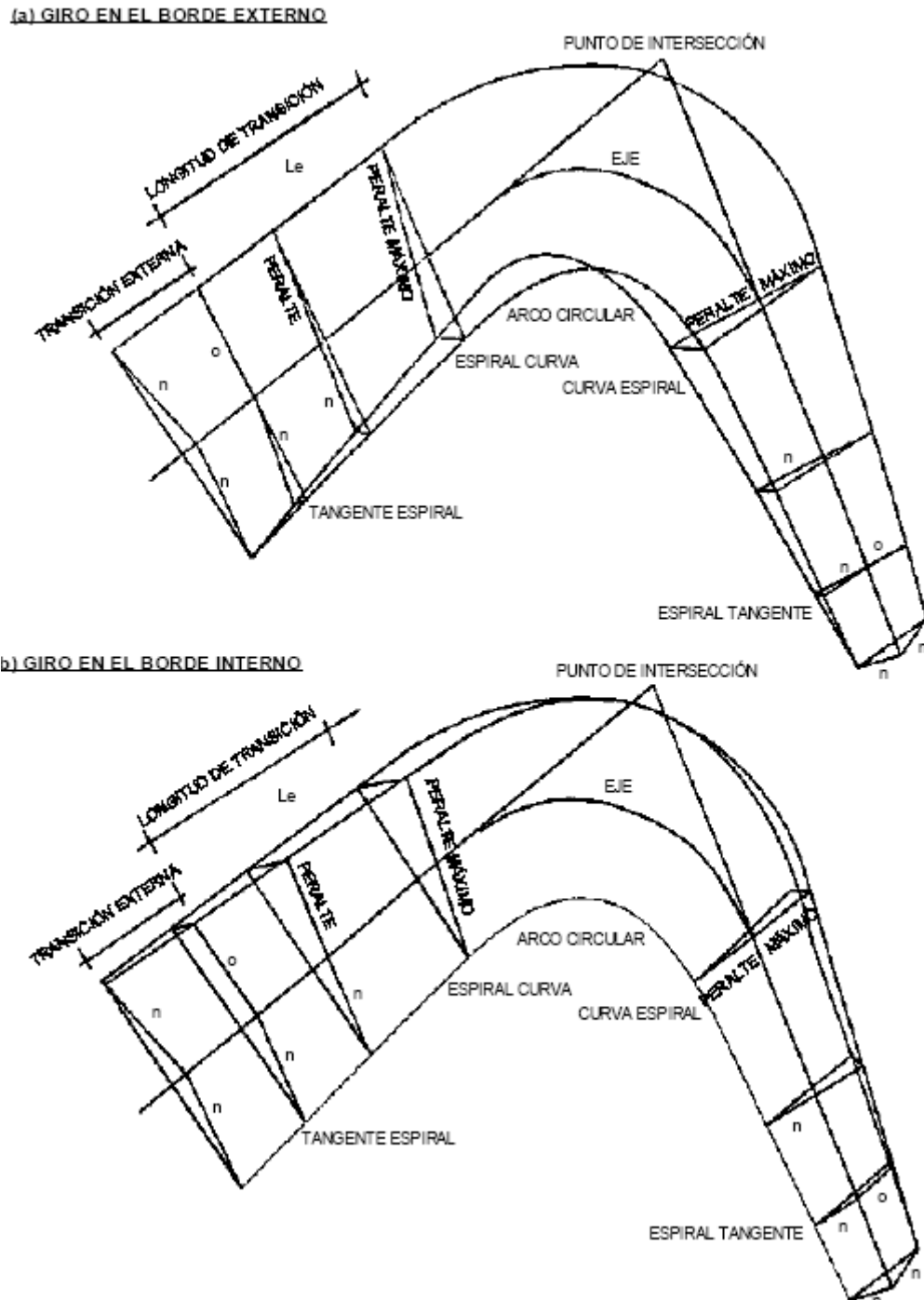


Figura 5.13 Diagrama de transición espiral del peralte.

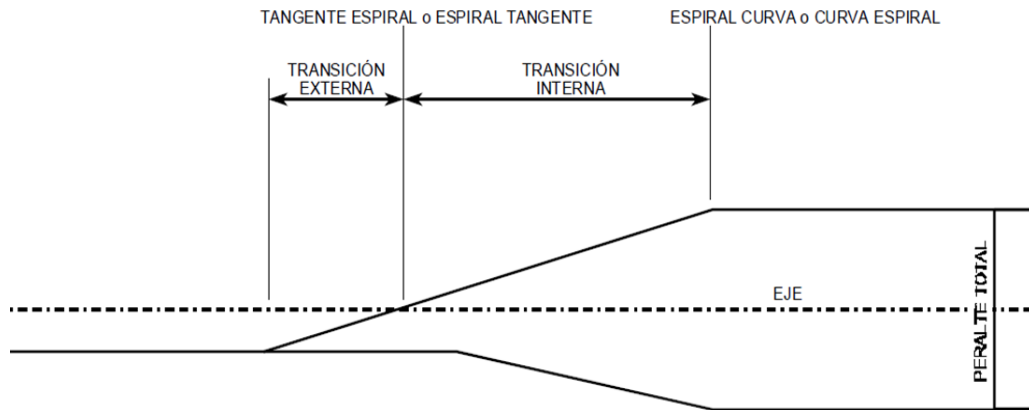


Figura 5.14 Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor del eje.

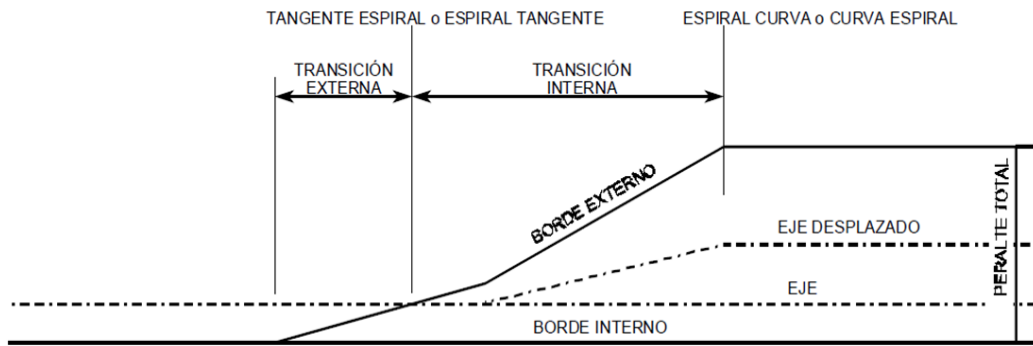


Figura 5.15 Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor del borde interno.



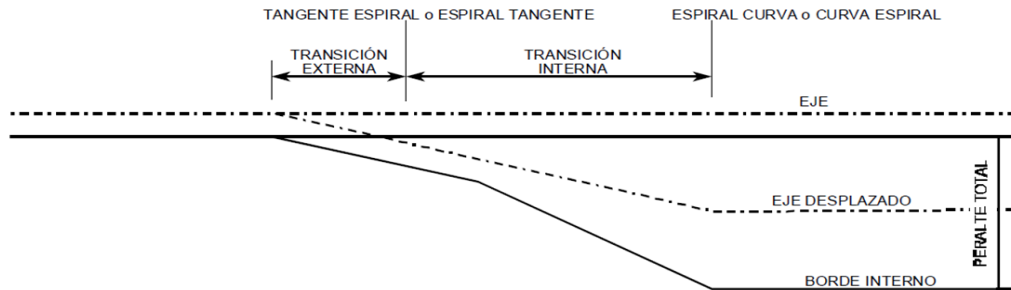


Figura 5.16 Giro del peralte para transición espiral, giro alrededor del borde externo.

### 5.5.1.9 DISTANCIAS MINIMAS ( $D^x$ , en metros) PARA REALIZAR LA SEPARACION DE NIVELES EN ESTRUCTURAS DE PASO POR ARRIBA O POR DEBAJO

La distancia mínima requerida,  $D$ , para efectuar la separación de niveles depende de la velocidad de diseño, de la pendiente longitudinal de la carretera y de la altura de subida o bajada,  $H$ , necesaria para la separación de niveles. La distancia requerida puede determinarse del cuadro 5.33 para pendientes comprendidas entre 2 y 7 por ciento y para velocidades de 80 a 110 kilómetros por hora, aplicables a autopistas, y velocidades hasta de 50 kilómetros por hora para carreteras menores. Los valores se han derivado para condiciones similares de pendientes de ambos lados de la estructura, pudiendo interpolarse o extrapolarse dichos valores. Los valores de  $D$ , expresados en metros, son válidos igualmente para situaciones de pendientes desiguales. La distancia  $D$  es la suma de la curva vertical de entrada, más la longitud de la tangente y la mitad de la curva vertical en la cresta o el columpio de la estructura, pero está basada en la mínima distancia de visibilidad de parada, siendo que lo recomendable es proporcionar curvas de mayor amplitud. Pendientes mayores de 3, 4, 5 y 6 por ciento, no deben usarse con velocidades de 110, 100, 80 y 60

kilómetros por hora respectivamente, cuando la separación de niveles sea de 7.5 metros o menos.

La diferencia típica en elevaciones es de 6.0 a 6.6 metros, para tomar en consideración tanto la altura libre vertical como el peralte de la estructura, incluida la losa.

Velocidad, km/h y Pendiente	Valores de H**, metros			
	4	6	8	10
50, 5%	130	170	210	250
50, 7%	-	160	180	210
60, 4%	160	210	260	310
60, 6%	-	190	220	250
80, 3%	220	290	350	420
80, 5%	-	-	300	340
100, 3%	-	350	410	480
100, 5%	-	-	-	-
110, 2%	330	400	460	530
110, 4%	-	-	-	-

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 834  
 \*La distancia D es la suma de la curva vertical de entrada, más la longitud de la tangente y la mitad de la curva vertical en la cresta o el columpio al nivel de la estructura (Ver figura 6.4).  
 \*\*Diferencia en metros del nivel del terreno y la cresta o el fondo del columpio en una estructura de separación de niveles (Ver figura 6.4).

*Tabla 5.31 valores de “H” recomendables*

Para una velocidad de diseño igual a 50 km/h se toma una diferencia de nivel de terreno y la cresta entre las separaciones de niveles de H =8 mt y una suma de la curva vertical de entrada más la longitud de la tangente y la mitad de la curva vertical en la cresta de D=210 mt.

#### **5.5.1.10 DISEÑO DE ANCHOS PARA LOS GIROS EN LAS RAMPAS SOBRE INTERCAMBIADORES**

El ancho de diseño de las rampas, que incluye los hombros o su equivalente como área despejada fuera de la vía de circulación, varía según el tipo de operación de la rampa, la curvatura y los volúmenes de tránsito, pero sobre todo de la composición del tránsito que está dado, en el cuadro 5.34, para las siguientes condiciones:

**Condición A:** tránsito predominante de automóviles, con alguna participación de transporte de carga en camiones.

**Condición B:** suficientes camiones en el tránsito como para gobernar el diseño, pero con alguna participación de combinaciones de tractores con semirremolques. El volumen de camiones pesados es del orden de 5 a 10 por ciento del tránsito total.

**Condición C:** el diseño es controlado por cabezales con semirremolques y autobuses pesados. En lo que se refiere a los hombros, cuando estos son pavimentados, deben tener un ancho uniforme a lo largo de toda la rampa, con 0.6 a 1.2 metros en el lado izquierdo y 2.4 a 3.0 metros en el lado derecho. En las rampas direccionales con velocidades de diseño de 60 o más kilómetros por hora, el hombro izquierdo pavimentado debe ser de 0.3 a 1.8 metros, y de 2.4 a 3.0 metros el hombro derecho. Los hombros están previstos para proveer refugio fuera de la vía de circulación para los vehículos dañados o para auxiliar a los conductores extraviados, por eso se recomienda que se diseñen con el espesor total del pavimento de la pista de rodamiento. El ancho del área despejada de las rampas debe tener a la derecha, fuera del borde de la pista de rodamiento, por lo menos 1.8 metros, preferiblemente 2.4 a 3.0 metros. El área despejada a la izquierda debe ser una franja de 1.2 metros por lo menos, fuera de la pista de rodamiento.

Las rampas están previstas para no contar con bordillos, excepto cuando resultan necesarios para atender problemas de drenaje superficial por limitaciones en los derechos de vía.

**Anchos de Diseño para Rampas de Giro en Intercambios, dimensiones en metros**

Radio interior Del pavimento	CASO I			CASO II			CASO III		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.4	5.4	6.9	6.9	7.5	8.7	9.3	10.5	12.6
25	4.8	5.1	5.7	6.3	6.9	8.1	8.7	9.9	11.1
30	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.5	8.4	9.3	10.5
50	4.2	4.8	5.1	5.7	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9
75	3.9	4.8	4.8	5.7	6.3	6.9	8.1	8.7	9.3
100	3.9	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	9.0
125	3.9	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	8.7
150	3.6	4.5	4.5	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	8.7
Tangente	3.6	4.5	4.5	5.1	5.7	6.3	7.5	8.1	8.1

Fuente: AASHTO, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 1994, p. 935

Caso I: un carril, circulación en un sentido, con limitada disponibilidad para adelantar a un vehículo varado.

Caso II: un carril, circulación en un sentido y disponibilidad para adelantar a un vehículo varado.

Caso III: dos carriles para circulación en uno o en ambos sentidos.

Las condiciones A, B y C son descritas en el texto.

**Tabla 5.32** Anchos de diseño para rampas de giro en intercambios

Puesto que la pendiente longitudinal está relacionada con la velocidad de diseño y que velocidades mayores exigen pendientes más suaves, se ha establecido como criterio general que las rampas de ascenso con una velocidad de diseño de 70 a 80 kilómetros por hora sean limitadas a pendientes comprendidas entre 3 y 5 por ciento; que para velocidades de 60 kilómetros por hora la pendiente se ubique entre 4 y 6 por ciento; que para velocidades dentro del rango de 40 a 50 kilómetros por hora, la pendiente pueda ser de 5 a 7 por ciento y de 6 a 8 por ciento para las velocidades menores de 40 kilómetros por hora. Para rampas con circulación en un solo sentido se admite que los valores anteriores puedan ser incrementados, por lo que se refiere a pendientes, en un dos por ciento más.

Por lo tanto se considera el caso II con una condición A, pues es la que presenta las características más aceptables y se acondicionan a los requisitos necesarios.

### 5.5.1.11 DISEÑO DE ANCHOS PARA GIROS EN CARRETERAS

El diseño de anchos de carril para giros en carreteras está en función de ciertos factores que inciden en este, tales como la velocidad de diseño y su radio de giro, si el radio de giro aumenta el ancho disminuirá es decir son inversamente proporcionales entre ellas. En la tabla 5.35 la cual se substrahe del AASHTO 2001 (pag. 843) se determinan los anchos requeridos para los giros en curvas.

Metric										US Customary									
Radius on inner edge of pavement R (m)	Pavement width (m)									Radius on inner edge of pavement R (ft)	Pavement width (ft)								
	Case I			Case II			Case III				Case I			Case II			Case III		
	One-lane, one-way operation—no provision for passing a stalled vehicle			One-lane, one-way operation—with provision for passing a stalled vehicle			Two-lane operation—either one-way or two-way				One-lane, one-way operation—no provision for passing a stalled vehicle			One-lane, one-way operation—with provision for passing a stalled vehicle			Two-lane operation—either one-way or two-way		
	Design traffic conditions										Design traffic conditions								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.4	5.5	7.0	6.0	7.8	9.2	9.4	11.0	13.6	50	18	18	23	20	26	30	31	36	45
25	4.8	5.0	5.8	5.6	6.9	7.9	8.6	9.7	11.1	75	16	17	20	19	23	27	29	33	38
30	4.5	4.9	5.5	5.5	6.7	7.6	8.4	9.4	10.6	100	15	16	18	18	22	25	28	31	35
50	4.2	4.6	5.0	5.3	6.3	7.0	7.9	8.8	9.5	150	14	15	17	18	21	23	26	29	32
75	3.9	4.5	4.8	5.2	6.1	6.7	7.7	8.5	8.9	200	13	15	16	17	20	22	26	28	30
100	3.9	4.5	4.8	5.2	5.9	6.5	7.6	8.3	8.7	300	13	15	15	17	20	22	25	28	29
125	3.9	4.5	4.8	5.1	5.9	6.4	7.6	8.2	8.5	400	13	15	15	17	19	21	25	27	28
150	3.6	4.5	4.5	5.1	5.8	6.4	7.5	8.2	8.4	500	12	15	15	17	19	21	25	27	28
Tangent	3.6	4.2	4.2	5.0	5.5	6.1	7.3	7.9	7.9	Tangent	12	14	14	17	18	20	24	26	26
Width modification regarding edge treatment										Width modification regarding edge treatment									
No stabilized shoulder	None			None			None			No stabilized shoulder	None			None			None		
Sloping curb	None			None			None			Sloping curb	None			None			None		
Vertical curb:	None			None			None			Vertical curb:	None			None			None		
one side	Add 0.3 m			None			Add 0.3 m			one side	Add 1 ft			None			Add 1 ft		
two sides	Add 0.6 m			Add 0.3 m			Add 0.6 m			two sides	Add 2 ft			Add 1 ft			Add 2 ft		
Stabilized shoulder, one or both sides	Lane width for conditions B & C on tangent may be reduced to 3.6 m where shoulder is 1.2 m or wider			Deduct shoulder width; minimum width as under Case I			Deduct 0.6 where shoulder is 1.2 m or wider			Stabilized shoulder, one or both sides	Lane width for conditions B & C on tangent may be reduced to 12 ft where shoulder is 4 ft or wider			Deduct shoulder width; minimum pavement width as under Case I			Deduct 2 ft where shoulder is 4 ft or wider		
Note:	A = predominantly P vehicles, but some consideration for SU trucks. B = sufficient SU vehicles to govern design, but some consideration for semitrailer combination trucks. C = sufficient bus and combination-trucks to govern design.									A = predominantly P vehicles, but some consideration for SU trucks. B = sufficient SU vehicles to govern design, but some consideration for semitrailer combination trucks. C = sufficient bus and combination-trucks to govern design.									

**Tabla 5.33** Anchos requeridos para los giros de curva.

Por lo tanto para el flujo de B a C se toma una condición A con un caso II conforme a un radio de 50 mt y un ancho recargado de borde igual a 0.3 mt (one side), y para el flujo de B a A se toma una condición C con un caso III

conforme a un radio de 75mt. Y un ancho recargado de borde igual a 0.3 mt con un caso dos para dos caras (cuneta a ambos lados igual a 0.6 mt.).

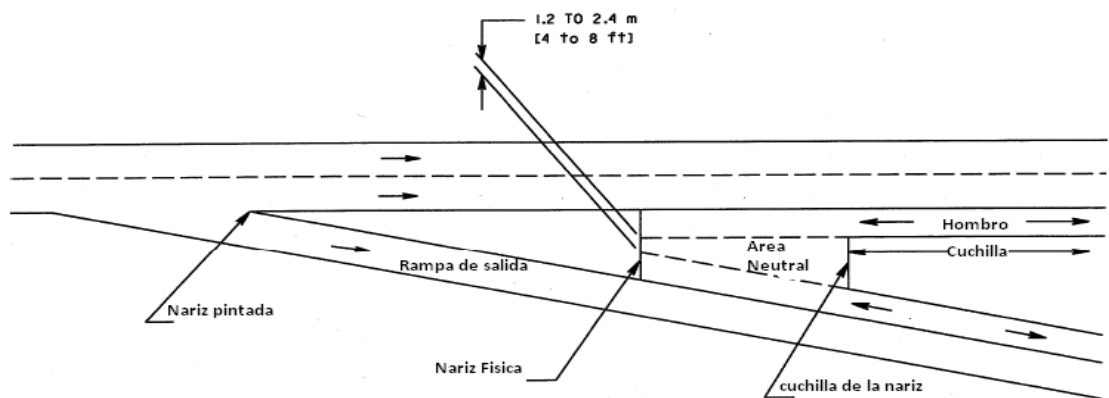
### 5.5.1.12 NARICES

Las narices son aquellos segmentos de carretera que presentan una salida cónica de una sección tangente a la curva de caída de la primera rampa más allá de la duración de la desaceleración de diseño. La pendiente transversal normal se proyecta en el carril auxiliar y el peralte no es necesario hasta que la curva de la rampa adecuada primero se alcance. Las narices son aquellos segmentos de transición entre una carretera y segmento de la carretera que se desliga o se allega a la carretera principal.

Como regla general, el ancho de la nariz suele ser de entre 6 y 9 metros incluyendo, hombros medido de la línea principal de recorrido y la de la rampa.

De acuerdo a la tabla se considera un ancho de nariz de **15 m**.

Para determinar la nariz terminal se utiliza la figura 5.15, según esta la nariz terminal (gore nose) es de 5 m



**Figura 5.15** Características típicas del área de cuchilla

*FUENTE: Anexo 10.59 A Policy On Geometric design of highways and streets*

Para el estudio la longitud de la nariz es de 2.5 m.

### **5.4.2 ANALISIS DE CAPACIDAD**

Para el estudio de capacidad del intercambiador se ha tomado como guía el HIGHWAY MANUAL CAPACITY 2000, el cual presenta el procedimiento requerido para la realización de un excelente estudio de capacidad para intercambiadores y su buen diseño geométrico respectivo.

El análisis de capacidad para intercambiadores varía en gran manera con respecto a los estudios de capacidad tanto para semáforos como para rotondas, ya que estos procedimientos son bastante extensos. De acuerdo al HIGHWAY MANUAL CAPACITY 2000 en su capítulo 25 RAMPS AND RAMP JUNCTIONS (RAMPAS Y EMPALMES DE RAMPAS) en su tabla 25-3 que se muestra en la sección 5.5.1.3 de este mismo documento presenta la capacidad para vías de uno y doble carril. Por lo tanto se procede a comparar los volúmenes horarios que se muestran en la tabla 5.27 con la tabla 5.28 y se determinan las capacidades de cada una de las rampas de lo cual se observa que la capacidad es superior a la demanda en estas. En la tabla 5.37 se plantean las capacidades que tendrán las rampas de diseño para las direcciones

Utilizando las sugerencias de la tabla 5.37 se pueden obtener el número de carriles necesarios para suplir la demanda vehicular a la vez se determina la capacidad de las mismas, el diseño geométrico de las mismas.

- ✓ Para el diseño geométrico No 1 se tienen las siguientes características:

En los movimientos de A-B se proponen 2 carriles, para trasladarse de A-C se propone un puente elevado de 22 metros aproximadamente; en la rampa de acceso el movimiento A-B tiene un carril, teniendo una longitud de transición de 30 metros para iniciar nuevamente con dos carriles.

En el Movimiento de B-A se proponen 2 carriles de circulación, los cuales se incorporaran al carril No 1 del movimiento de C-A.

En el Movimiento de B-C se proponen un carril de acceso.

En el Movimiento de C-A se proponen dos carriles, los cuales se reducirán a un solo carril cuando se aproximen a la intersección con el Movimiento B-A.

Para el Movimiento de C-B se propone un retorno sobre la carretera panamericana, a la altura del Hospital Militar.

### **5.4.3 DISEÑO GEOMETRICO**

El diseño geométrico se encuentra en el anexo 8.

## **5.5 SELECCIÓN DEL PREDISEÑO DE LA ALTERNATIVA**

Para las tres alternativas de pre diseño presentadas, la selección de la mejor alternativa se fundamentó con base a una calificación cualitativa de factores de: geometría, capacidad, nivel de servicio, facilidad de construcción, visibilidad, drenaje, etc. Para ello se realizó un análisis objetivo para cada una de estas características entre los tres pre diseños de la Intersección. Este proceso se resume a continuación en cuanto ventajas y desventajas, las cuales resumidas en una matriz cualitativa, permite concluir cuál es la alternativa más adecuada.



## **5.5.1 DISEÑO GEOMÉTRICO**

Al detallar los esquemas en planta y perfil de las tres propuestas se concluyen los siguientes aspectos:

### **5.5.1.1 PROPUESTA NO 1: MODIFICACION DE LOS INTERVALOS DE LOS SEMAFOROS.**

#### **VENTAJAS**

- Controlan de una forma sistemática y mecánica los flujos vehiculares.
- Presentan una distribución equitativa o proporcional de los distintos flujos que circulan en una intersección.
- Tienen bajo costo de construcción.
- Su instalación es práctica.
- Se pueden modificar los tiempos mediante medios mecánicos.

#### **DESVENTAJAS**

- En este estudio no cumple con la capacidad de la intersección.
- Se comprobó que se generan grandes demoras.
- Su mantenimiento es deficiente, lo cual provoca el desorden vial.
- Se generan grandes colas vehiculares.
- El nivel de servicio del diseño es bien bajo (F) que implica congestionamiento total.

### **5.5.1.2 PROPUESTA NO 2: ROTONDA.**

#### **VENTAJAS**

- Presenta radios de curvatura adecuados tanto para maniobras de entrada, como de salida.

- El radio de la rotonda es amplio y permite longitudes de entrecruzamiento adecuadas.
- Las pendientes de los lazos son suaves dentro de las especificaciones para éste tipo de proyectos
- Los niveles de servicio obtenidos al final de año de diseño, son superiores a los de la intersección a desnivel.

### **DESVENTAJAS**

- La capacidad de la rotonda propuesta es muy baja para los incrementos del flujo de tránsito en el año horizonte.
- Debido al alto flujo que circula dentro de la rotonda se provocan largas colas y por consiguiente grandes demoras, ya que los huecos existentes dentro del círculo inscrito son escasos.

### **5.5.1.3 PROPUESTA NO 3: ESTRUCTURA A DESNIVEL O INTERCAMBIADOR.**

#### **VENTAJAS**

- Se utilizan radios adecuados de curvatura, tanto para las vías principales como para las secundarias que confluyen en la intersección.
- Los parámetros de visibilidad para los flujos principales y secundarios se ajustan a los requerimientos de las especificaciones del Highway Capacity Manual.
- La configuración geométrica en planta es sencilla y de fácil desenvolvimiento para cualquier usuario.

- Evita la pérdida de velocidad y confort con la cual los vehículos operan antes de llegar a la intersección, tanto desde la Panamericana y la Ruta Militar.
- Ofrece carriles de aceleración y desaceleración de ancho y longitudes adecuadas para realizar maniobras de entrecruzamiento seguras entre los diferentes flujos.
- El paso elevado se puede construir con una obra sencilla.
- La obra cumple con la capacidad de las carreteras.

### **DESVENTAJAS**

- El flujo vehicular del movimiento C-B se lograra a través de un retorno en U.
- Requiere mayor señalización que las demás alternativas.

## **5.5.2SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA**

Con base a los pre diseños realizados, para la selección de la alternativa se construyó una matriz cualitativa de las características propias de cada pre diseño, a partir de la cual se puede concluir que el pre diseño que brinda los mejores aspectos cualitativos, es el No 3, consistente básicamente en construir un paso a desnivel.

<b>SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA</b>			
	<b>SEMAFOROS</b>	<b>ROTONDA</b>	<b>INTERCAMBIADOR</b>
<b>Geometría</b>	<b>Mala</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>

<b>Capacidad</b>	<b>Mala</b>	<b>Mala</b>	<b>Buena</b>
<b>Nivel de Servicio</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>C</b>
<b>Facilidad de Construcción.</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>
<b>Visibilidad</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>

*Tabla 5.34 Matriz cualitativa de las características del pre diseño de las alternativas*

# CAPITULO VI

## “Conclusiones y Recomendaciones”

## 6.1 CONCLUSIONES

- Con la Propuesta del Diseño Geométrico de intercambiador es evidente que el congestionamiento vehicular en la intersección de la Carretera Ruta Militar y la Avenida Roosevelt de la ciudad San Miguel disminuirá, generando así mayor confort para con los conductores que harán uso de esta intersección al menos en los próximos veinte años.
- Algunos de los factores que determinaron la Propuesta de Diseño Geométrico de intercambiador en la zona de estudio son: la poca factibilidad de las otras propuestas presentadas (rotonda y modificación de las fases de los semáforos), el excelente nivel de servicio que los intercambiadores presentan y los usos del suelo.
- Los parámetros seleccionados para las tres propuestas han sido tomados de los mejores y más prestigiosos reglamentos del mundo de la ingeniería de tránsito como los son el HIGHWAY CAPACITY MANUAL y el AASHTO, por lo tanto se puede tener la certeza de un excelente diseño geométrico.
- Los derechos de vías actuales son estrechos, debido a la concepción urbana colonial y a los usos laterales.
- El problema que genera el transporte de carga es inevitable ya que las dos arterias que se interceptan, son de carácter internacional, pues no existen vías alternas por las cuales el transporte pesado se pueda trasladar, siendo obligatorio el paso de estos a través de la intersección.

- Las vías que concurren en la intersección no son capaces de soportar el flujo vehicular existente. En pocas palabras la oferta es menor que la demanda.
- Existe falta de planificación para el sistema de transporte público, los cuales incrementan el congestionamiento generando paradas inadecuadas.
- La falta de respeto por los conductores a la escasa reglamentación anunciada.
- Una forma de conducir generalmente imprudente por parte de muchos conductores y falta de civismo con respecto a los peatones.
- El desordenado crecimiento de las actividades comerciales e industriales no reglamentadas en la zona de la intersección.
- El problema ha llegado a abarcar dimensiones alarmantes y es por eso que se requiere que las instituciones públicas como el Ministerio de Obras Públicas, Alcaldía Municipal, Vice-Ministerio de Transporte y cualquier otra institución que esté relacionada con la problemática, traten a la mayor brevedad posible de solucionar el problema, porque si no es así, en muy poco tiempo se volverá aún más caótica e insoportable de lo que en la actualidad se encuentra.
- No se diseñó peralte debido a que los radios de curvatura son significativamente grandes y la acción de las fuerzas centrífugas se puede compensar con la pendiente de la carretera que es del 3%

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para la obtención de resultados óptimos se recomienda realizar el estudio de tránsito por lo menos un mes durante las veinticuatro horas.
- Es necesario darle continuidad a esta propuesta. A medida se avanzó en el desarrollo de este proyecto fue más evidente la necesidad de que este sea abordado como proyecto del Ministerio de Obras Públicas para gestionar los fondos necesarios para la realización de estudios más completos y poner en marcha el proyecto de intercambiador en la intersección entre la Avenida Roosevelt y la Carretera Ruta Militar en la ciudad de San Miguel.
- Se recomienda la utilización de los diferentes manuales de diseño de ingeniería de tránsito como el HCM, AASHTO y la ROUNDABOUT: AN INFORMATIONAL GUIDE, para la obtención de diseños geométricos aceptables.
- Se insta a la utilización de intercambiadores a desnivel en las intersecciones con alto contenido de flujo vehicular, pues estos presentan muchas ventajas con respecto a las intersecciones a nivel o con acceso controlado, como lo son la nula restricción de altos, ceda el paso, semáforos, etc.) y por si esto fuera poco presentan mayor capacidad.
- La población en general debe de asumir un papel más protagónico para exigir de sus autoridades gubernamentales soluciones a los problemas viales como el de esta temática, y así de esta manera, obtener beneficios económicos, comerciales y de accesibilidad para la ciudad.



- Con la ejecución del By-pass, planificado en la zona norte de la ciudad, esta no sería suficiente para descongestionar esta intersección, ya que para la mayoría de transportistas y conductores les es necesario pasar por la ciudad.
- La señalización dentro del área de influencia debe instalarse conforme a la reglamentación actual y al Manual Interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras.

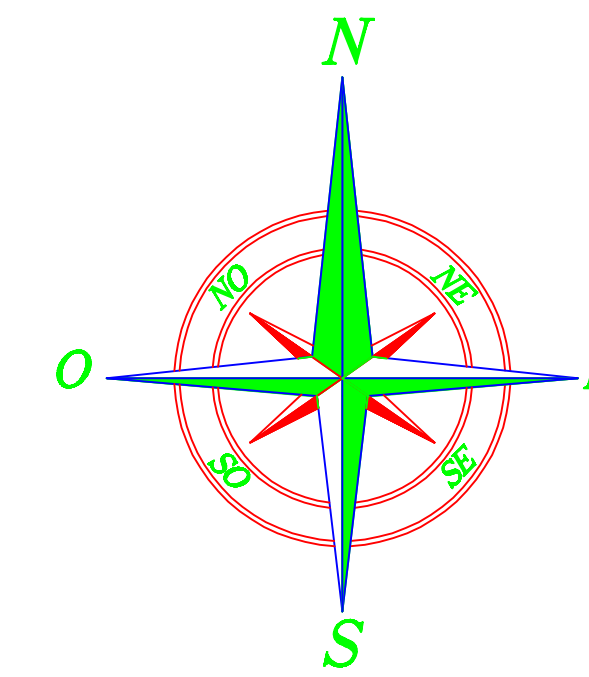
## BIBLIOGRAFIA

1. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2001, 4ta Edition American Association of state Highway and Transportation Officials (AASHTO).
2. A Policy on Geometric Design of Rural Highways, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1965.
3. A Policy on Geometric Design of Urban Highways and Arterial Streets, 1era Edition American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1973
4. “Capacidad y Nivel de Servicio en las intersecciones con semáforos” Trabajo de Graduación, Auza Saavedra, Luis Carlos, 2008.
5. “Diseño, fases y tiempos de semáforos” Presentación de Power Point, Amelunge Martínez, Fernando, 2006.
6. Estudio Centroamericano de Transporte. SIECA. Informe de Síntesis, Plan Maestro de Transporte 2001-2010. Febrero de 2001.
7. Evaluación Practica de niveles de servicio de carreteras convencionales de dos carriles en España, Romana García, Manuel, Ing. De Caminos, canales y puertos, Madrid, 1994.
8. FHWA Urban Boundary and Federal Functional Classification Handbook, Transportation Statistics Office Florida Department of Transportation Tallahassee Florida, April, 2003.
9. Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board (HCM).
10. Highway Capacity Manual 2004, Transportation Research Board (HCM).
11. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=612637>.
12. Infraestructura del transporte terrestre, diseño geométrico de intersecciones, Ing. Roberto D. Agosta, Ing Arturo Papazian.

13. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones, Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola (†) y James Cárdenas Grisales, Ediciones Alfa omega, S. A. de C. V. México D. F., 1994.
14. Ingeniería de Transito y Carreteras, 3era Edición, Nicholas J. Garber & Lester A. Hoel
15. Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.
16. Manual de Estudios de ingeniería de Tránsito, Paul C. Box Joseph C. Oppenlander, Ph. D. Cuarta Edición, México.
17. Mejoramiento de la red vial de la zona Norte de El Salvador, Informe Final de ingeniería básica y presentación de alternativas. Estudio de Factibilidad, San Salvador, El Salvador, Febrero 2009.
18. Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, 2da Edición, Raúl Leclair, Consultor. Convenio No 596-0184.20, PROALCA II, SIECA, Marzo 2004
19. Plan Nacional de Ordenamiento y desarrollo territorial, Propuestas finales
20. “Prediseño geométrico a nivel y desnivel de la intersección El Jazmín” Suarez Joya, Hugo Noel, Trabajo de Graduación, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2005.
21. “Prediseño geométrico, Intersección Avenida Kevin Ángel Mejía – Salida Neira”, Molina Palacio Claudia Patricia, Trabajo de Graduación, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2008.
22. Project Traffic Forecasting Handbook, State of Florida Department of Transportation.
23. “Propuesta de diseño geométrico de By-Pass en la Ciudad de San Miguel, comprendido entre cantón El Sitio – Cantón Hato Nuevo”, Lovo Hernández, Ana Belis, Trabajo de Graduación, UES, San Miguel, Noviembre 2008.

24. “Propuesta de un plan de reordenamiento vehicular del área urbana de la ciudad de Usulután” Díaz Díaz, Ernesto Joel, Trabajo de Graduación, UES, San Miguel, Junio 2006.
25. Reglamento de transporte terrestre de carga de El Salvador.
26. Reglamento general de tránsito y seguridad vial.
27. Roundabout an informational guide. US Department of Transportation, Federal Highway Administration Publication No FHWA – RD – 00-067.
28. Seminario de Estudiantes de la Universidad de El Salvador de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, impartida por Ing. Jorge Laínez, Ingeniero Carretero de la Unidad de Planificación Vial, del Ministerio de Obras Públicas (MOP), El Salvador, 2011.
29. [www.ugb.edu.sv/bvirtual/8833/capitulo1.pdf](http://www.ugb.edu.sv/bvirtual/8833/capitulo1.pdf)
30. [www.univo.edu.sv:8081/tesis/015457/05457.port.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/015457/05457.port.pdf)

# ANEXOS



Nomenclatura

- Rotulo
- Hidrante
- Poste

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO SENALES EXISTENTES EN LA ZONA ESTADO ACTUAL GEOMETRICO			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISÓ :	APROBÓ :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL			ESCALAS : SIN ESCALA
GERENTE DEL PROYECTO			PLANO : 1/18



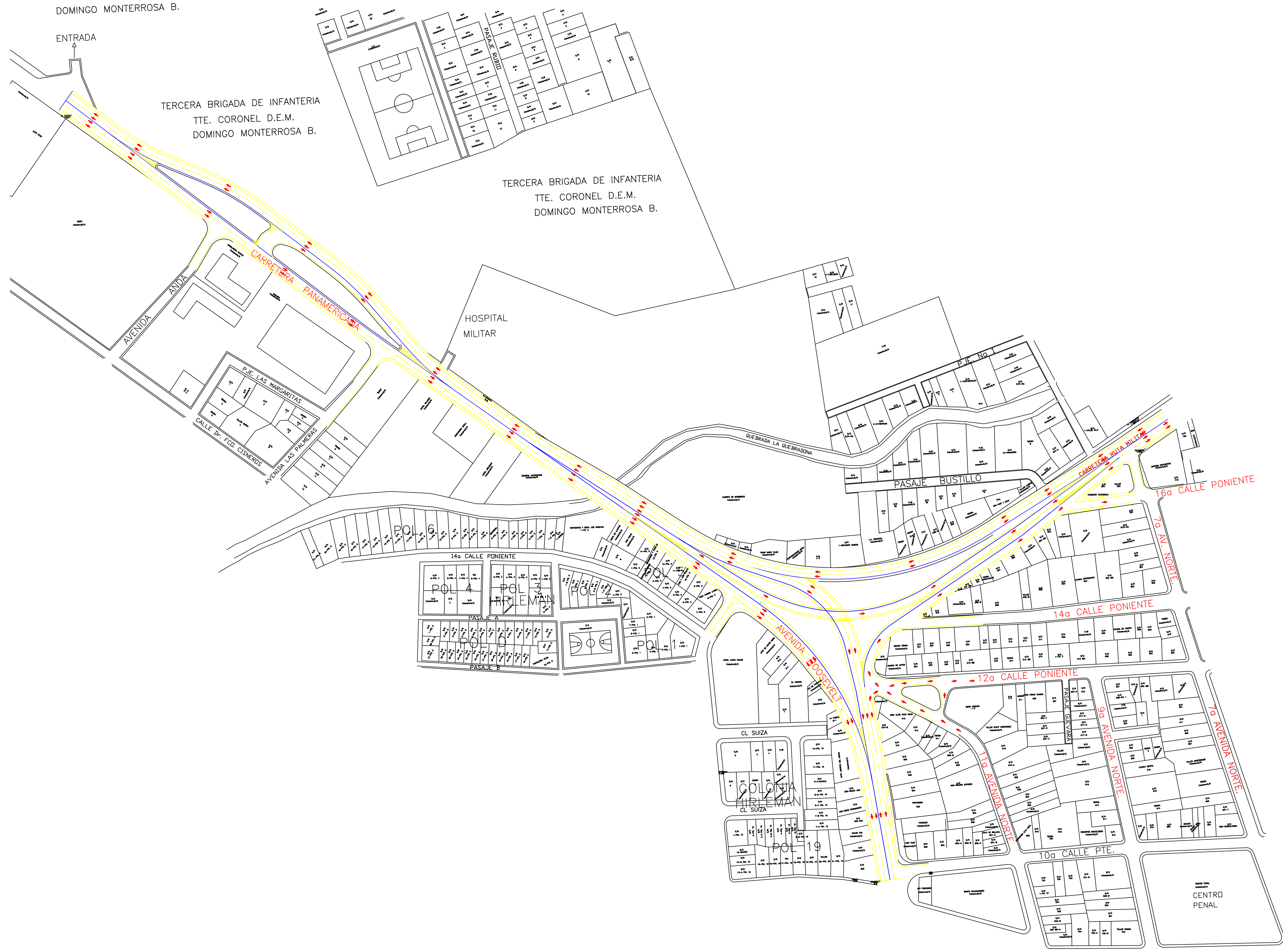
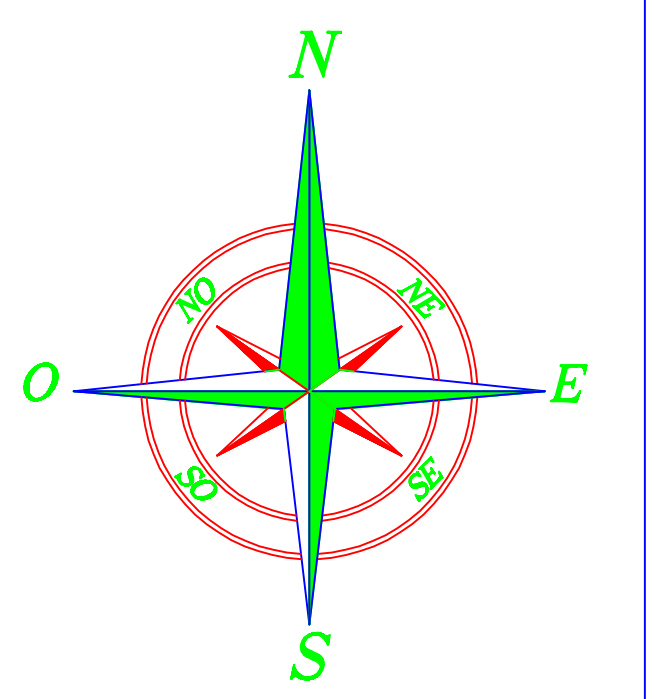
TERCERA BRIGADA DE INFANTERIA  
TTE. CORONEL D.E.M.  
DOMINGO MONTERROSA B.

TERCERA BRIGADA DE INFANTERIA  
TTE. CORONEL D.E.M.  
DOMINGO MONTERROSA B.

TERCERA BRIGADA DE INFANTERIA  
TTE. CORONEL D.E.M.  
DOMINGO MONTERROSA B.

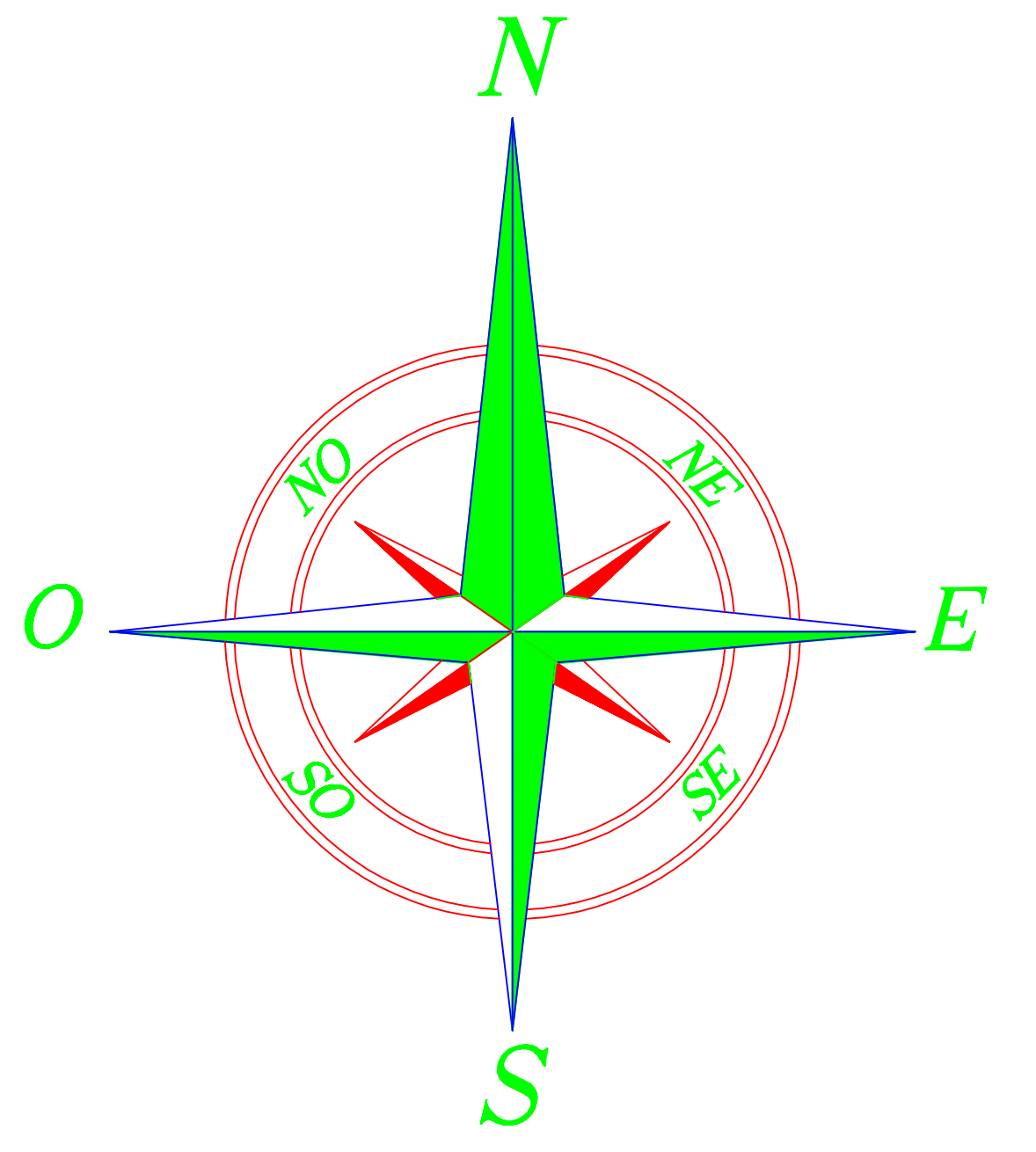
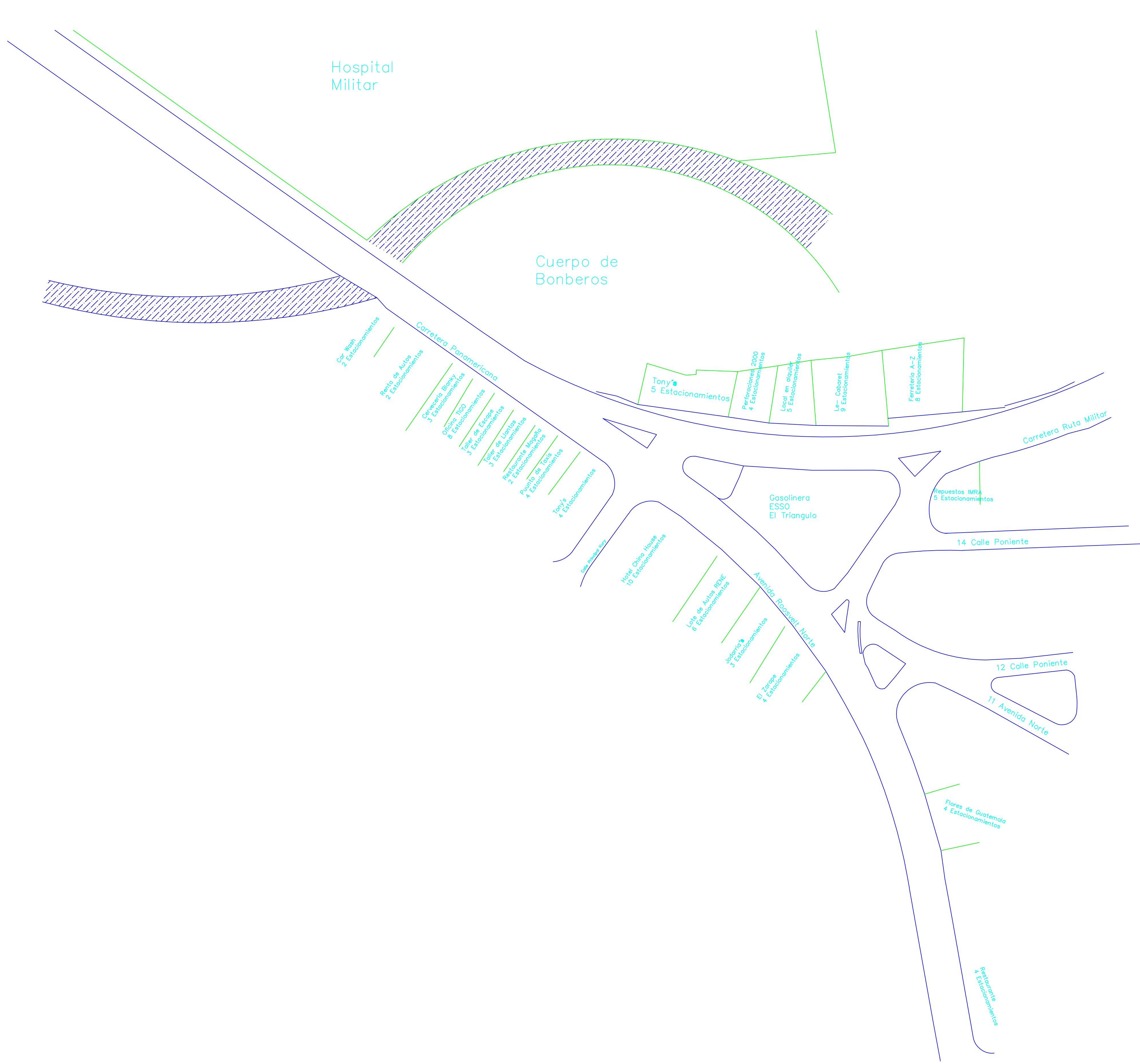
HOSPITAL  
MILITAR

ENTRADA

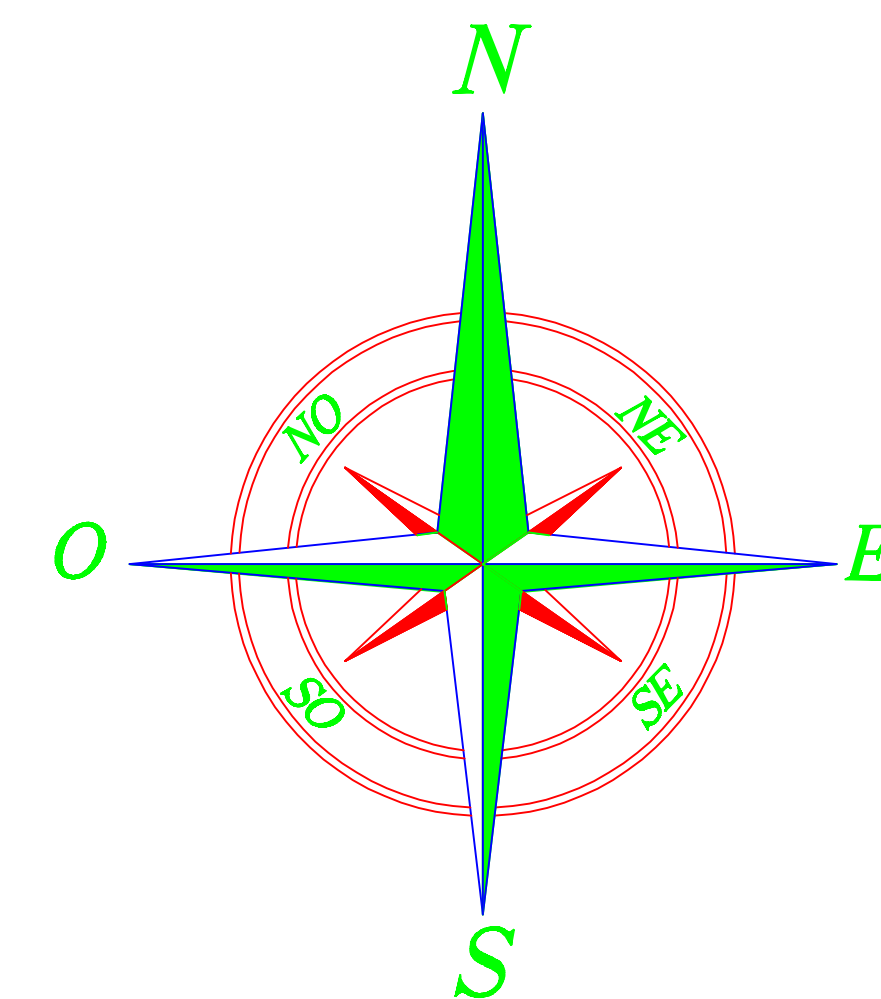
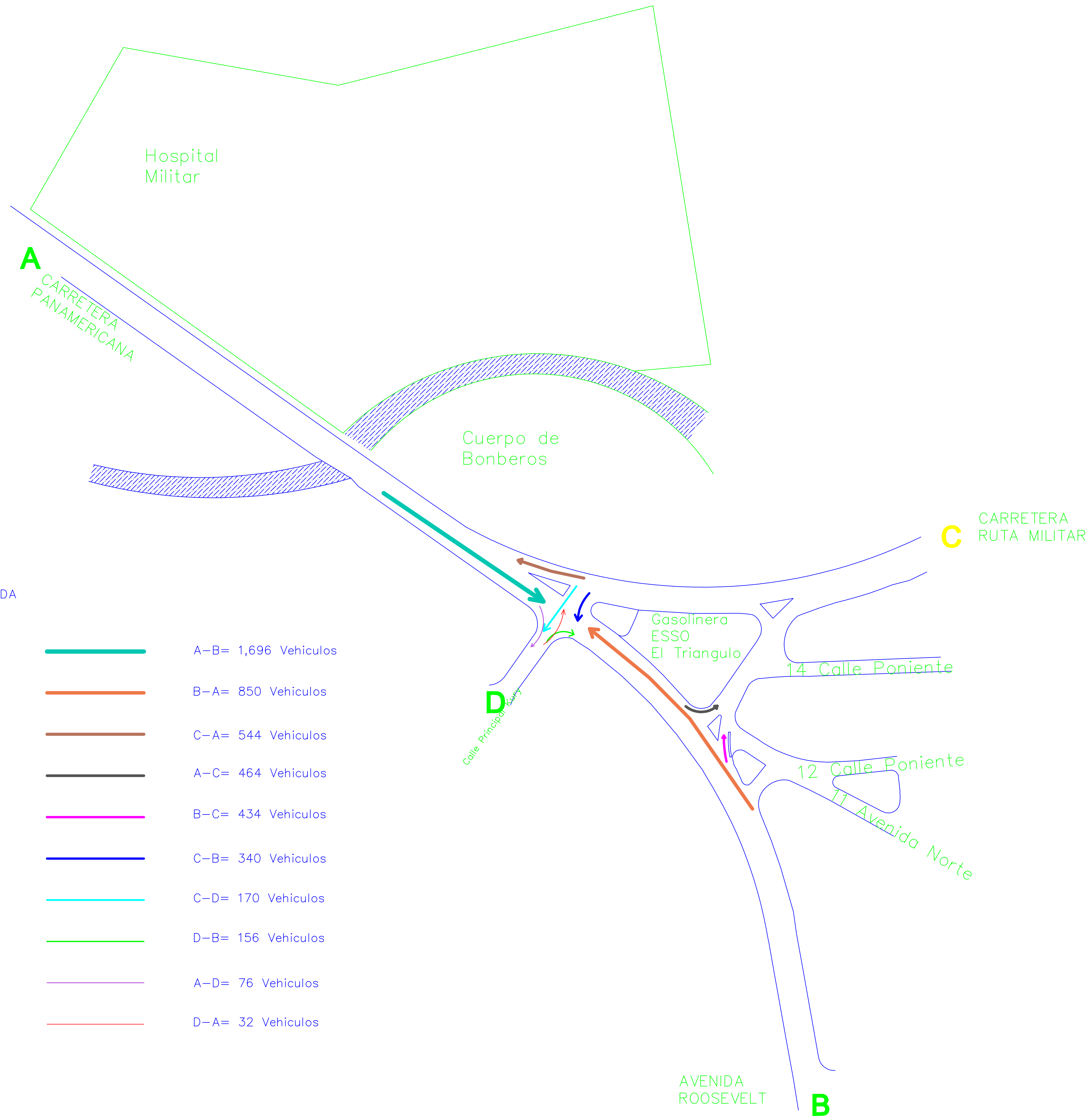


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO SIN INFRAESTRUCTURA EXISTENTE			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
ESCALAS : 1:1500			PLANO : 3/18





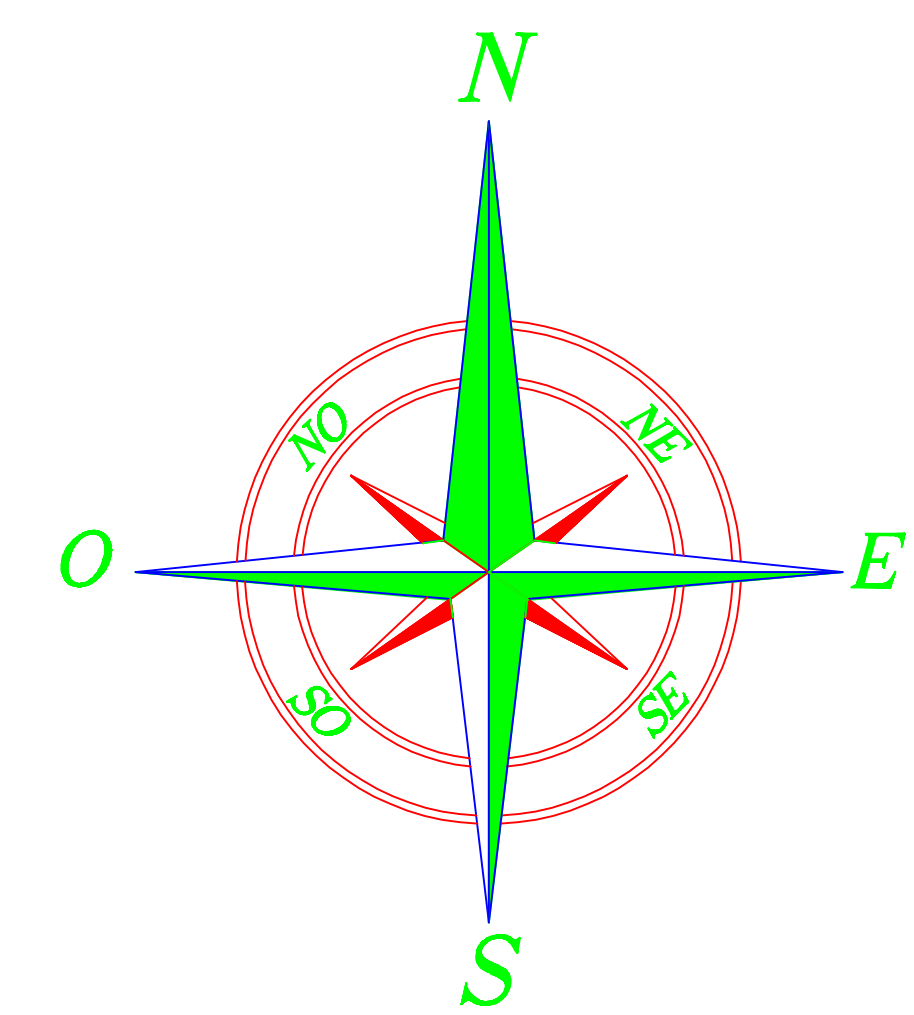
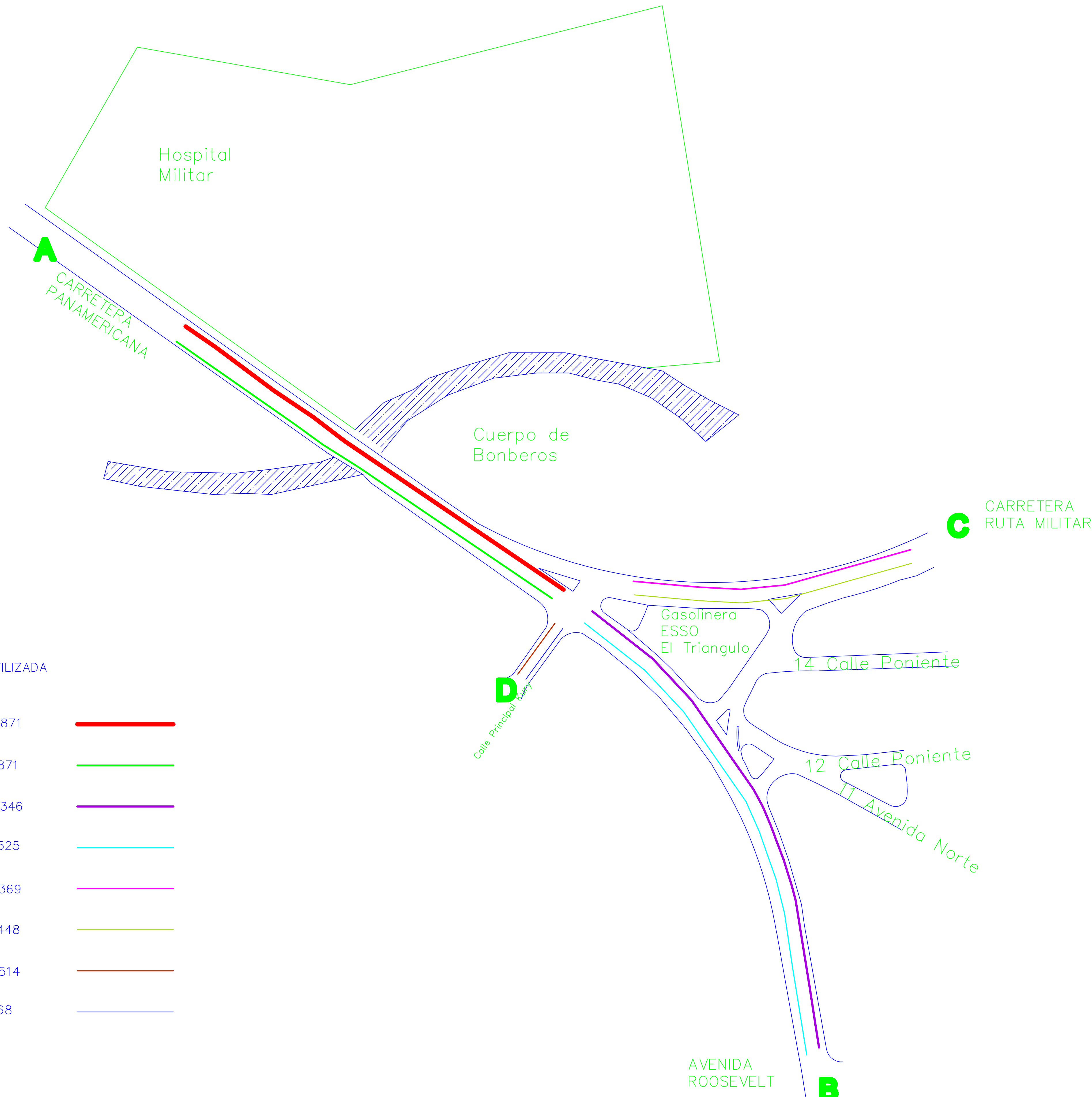
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".				
CONTENIDO ESTACIONAMIENTOS EXISTENTES EN LA ZONA DE INFLUENCIA				
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA				
DISERNO :	REVISO :	APROBO :	DISERNO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			CALCULO :	ESCALAS :
REPRESENTANTE LEGAL			GERENTE DEL PROYECTO	
				PLANO: 4/16



NOMENCLATURA UTILIZADA

Movimiento A-B		A-B= 1,696 Vehiculos
Movimiento B-A		B-A= 850 Vehiculos
Movimiento C-A		C-A= 544 Vehiculos
Movimiento A-C		A-C= 464 Vehiculos
Movimiento B-C		B-C= 434 Vehiculos
Movimiento C-B		C-B= 340 Vehiculos
Movimiento C-D		C-D= 170 Vehiculos
Movimiento D-B		D-B= 156 Vehiculos
Movimiento A-D		A-D= 76 Vehiculos
Movimiento D-A		D-A= 32 Vehiculos

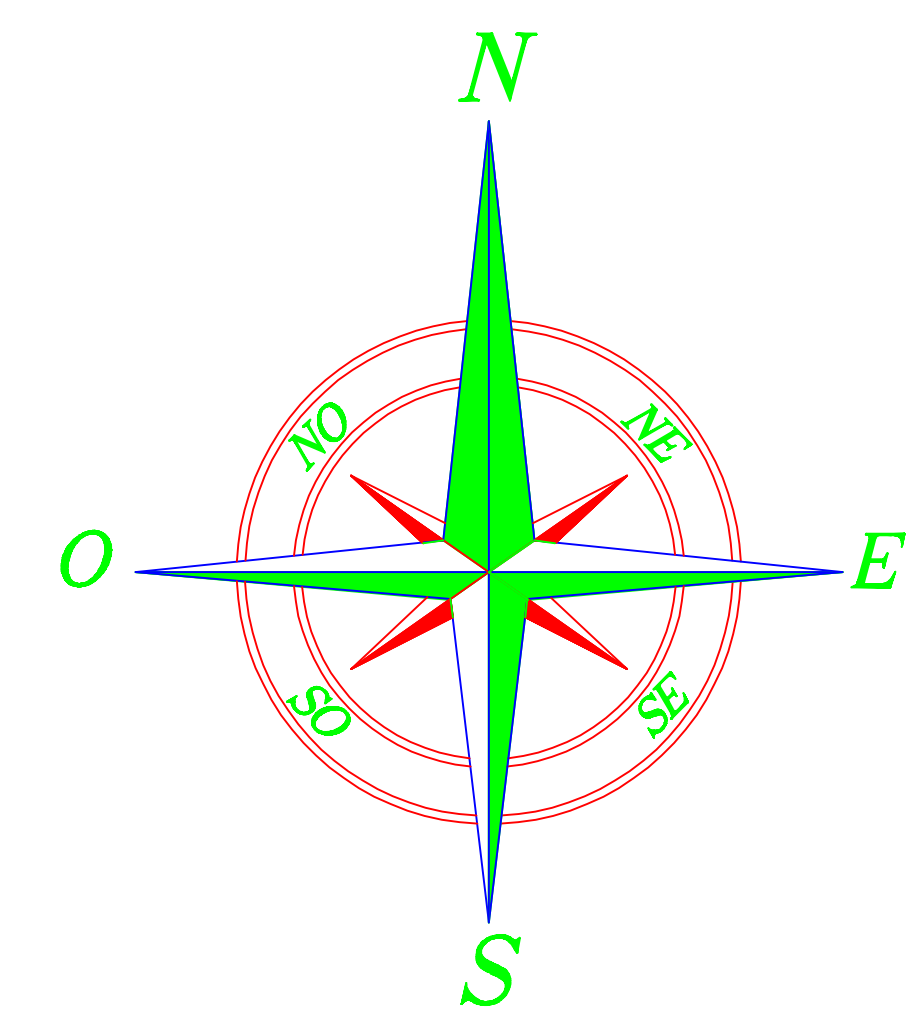
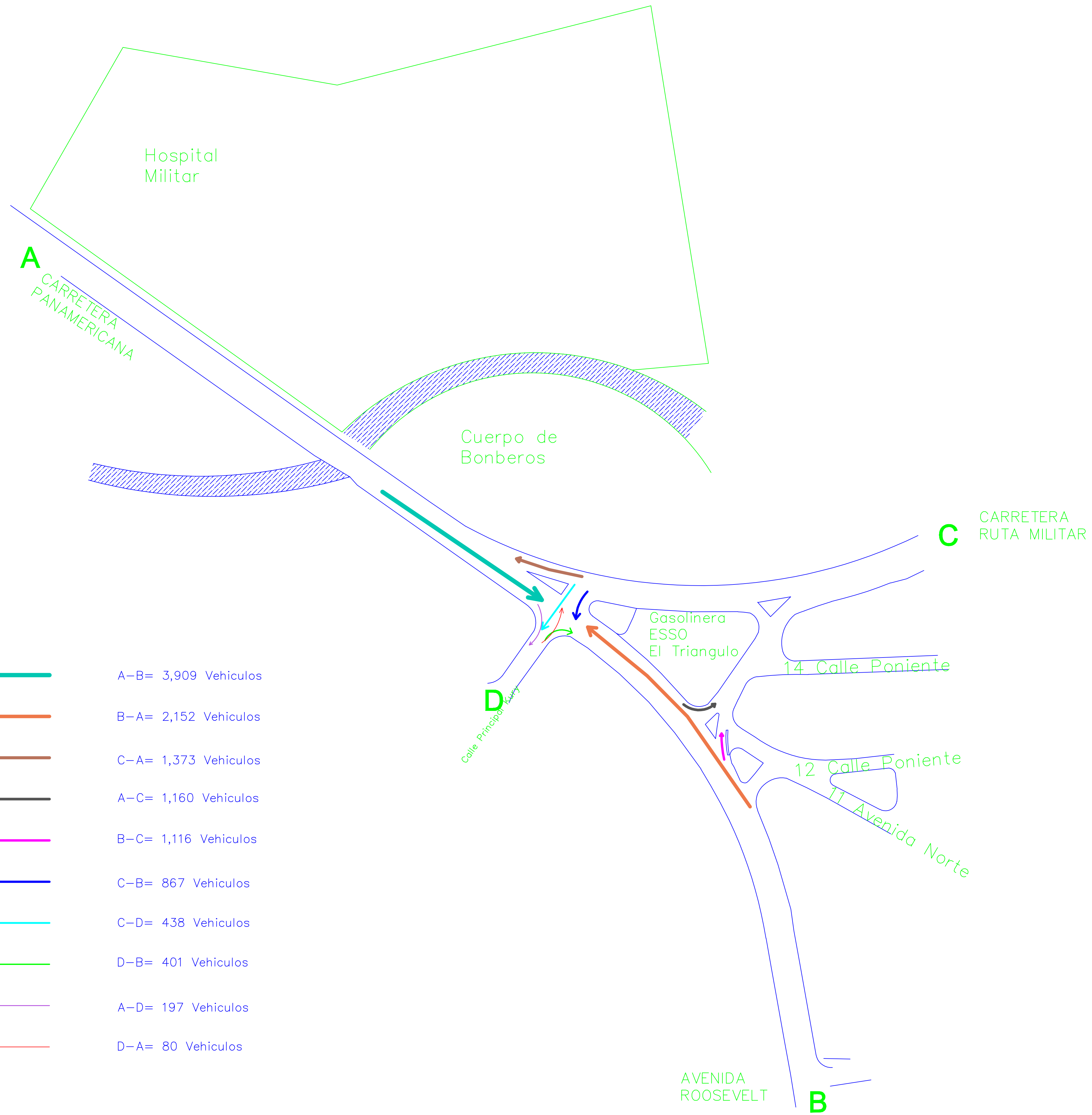
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ESQUEMA DE LOS FLUJOS VEHICULARES DEL AÑO 2011			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RIOS, IRINA EMELY OCHOA GARCIA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			ESCALAS :
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			PLANO: 5/16



NOMENCLATURA UTILIZADA

- TPDA A 2,032=87,871 ———
- TPDA A 2,011=87,871 ———
- TPDA B 2,032=77,346 ———
- TPDA B 2,011=30,525 ———
- TPDA C 2,032=51,369 ———
- TPDA C 2,011=20,448 ———
- TPDA 2,032 D=14,514 ———
- TPDA 2,011 D=5,668 ———

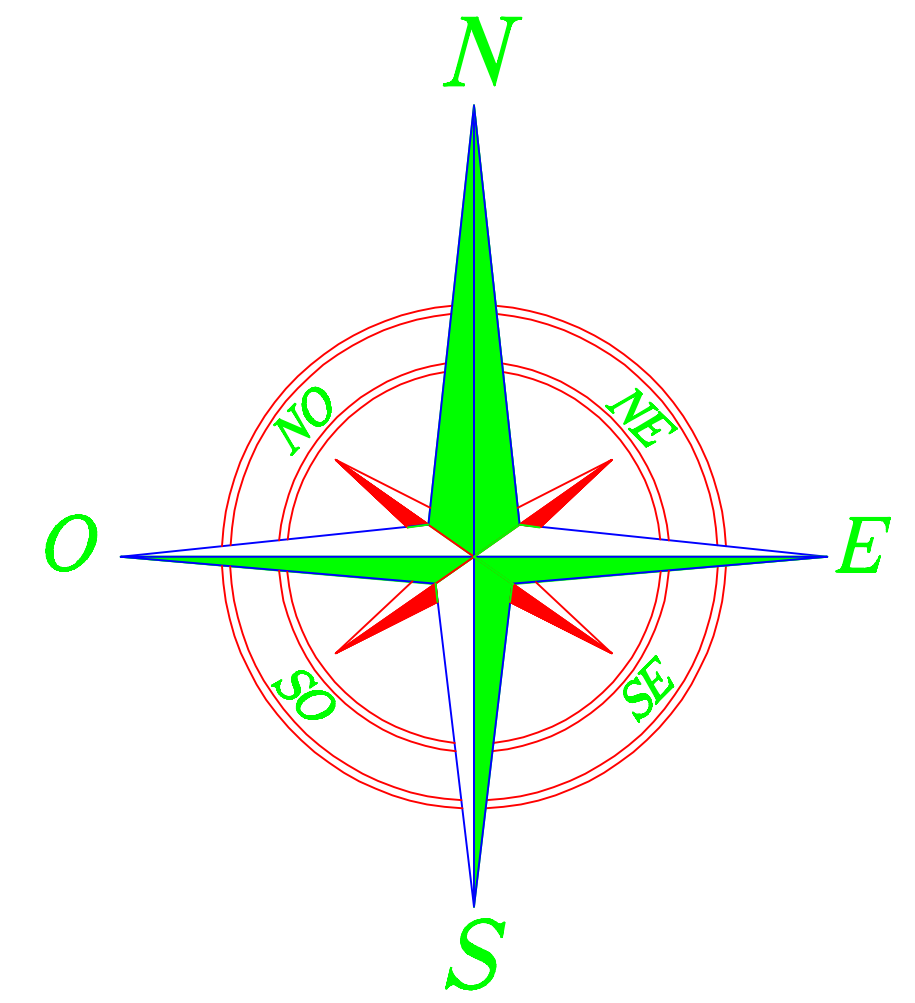
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
<small>NOMBRE DEL PROYECTO</small> "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
<small>CONTENIDO</small> ESQUEMA DE LOS TPDA PARA CADA ARTERIA			
<small>PRESENTAN</small> ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RIOS, IRINA EMELY OCHOA GARCIA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
<small>DISEÑO :</small>	<small>REVISO :</small>	<small>APROBO :</small>	<small>NOMBRE DEL ARCHIVO</small>
<small>CALCULO :</small>			<small>ESCALAS :</small> SIN ESCALA
<small>REPRESENTANTE LEGAL</small>		<small>GERENTE DEL PROYECTO</small>	
			<small>PLANO:</small> 6/16



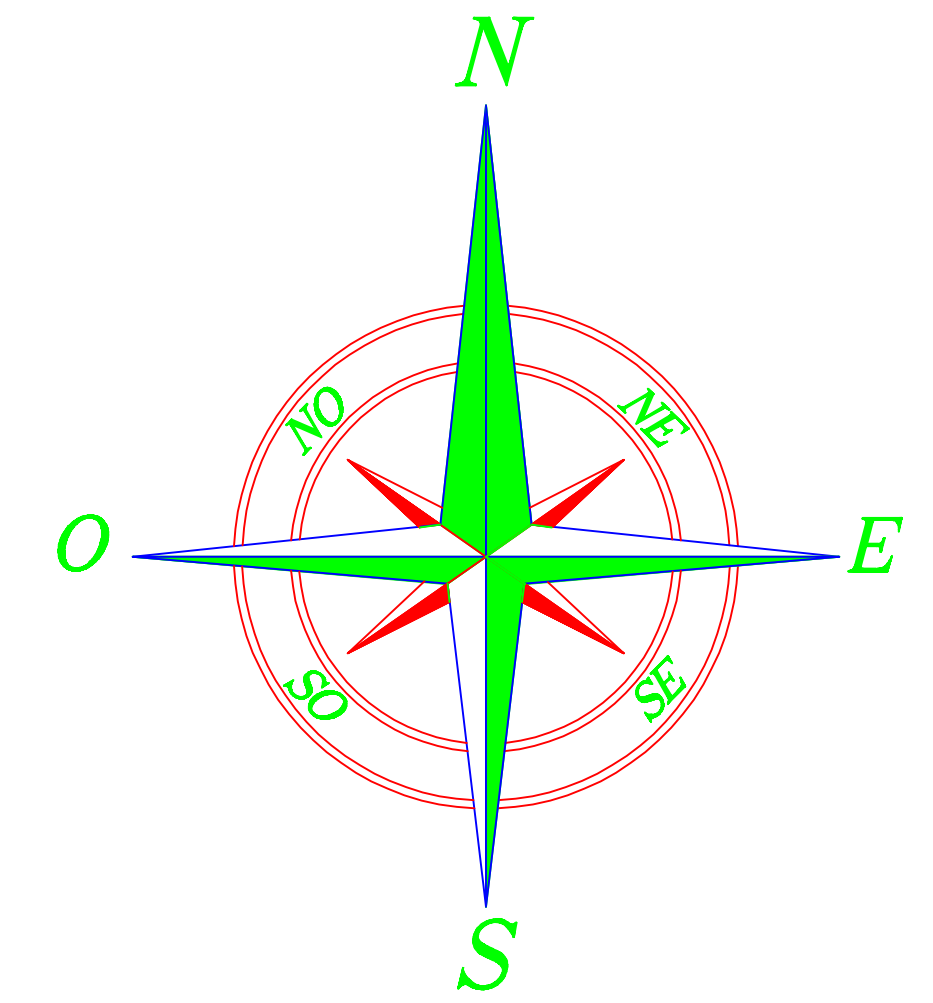
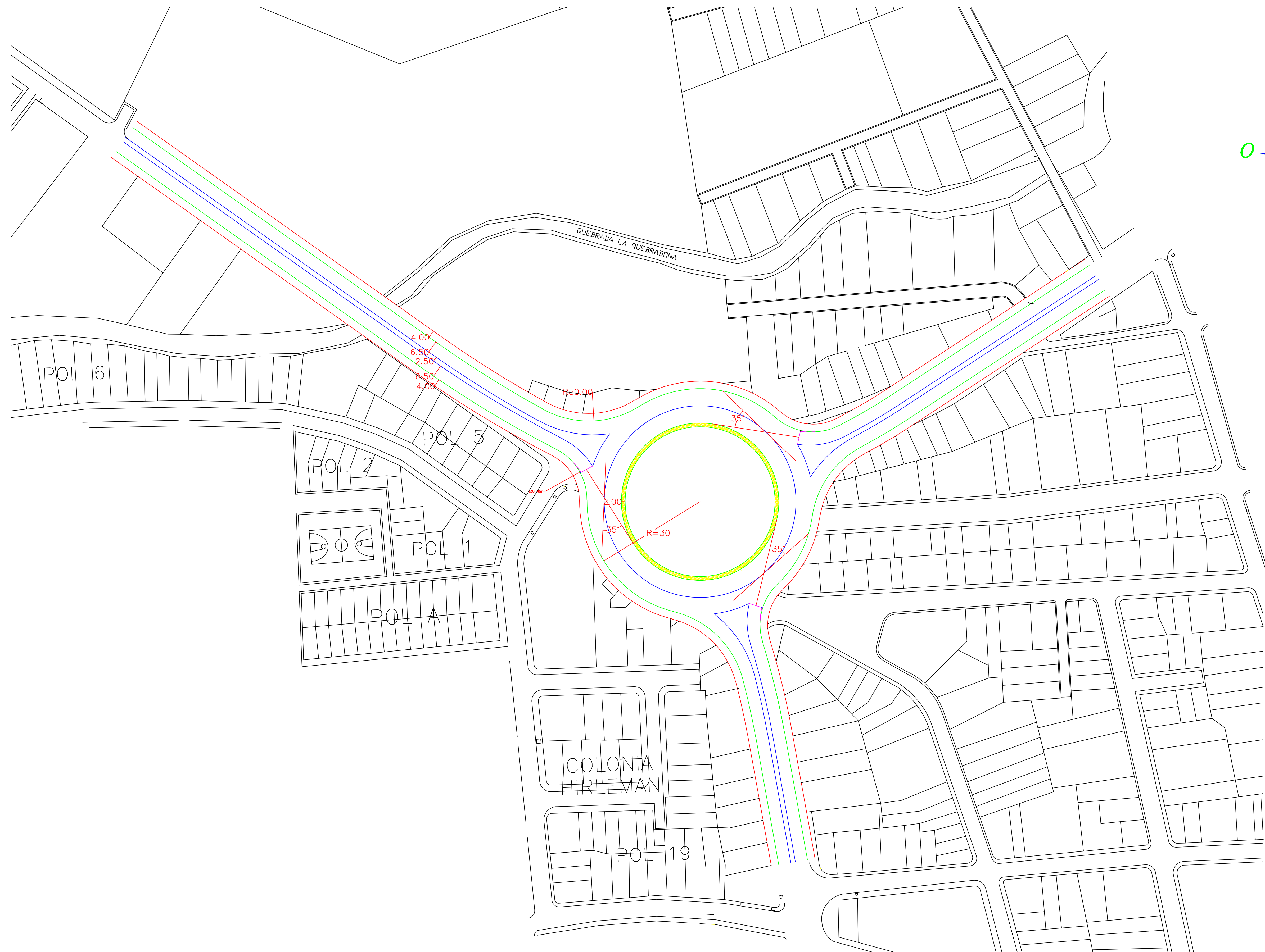
NOMENCLATURA UTILIZADA

Movimiento A-B		A-B= 3,909 Vehiculos
Movimiento B-A		B-A= 2,152 Vehiculos
Movimiento C-A		C-A= 1,373 Vehiculos
Movimiento A-C		A-C= 1,160 Vehiculos
Movimiento B-C		B-C= 1,116 Vehiculos
Movimiento C-B		C-B= 867 Vehiculos
Movimiento C-D		C-D= 438 Vehiculos
Movimiento D-B		D-B= 401 Vehiculos
Movimiento A-D		A-D= 197 Vehiculos
Movimiento D-A		D-A= 80 Vehiculos

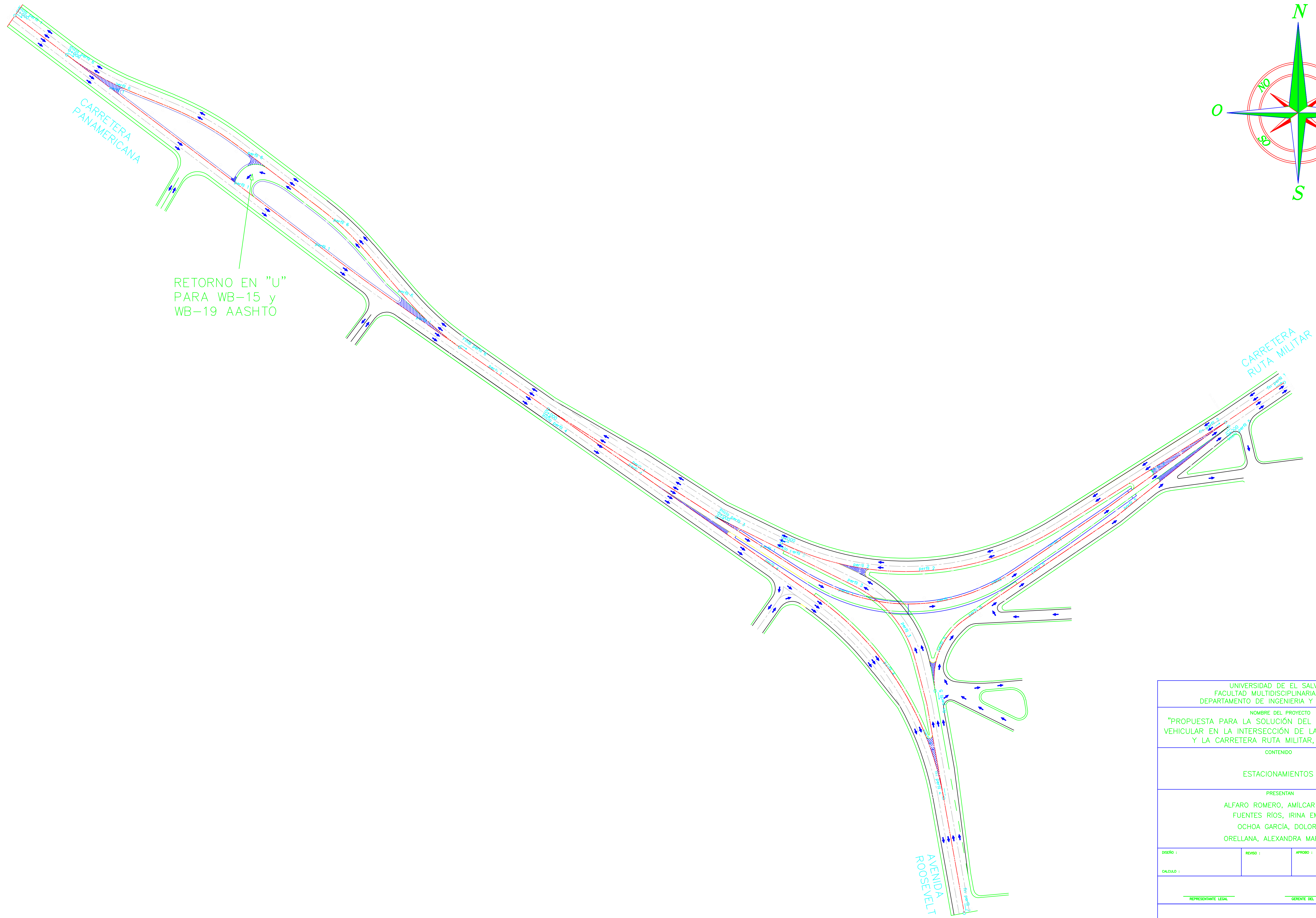
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ESQUEMA DE LOS FLUJOS VEHICULARES DEL AÑO 2032			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RIOS, IRINA EMELY OCHOA GARCIA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERNO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			ESCALAS :
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			PLANO: 7/16



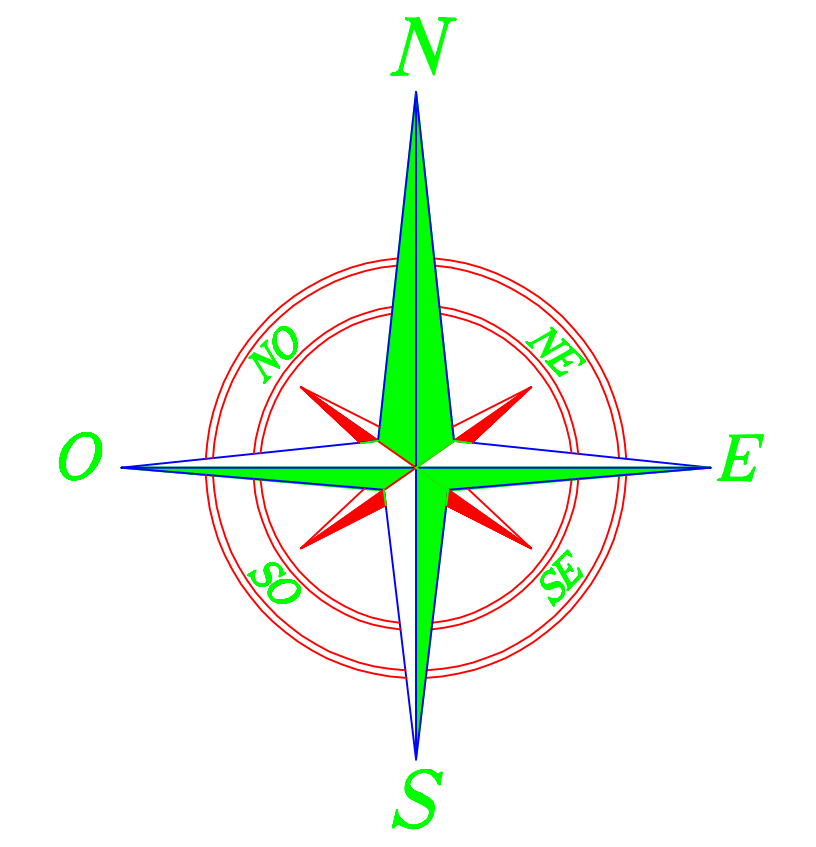
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO EN PROPUESTA DE ROTONDA CON INFRAESTRUCTURA EXISTENTE			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RIOS, IRINA EMELY OCHOA GARCIA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			ESCALAS :
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			PLANO: 8/16



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO EN PROPUESTA DE ROTONDA SIN INFRAESTRUCTURA EXISTENTE			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RIOS, IRINA EMELY OCHOA GARCIA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			ESCALAS :
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			PLANO: 9/16



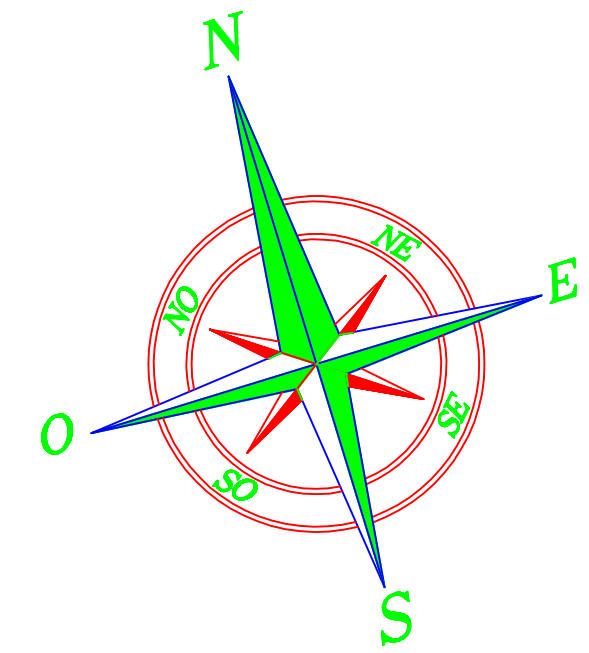
RETORNO EN "U"  
PARA WB-15 y  
WB-19 AASHTO



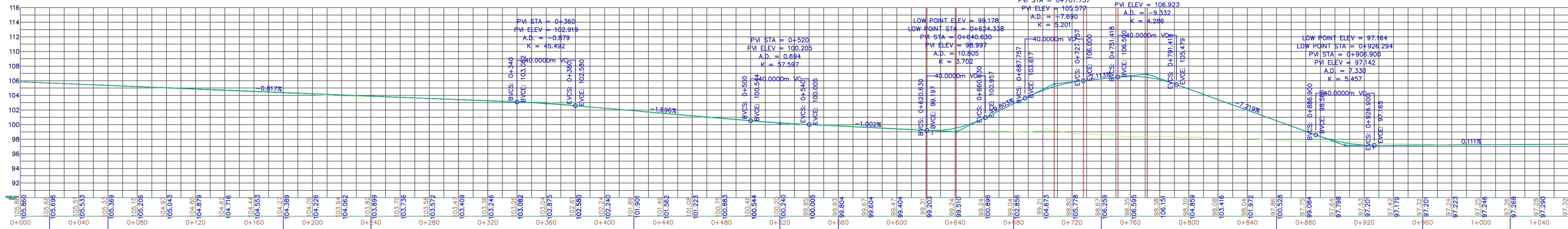
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ESTACIONAMIENTOS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMÍLCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISEÑO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCALO :			
REPRESENTANTE LEGAL			ESCALAS : 1 : 1200
GERENTE DEL PROYECTO			PLANO: 10/16

CARRETERA PANAMERICANA

CARRETERA RUTA MILITAR

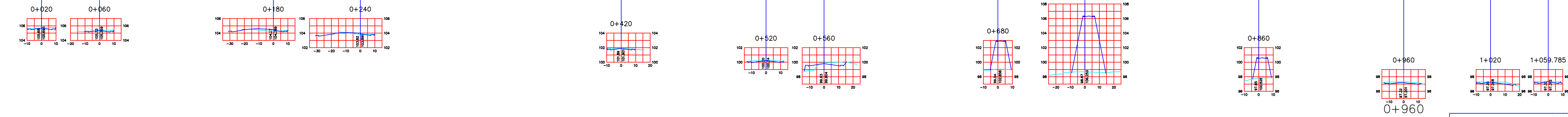


Escala Vertical 1:150



Escala Horizontal 1:1500

PERFIL 1

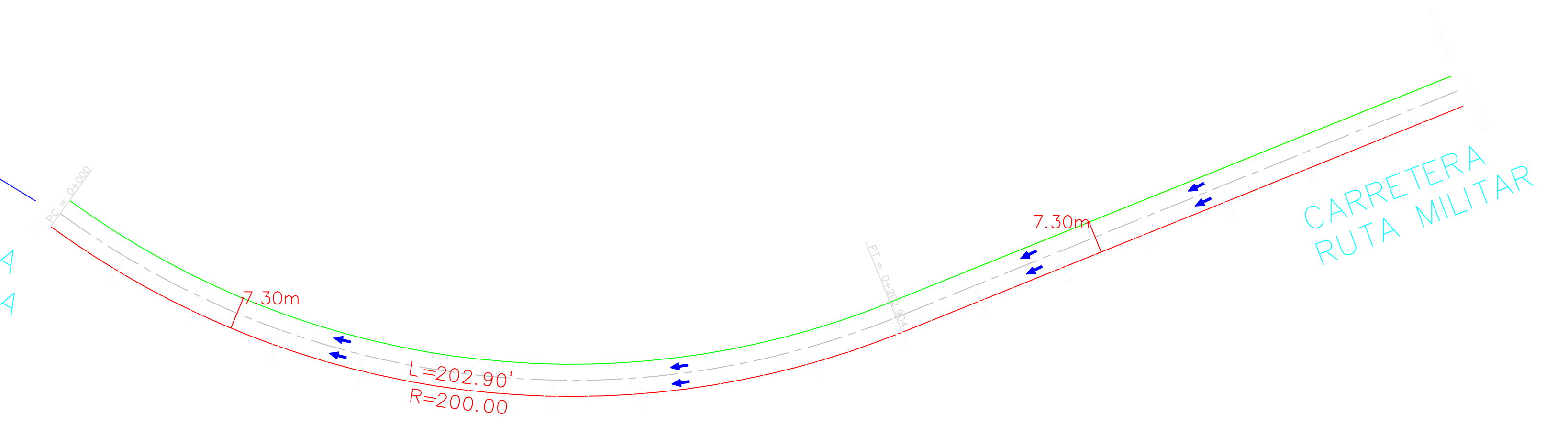
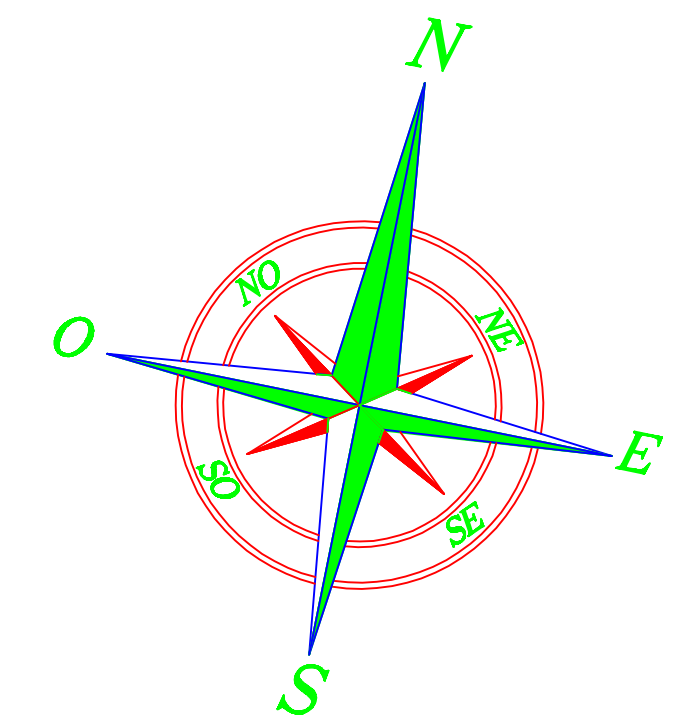


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 1 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERNO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO
			PLANO: 11/16



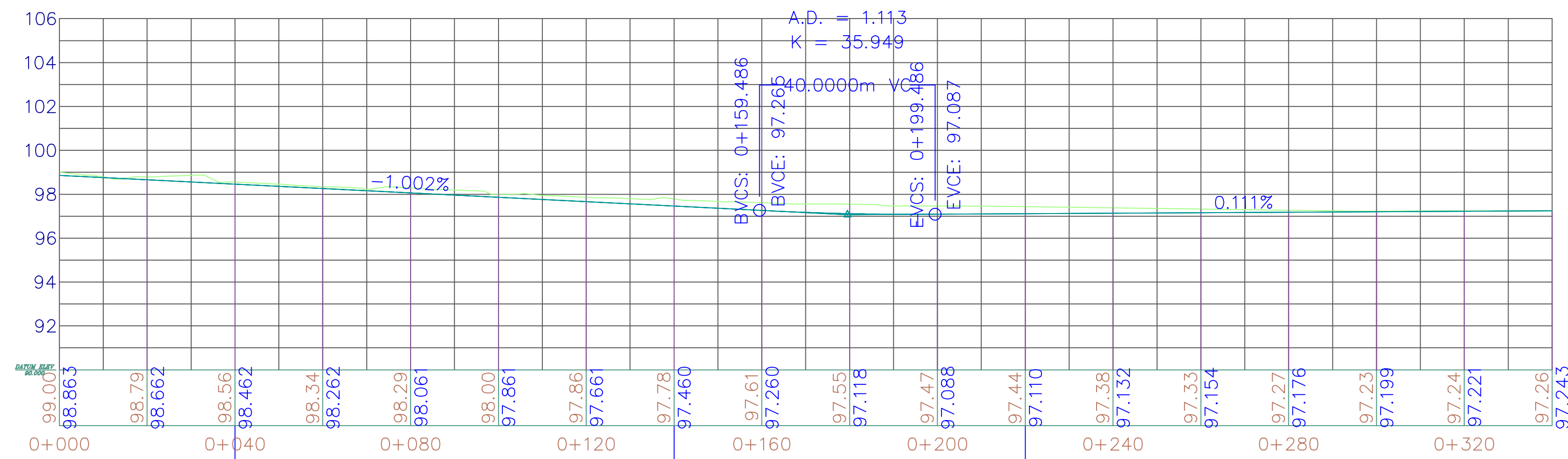
A CARRETERA PANAMERICANA

CARRETERA RUTA MILITAR



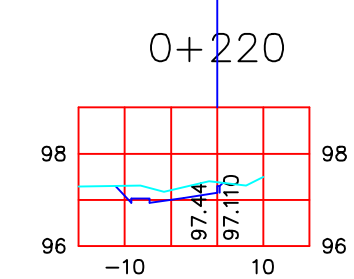
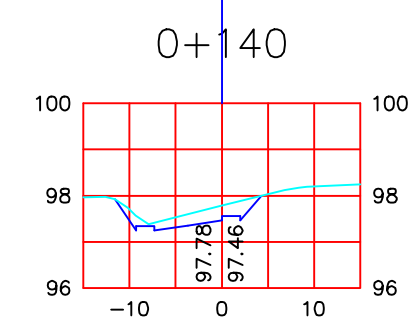
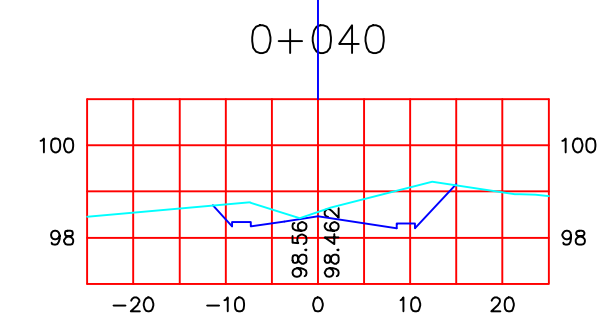
Escala vertical 1:80

LOW POINT ELEV = 97.085  
 LOW POINT STA = 0+195.496  
 PVI STA = 0+179.486  
 PVI ELEV = 97.065

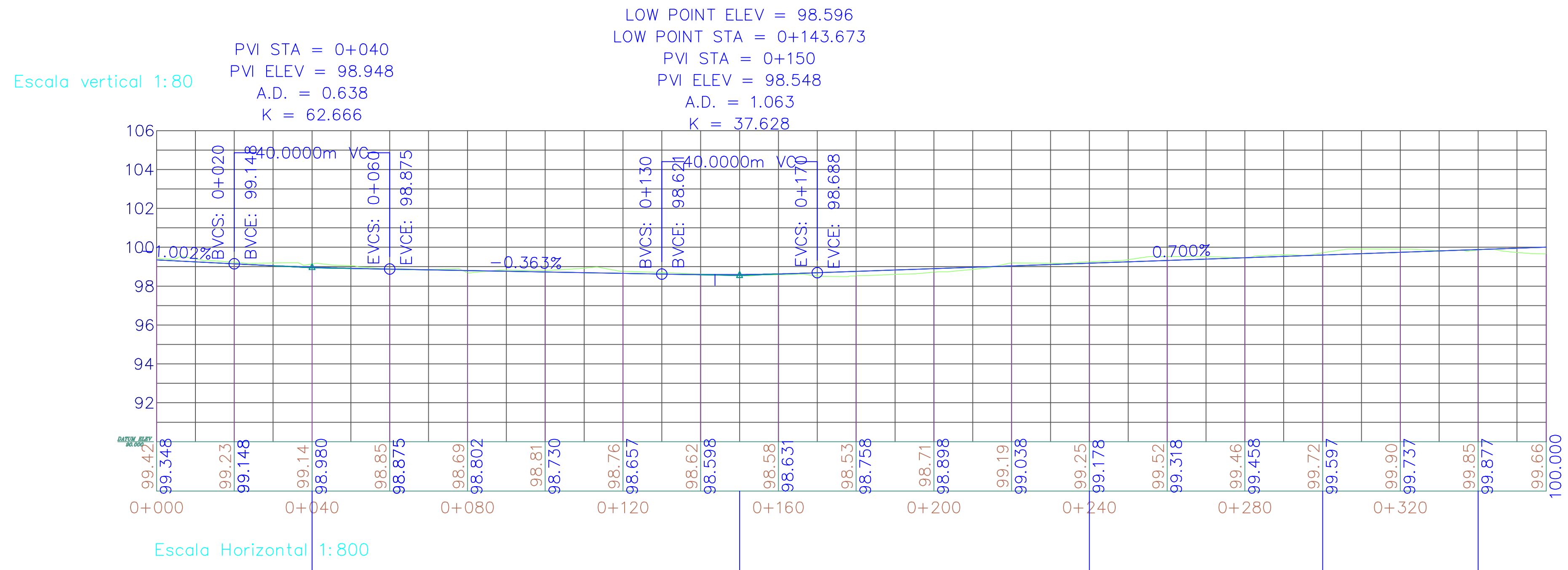
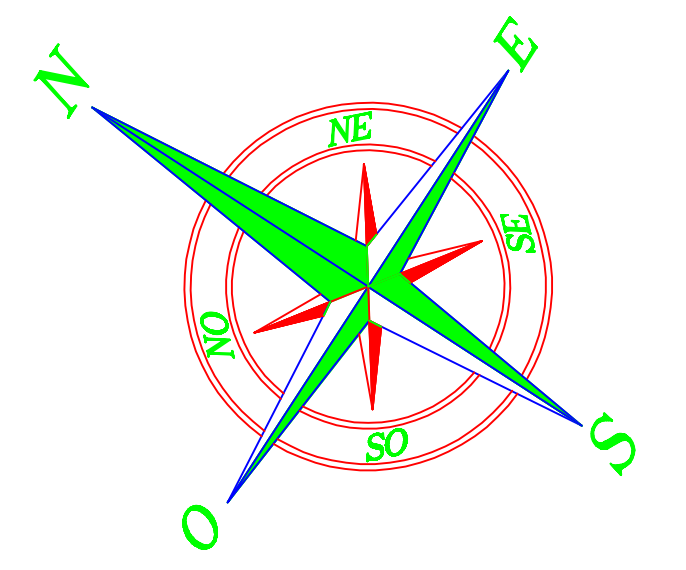
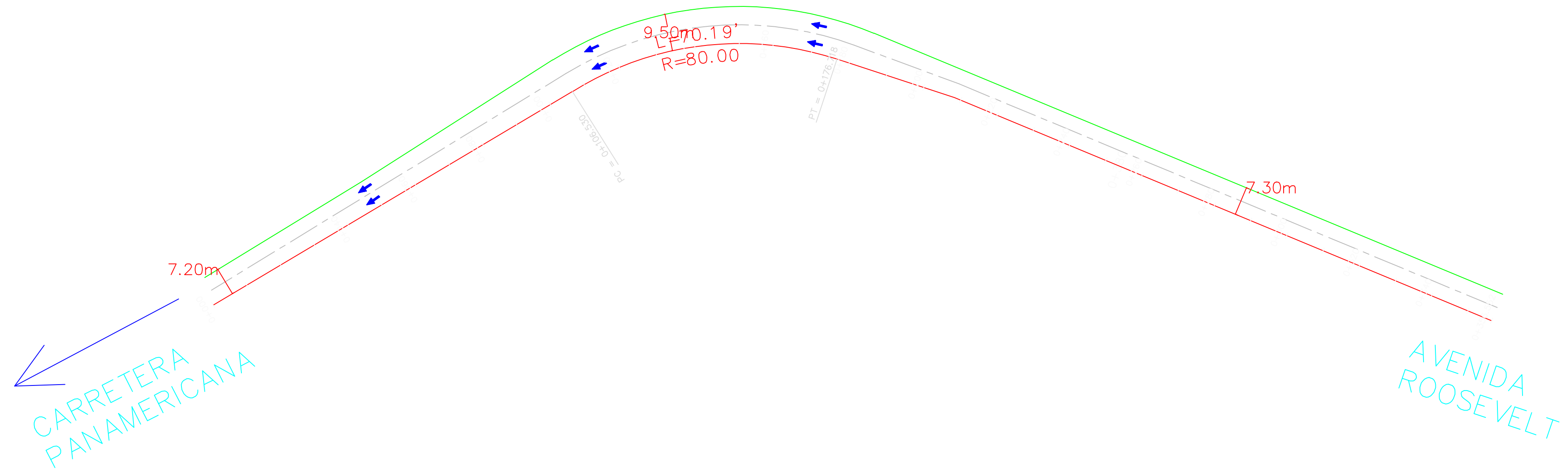


Escala Horizontal 1:800

PERFIL 2



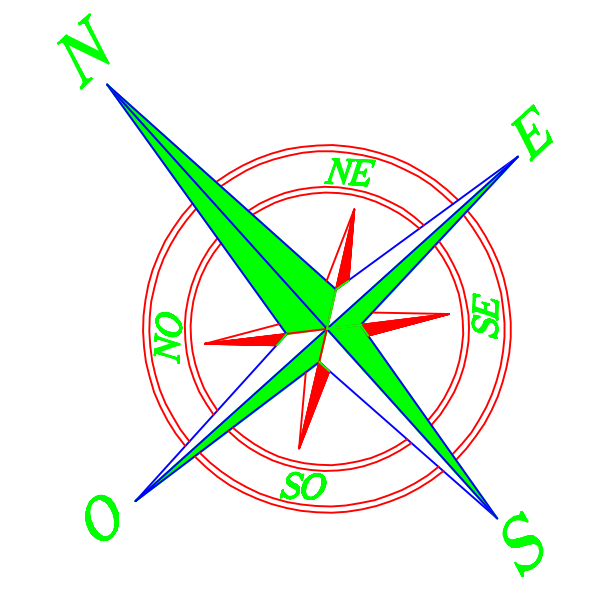
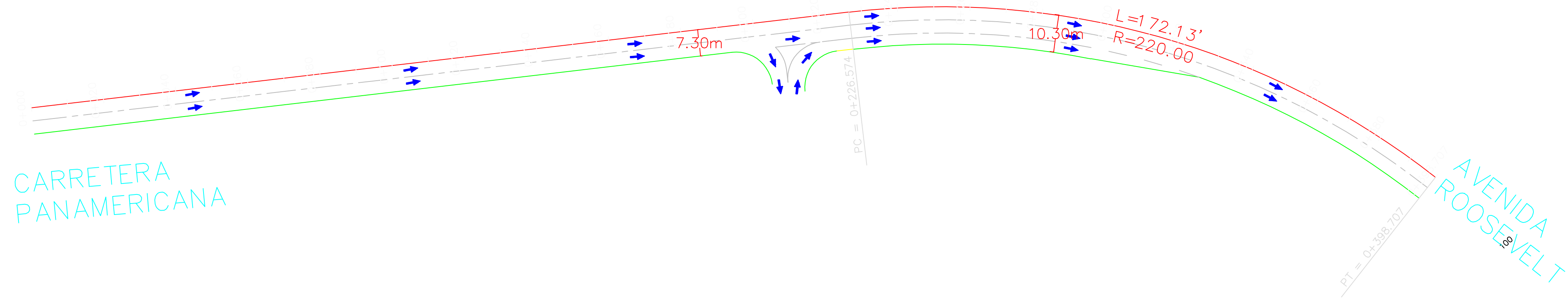
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 2 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERÓ :	REVISÓ :	APROBÓ :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO
			PLANO: 12/16



PERFIL 3



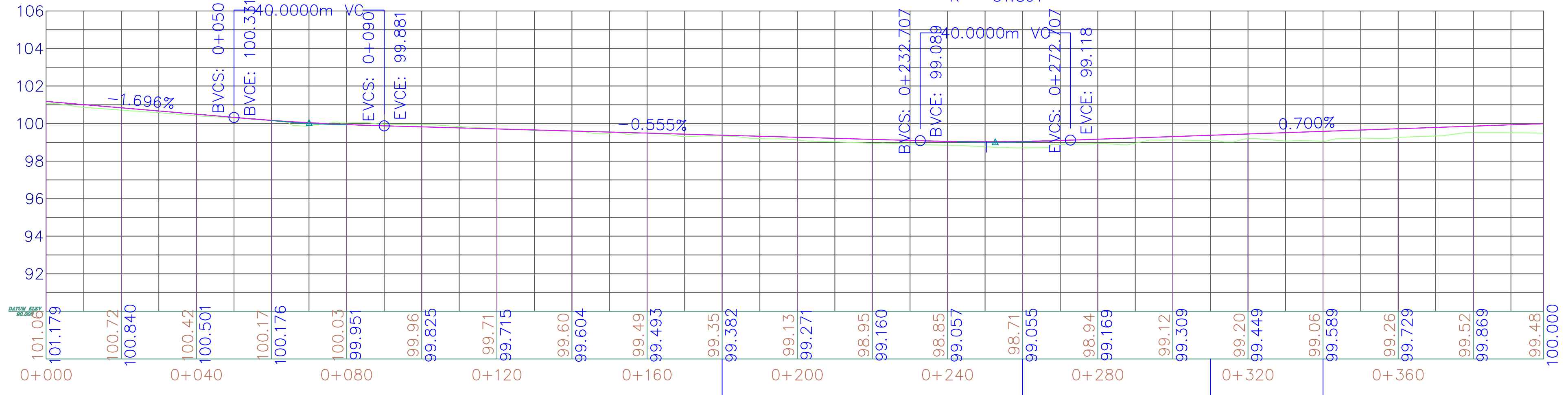
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 3 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERÓ :	REVISÓ :	APROBÓ :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO			PLANO: 13/16



Escala vertical 1:80

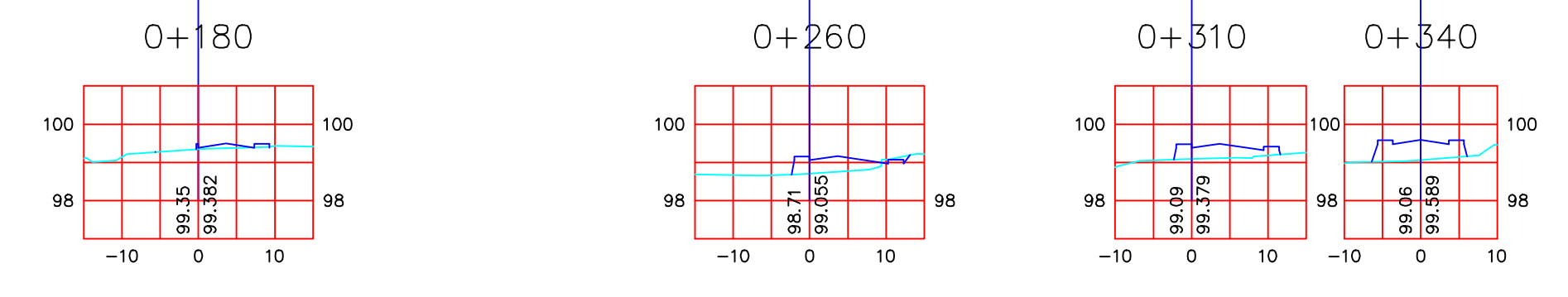
PVI STA = 0+070  
 PVI ELEV = 99.992  
 A.D. = 1.142  
 K = 35.040

LOW POINT ELEV = 99.040  
 LOW POINT STA = 0+250.394  
 PVI STA = 0+252.707  
 PVI ELEV = 98.979  
 A.D. = 1.254  
 K = 31.891



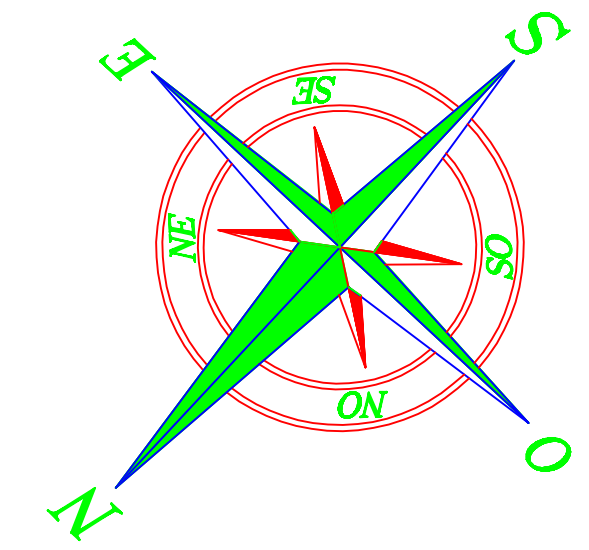
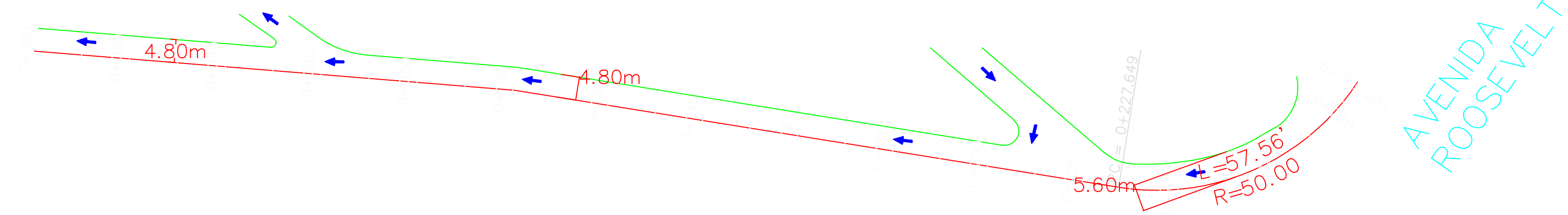
Escala Horizontal 1:800

PERFIL 4

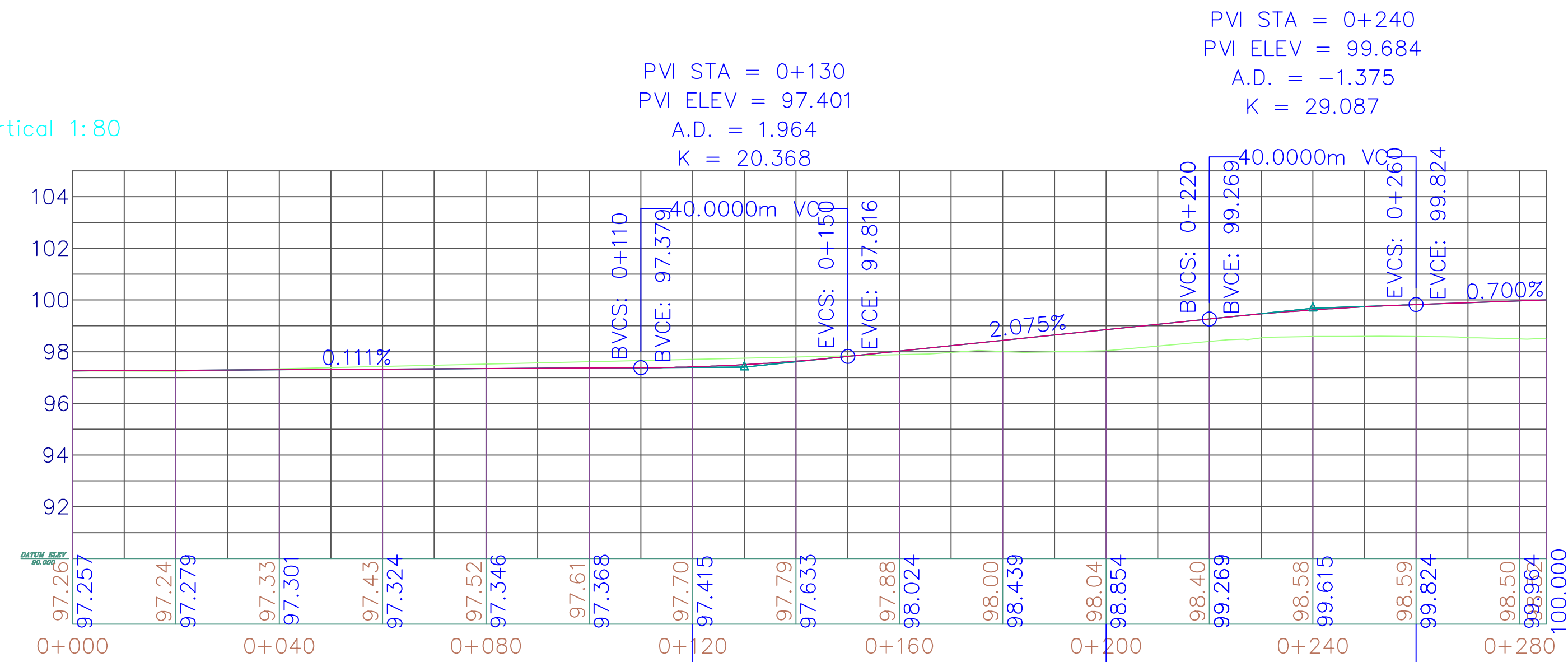


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 4 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERNO :	REVISO :	APROBO :	NOMBRE DEL ARCHIVO :
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO
			PLANO: 14/16

←  
A CARRETERA  
RUTA MILITAR

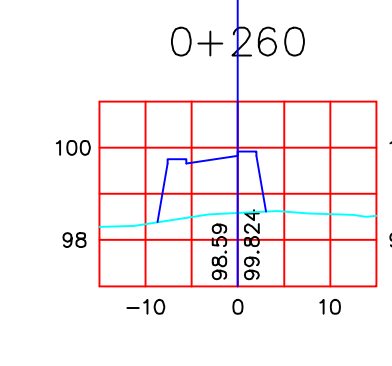
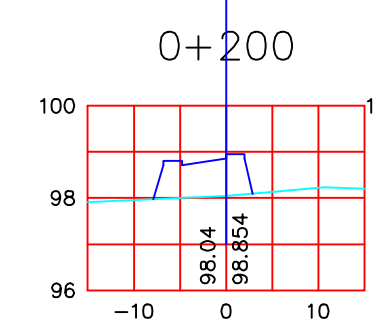
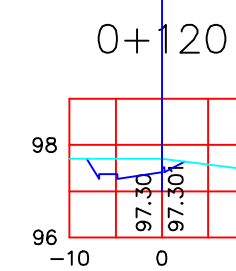


Escala vertical 1:80

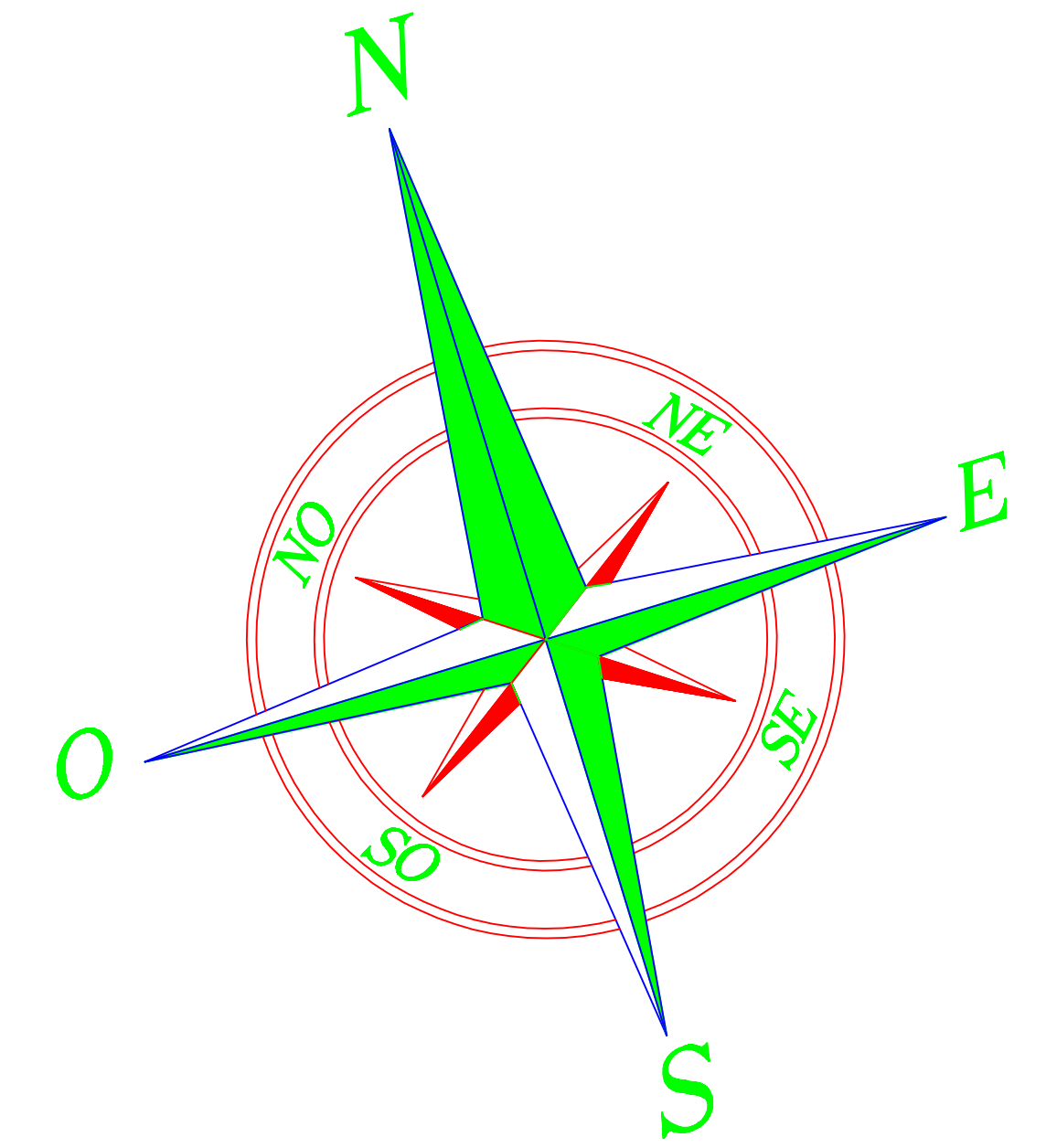
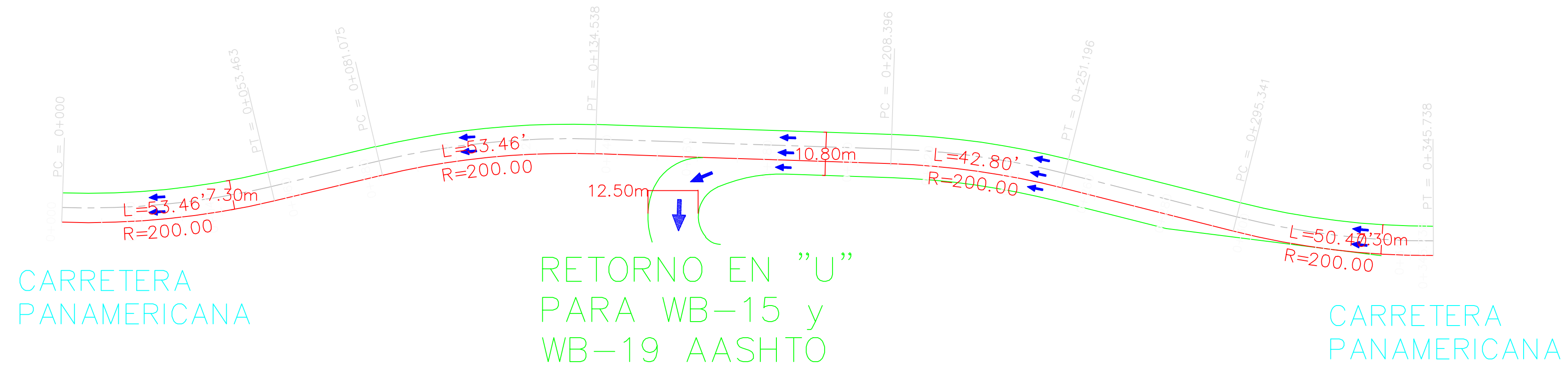


Escala Horizontal 1:800

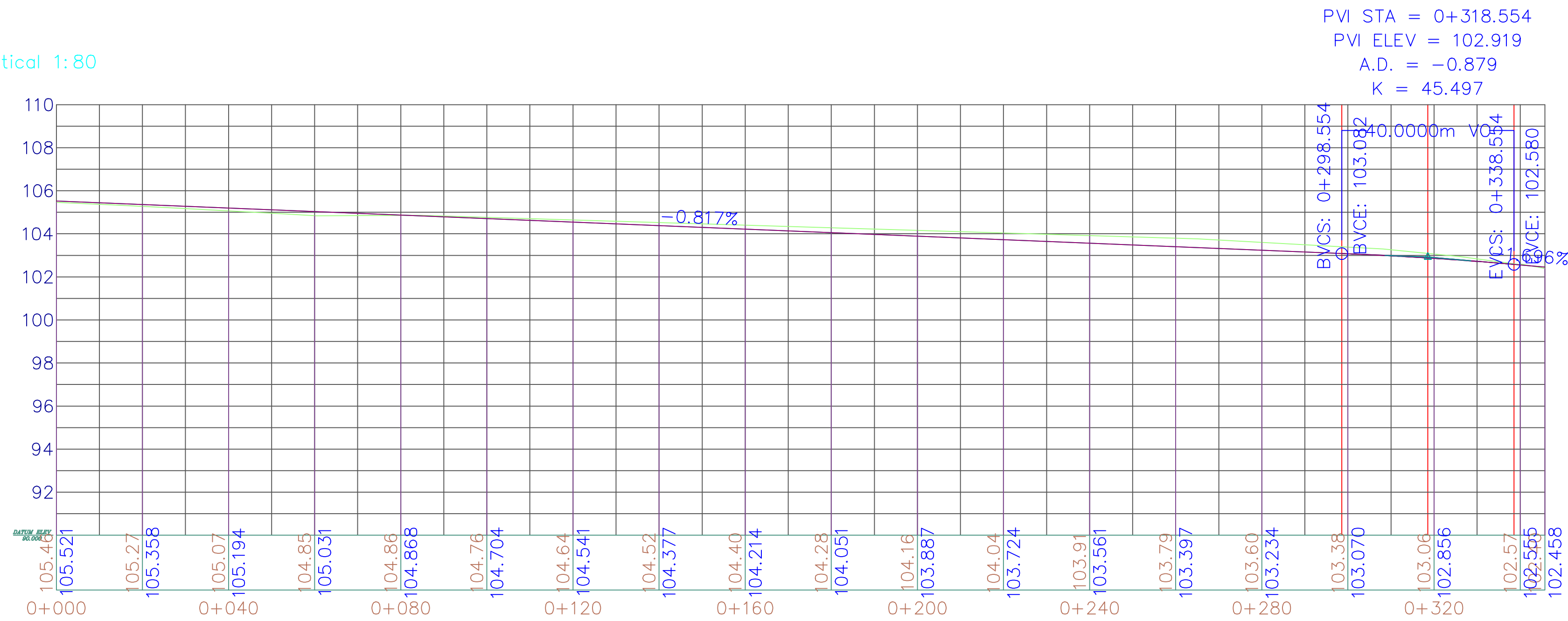
PERFIL 5



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 5 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERÓ :	REVISÓ :	APROBÓ :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
			ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO
			PLANO: 15/16



Escala vertical 1:80



Escala Horizontal 1:800

PERFIL 6

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO "PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA ROOSEVELT Y LA CARRETERA RUTA MILITAR, SAN MIGUEL".			
CONTENIDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL 6 CON SECCIONES REPRESENTATIVAS			
PRESENTAN ALFARO ROMERO, AMILCAR ENOC FUENTES RÍOS, IRINA EMELY OCHOA GARCÍA, DOLORES ORELLANA, ALEXANDRA MARISELA			
DISERÓ :	REVISÓ :	APROBÓ :	NOMBRE DEL ARCHIVO
CALCULO :			
REPRESENTANTE LEGAL		GERENTE DEL PROYECTO	
ESCALAS : INDICADAS EN EL PLANO			PLANO: 16/16