



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE
VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE
PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA,
REPÚBLICA DE GUATEMALA**

José Eduardo Osoy Bautista

Asesorado por la Inga. Nancy Viviana Guerra Arana

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE
VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE
PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA,
REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ EDUARDO OSOY BAUTISTA

ASESORADO POR LA INGA. NANCY VIVIANA GUERRA ARANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

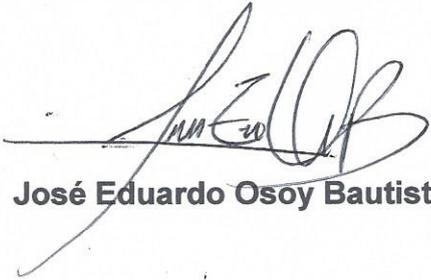
DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno (a. i)
EXAMINADOR	Ing. Nicolas de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Daniel Alfredo Cruz Pineda
EXAMINADOR	Ing. Walter Rolando Salazar Gonzales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 1 de junio de 2012.



José Eduardo Osoy Bautista



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

Guatemala, 17 de agosto de 2017

Ing. Guillermo Melini Salguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ing. Guillermo Melini

Después de revisar el trabajo de graduación titulado **“PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR IMPLEMENTANDO UN PUENTE VEHICULAR “PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE PETAPA Y 19 AVENIDA DE LA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, REPUBLICA DE GUATEMALA”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **JOSÉ EDUARDO OSOY BAUTISTA** quien se identifica con el numero de carné **200914999** y después de haber hecho las correcciones necesarias, lo doy por aprobado y lo autorizo para continuar con el proceso correspondiente.

Sin otro particular me suscribo.

Viviana Guerra Arana
INGENIERA CIVIL
Colegiado 7312

Inga. Viviana Guerra
Asesora de trabajo de graduación
Colegiado No. 7312



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 30 de enero de 2019

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, REPÚBLICA DE GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Eduardo Osoy Bautista, quien contó con la asesoría de la Inga. Nancy Viviana Guerra Arana.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salgado
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



**FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 PLANEAMIENTO
 U S A C**

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Nancy Viviana Guerra Arana y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante José Eduardo Osoy Bautista PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, REPÚBLICA DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2019

/mmm.

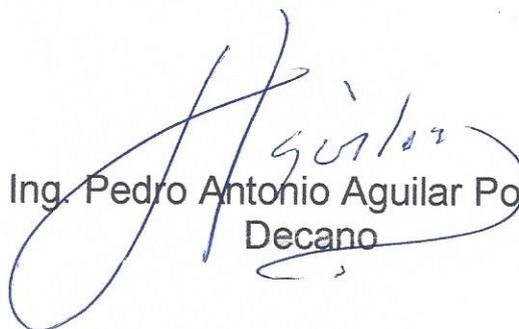


Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil del trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN PUENTE VEHICULAR (PASO A DESNIVEL) EN LA INTERSECCIÓN DE LA 23 CALLE REAL DE PETAPA Y 19 AVENIDA ZONA 7, VILLA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, REPÚBLICA DE GUATEMALA”** presentado por el estudiante universitario: **José Eduardo Osoy Bautista**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Marzo de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Por apoyarme a lo largo de los años en mi carrera y por el sacrificio tan grande que han hecho por mí y por mis hermanos, por estar en todo momento junto a mí y por instarme a alcanzar mis metas.
- Mis hermanos** Por apoyarme para terminar mis estudios; son mi recordatorio de que debo luchar cada día por ser mejor.
- Mi familia** Por formar parte de este logro; las personas con las que he convivido a lo largo de mi vida.
- Mis amigos** Por compartir y apoyarnos mutuamente en las decisiones tomadas a lo largo de la carrera y estar conmigo durante este tiempo de sacrificio y esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la bendición de poder ir a la universidad y poder terminar mi carrera.
Universidad de San Carlos de Guatemala	<i>Alma mater</i> y casa de estudios que me inspiró a culminar esta carrera.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme adquirir el conocimiento técnico y científico, y formarme como profesional.
Mis catedráticos	De la Facultad de Ingeniería, por su destacada labor como docentes y por compartir sus conocimientos con cada uno de nosotros.
Mi asesora	Por su apoyo durante la realización de este trabajo de graduación y por compartir sus conocimientos guiándome a concluir mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Ingeniería de tránsito.....	4
1.1.1. Señalización del sector.....	6
1.2. Desarrollo urbano	6
1.3. Volumen de tránsito.....	9
1.3.1. Tránsito pesado.....	11
1.3.2. Tránsito semipesado	12
1.3.3. Tránsito liviano.....	12
1.3.4. Tránsito motorizado	12
1.4. La intersección	12
1.5. Plan de ordenamiento territorial.....	13
1.5.1. Caracterización de zonas	16
1.6. Aspecto ambiental	17
1.6.1. Artículo 3 de la Ley de descentralización 14-2002	18
1.6.2. Artículo 97 Constitución de la República de Guatemala	18
1.7. Tipo de uso de suelo del sector.....	18

1.7.1.	Comercial	19
1.7.2.	Por mayor	19
1.7.3.	Por menor.....	19
1.7.4.	Residencial.....	19
1.7.5.	Servicios de mecánica	20
1.8.	Colectores pluviales	20
1.9.	Sistema de drenajes.....	21
1.9.1.	Drenaje residencial y comercial.....	21
1.9.2.	Drenaje pluvial.....	22
2.	DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROBLEMA	23
2.1.	Condiciones geométricas	23
2.2.	Capacidad de la vía.....	25
2.3.	Tipos de tránsito.....	25
2.3.1.	Tránsito pesado.....	25
2.3.2.	Tránsito semipesado	26
2.3.3.	Tránsito liviano	26
2.3.4.	Tránsito motorizado.....	27
2.4.	Facilidades para el peatón	27
2.4.1.	Uso de pasarelas	27
2.4.2.	Uso de paso de cebra	28
2.5.	Parada de buses	28
2.6.	Riesgos en la intersección	29
2.6.1.	Riesgo vehicular	29
2.6.2.	Riesgo peatonal	30
2.7.	Áreas adyacentes	30
2.7.1.	Orientación de vías	30
2.7.2.	Avenidas.....	31
2.7.3.	Calles	31

2.7.4.	Intersección	31
2.8.	Carriles existentes	31
2.8.1.	Avenidas.....	31
2.8.2.	Calles.....	32
2.9.	Congestionamiento en la intersección.....	32
2.10.	Comercio en los alrededores.....	34
2.11.	Señalización	35
2.11.1.	Vehicular.....	36
2.11.2.	Peatonal	37
3.	LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS QUE REGULAN PROYECTOS SOCIALES.....	39
3.1.	Código Municipal	39
3.1.1.	Artículo 3.....	39
3.1.2.	Artículo 5.....	39
3.1.3.	Artículo 67.....	40
3.1.4.	Artículo 68.....	40
3.1.5.	Artículo 72.....	41
3.1.6.	Artículo 95.....	41
3.1.7.	Artículo 96.....	42
	3.1.7.1. Inciso b).....	42
3.1.8.	Artículo 142.....	42
	3.1.8.1. Inciso a).....	43
3.1.9.	Artículo 147.....	43
	3.1.9.1. Inciso a).....	43
3.2.	Ley de Descentralización Decreto 14-2002.....	43
3.2.1.	Artículo 2.....	44
3.2.2.	Artículo 18.....	44
3.3.	Ley de Consejos de Desarrollo Decreto 11-2002.....	44

3.3.1.	Artículo 12	44
3.3.2.	Artículo 17	46
3.3.2.1.	Inciso b).....	46
3.3.3.	Artículo 29	46
3.4.	Constitución Política de la República de Guatemala.....	47
3.4.1.	Artículo 1	47
3.4.2.	Artículo 2	47
3.4.3.	Artículo 255	47
3.4.4.	Artículo 257	47
4.	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA SOLUCIÓN DEL CONFLICTO DE TRÁNSITO EN LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE REAL DE PETAPA Y 20 AVENIDA, ZONA 7 VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	49
4.1.	Definiciones.....	49
4.1.1.	Tránsito promedio diario.....	49
4.1.2.	Clasificación del tránsito.....	49
4.1.2.1.	Tránsito pesado.....	49
4.1.2.2.	Tránsito semipesado	51
4.1.2.3.	Tránsito liviano	51
4.1.2.4.	Tránsito motorizado.....	52
4.2.	Diagnóstico	52
4.3.	Recopilación de datos	52
4.4.	Propuestas	53
5.	PRINCIPALES PARÁMETROS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	59
5.1.	Aspectos generales.....	59
5.1.1.	Determinación de vía del paso a desnivel	59

5.1.2.	Geometría del paso a desnivel	60
5.1.3.	Maquinaria y equipo a utilizar	63
5.2.	Levantamiento topográfico	64
5.3.	Movimiento de tierras	65
5.3.1.	Retiro de obstáculos	65
5.3.2.	Excavación y relleno.....	66
5.4.	Estructural	69
5.4.1.	Concreto estructural	69
5.4.2.	Acero de refuerzo	75
5.5.	Pavimento.....	78
5.5.1.	Capa de subbase.....	78
5.5.1.1.	Capa de base	80
5.5.1.2.	Carpeta de rodadura.....	82
5.6.	Estructuras de drenaje.....	93
5.6.1.	Tubos de drenaje.....	93
5.6.2.	Alcantarillas	94
5.7.	Obras complementarias.....	95
5.7.1.	Líneas y marcadores de tránsito.....	95
5.7.2.	Señales de tránsito	97
5.7.3.	Aceras	98
5.7.4.	Señalización e iluminación.....	100
5.7.5.	Parada de buses.....	103
6.	RESULTADOS ESPERADOS.....	105
6.1.	Comparación sin proyecto y con proyecto.....	105
6.2.	Movilidad vehicular	106
6.2.1.	Tránsito pesado	106
6.2.2.	Transporte semipesado	107
6.2.3.	Transporte liviano	108

6.2.4.	Transporte motorizado	108
6.3.	Elementos de seguridad vial	109
6.4.	Tránsito peatonal	109
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Rutas de acceso	5
2.	Estadísticas del parque vehicular de San Miguel Petapa.....	10
3.	Crecimiento del parque vehicular en el país	11
4.	Caracterización del sistema vial.....	16
5.	Lugar del paso a desnivel	24
6.	Paradas de bus	29
7.	Congestionamiento hacia El Frutal	33
8.	Congestionamiento en avenida Petapa	33
9.	Comercio en los alrededores	34
10.	Señalización vehicular.....	36
11.	Señales de tránsito	37
12.	Planta de la intersección actual	54
13.	Propuesta en planta de intersección	54
14.	Elevación El Frutal	55
15.	Elevación avenida Petapa Norte	55
16.	Elevación avenida Petapa Sur	56
17.	Elevación Villa Hermosa	56
18.	Elevación paso aéreo.....	57
19.	Elevación paso a desnivel.....	57
20.	Elevación general	58
21.	Geometría, planta general.....	60
22.	Geometría, altura paso a desnivel	61
23.	Geometría, ancho de vía.....	61

24.	Geometría, paso aéreo	62
25.	Geometría, altura paso aéreo	62
26.	Caseta para parada de buses.....	104
27.	Restricción para el transporte pesado	107
28.	Reglas básicas para motocicletas.....	108

TABLAS

I.	Densidad de población	4
II.	Tránsito en San Miguel Petapa.....	10
III.	Hogares con drenajes y letrinas.....	22
IV.	Conteo de tránsito 10 de agosto del 2017	53
V.	Clases de concreto	70
VI.	Granulometría de agregado fino para concreto estructural.....	71
VII.	Dimensiones nominales de las barras de refuerzo	75
VIII.	Diámetros mínimos de doblado	76
IX.	Normas para capa de subases	79
X.	Normas para capa de base.....	81
XI.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
F_y	Esfuerzo a la fluencia del acero
F_c	Esfuerzo máximo a compresión del concreto
Kms	Kilómetros
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Psi	Libra por pulgada cuadrada (<i>pound square inch</i>)
MPa	Megapascal
Mm	Milímetros
Hab/km²	Número de habitantes por kilómetro cuadrado
POT	Plan de ordenamiento territorial
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones

GLOSARIO

AASHTO	Del inglés American Association Standard and Transport.
ACI	Del inglés American Concrete Institute
ASTM	Del inglés American Society for Testing Materials
Base	Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.
CBR	Del inglés California Bearing Ratio
Colector	Conducto subterráneo en el cual vierten las aguas las alcantarillas y servidumbres hacia la red principal.
Curado	Consiste en mantener las condiciones de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle las propiedades requeridas.
EIA	Evaluación de impacto ambiental

Flujo vehicular	Movimiento de los vehículos de un lugar a otro en función de su volumen y la unidad de tiempo.
Hora pico	Representa el valor horario más alto del día, del número de vehículos que pasan por la vía bajo estudio.
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Intersección	Se le llama al área donde dos o más vías terrestres se unen o se cruzan.
Paso a desnivel	Proceso de adaptación de un cruce de dos o más ejes a diferentes alturas para no interrumpir el flujo del tránsito.
Paso de cebra	Espacio de la calzada destinado al cruce de peatones de una acera a otra, cuyo uso está determinado generalmente por semáforos o agentes de circulación.
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria
Señales de tránsito	Son signos usados en las vías para impartir información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera.

Subbase	Es la capa del pavimento que transmite directamente las cargas a la subrasante y absorbe las irregularidades de la subrasante para que no afecten las capas superiores.
Subrasante	Es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento.
Transeúnte	Designa aquel individuo que transita o camina por un determinado lugar.
Tránsito vehicular	Paso, movimiento, circulación de vehículos que se trasladan de un lugar a otro por vías o parajes públicos.

RESUMEN

La metrópoli de Guatemala, en donde se unen varios municipios circunvecinos de la ciudad capitalina, ha manifestado un considerable aumento de tránsito vehicular, esto debido a la sobrepoblación del casco urbano y a la cantidad de vehículos que transitan a la ciudad proveniente de los distintos municipios, situación que ha generado una serie de congestionamientos que han hecho cada día más difícil la circulación peatonal y vehicular.

Para mejorar el tránsito deben tomarse acciones que permitan determinar los puntos o sectores donde existen problemas que tengan relación con el desplazamiento vehicular. Estos problemas de congestionamiento se dan con frecuencia en las intersecciones de calles o calzadas principales y/o secundarias; por lo tanto, el presente trabajo de graduación analiza y sugiere la solución para el problema del congestionamiento vehicular que se genera en la intersección de la Calle Real de Petapa y 20 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala.

La presente propuesta consta de un puente vehicular (paso a desnivel) con el cual se prevé agilizar el tránsito en dicha ruta y en los lugares aledaños a la misma. En cuanto a los peatones, se desea establecer una adecuada señalización horizontal y vertical para que el transitar sea más eficiente y seguro, para esta forma de disminuir la cantidad de accidentes en la intersección.

OBJETIVOS

General

Por medio de la investigación y el análisis se realiza la propuesta del reordenamiento vehicular, implementando un paso a desnivel en la intersección de la Calle Real de Petapa y 20 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala.

Específicos

1. Estudiar las principales razones de congestionamiento en la intersección bajo estudio.
2. Determinar el grado de saturación vehicular y como este afecta al eficaz funcionamiento de las vías que se encuentran a los alrededores.
3. Al considerar las características generales, las condiciones geométricas y la capacidad de las calles y la calzada analizada, proponer soluciones tendientes a descongestionar la intersección estudiada en este trabajo.
4. Conocer las deficiencias en cuanto se refiere a la señalización de tránsito para proponer las posibles soluciones en dicha intersección.
5. Facilitar la locomoción con la construcción del proyecto.

6. Realizar una propuesta para la construcción que proteja el ambiente y que el mismo se convierta en un atractivo visual.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la alta tasa de crecimiento vehicular y al aumento de medios de transporte en general, se hace cada vez más difícil y tedioso transitar por las distintas calles y avenidas de los centros urbanos, principalmente a los municipios circunvecinos a la ciudad de Guatemala: Villa Hermosa y San Miguel Petapa. Situación que ha generado una serie de congestionamientos vehiculares principalmente en las horas de mayor circulación, que hace cada día más difícil transitar.

Los problemas de embotellamiento se generan con frecuencia en intersecciones de calles y calzadas principales como secundarias, en las que debido a la mala de señalización o a su falta y a la coordinación del tránsito, que provocan accidentes constantemente con la lamentable pérdida de vidas humanas.

Para mejorar el tránsito se deben tomar acciones que permitan determinar los puntos o sectores donde existan problemas que tengan relación con el desplazamiento vehicular. Derivado de lo anterior, se ha observado que en la intersección de la Calle Real de Petapa y 20 avenida, zona 7, Villa Hermosa, municipio de San Miguel Petapa, departamento de Guatemala, presenta problemas de congestionamiento y circulación vehicular, por lo que se realiza una propuesta de reordenamiento vehicular implementando un paso a desnivel en dicha intersección. Se propone el tema Propuesta de reordenamiento vehicular, implementando un puente vehicular (paso a desnivel) en la Intersección de Calle Real de Petapa y 20 avenida de la zona 7, Villa Hermosa, Municipio de San Miguel Petapa, República de Guatemala.

1. ANTECEDENTES GENERALES

San Miguel Petapa es uno de los municipios más antiguos del país, data del período conocido como aborigen o indígena. Su población numerosa e interesante formó su propia rama conocida como los petapas, que además del castellano en la anterioridad hablaban cackchiquel, pocoman y pocomchi, según fuera su ancestro. Culturalmente desciende de los cackchiqueles de la rama de los petapas, pueblo agrícola y lacustre, su nombre quiere decir cama de agua. Fueron laboriosos y con gran vocación para la agricultura y las bellas artes; de buenas normas de vida; al principio se sometieron pacíficamente a los conquistadores, después reaccionaron y combatieron heroicamente, aunque fueron derrotados por los españoles.

Como menciona Granado, San Miguel Petapa fue conocido como el sitio donde pernoctaban los turistas que visitaban la capital de reino, era un centro de comercio y hospitalidad; los centroamericanos dormían y efectuaban sus compras en este lugar, anteriormente se fabricaban esteras o petates de tule, cuya materia prima era sacada de una planta fibrosa acuática que se encuentra en el lago de Amatitlán. Se cree que por la manufactura de los petates, a la población se le denominó los petapas, ya que a ese producto se le daban varios usos domésticos y eran decorativos; la fama de estos trascendió en el extranjero y en una exposición francesa celebrada en París le otorgaron una alta distinción honorífica por su presentación artística.

Según se dice en una obra escrita en 1800 por el Bachiller Sacerdote Domingo Juarros, Petapa, Villa Canales y Villa Nueva era un solo pueblo asentado en donde hoy existe Villa Canales; los tres formaban un pueblo

grande próspero y con mucho comercio. Poco después se dispuso dividir el territorio en siete departamentos y según Decreto Legislativo del 14 de noviembre de 1825, San Miguel Petapa quedó integrado al departamento de Guatemala. San Miguel Petapa es predominante agrícola; los cultivos que predominan son: café, tomate, banano, lechuga, maíz, frijol y caña de azúcar, aunque en la actualidad por el desplazamiento urbano, se está transformando en una zona industrial.

Aspectos geográficos: el municipio de San Miguel Petapa está ubicado en la parte sur del departamento de Guatemala. Su extensión territorial es de 30 km cuadrados con los siguientes límites: al norte con los municipios de Guatemala y Villa Nueva; al sur con el municipio de Amatitlán; al este con el municipio de Villa Canales y al oeste con el municipio de Villa Nueva. Su jurisdicción municipal comprende una población denominada San Miguel Petapa; los caseríos: “El Frutal” y “Loma Blanca”; las colonias “Nimajuyú”, “San Antonio”, “El Cortijo”, “Gerona”, “Jardines”, “El Frutal”, “Villa Hermosa”, “San José”, “Santa Teresita”, “Israel”, “El Centenario”, “Los Álamos” y “Las Joyas”. Las fincas registradas son: “El Ingenio”, “La Amistad”, “El Carmén”, “Guillén”, “Villa España”, “El Morro”, Municipal “La Majada” y “Santa Clemencia”; tiene además 19 parajes.

Puede decirse que su territorio es generalmente plano, pues solo un 25 % corresponde a montes altos y cerros cultivables. Las alturas oscilan entre 1 250 y 1 500 metros sobre el nivel del mar, la cabecera municipal dista de la cabecera departamental 20 kilómetros por la ruta de Villa Nueva, sobre asfalto y por la ruta de Petapa dista solamente 15 kilómetros. Según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), con base en el censo del 2002, para el año 2018 se tiene estimada una población del municipio de San Miguel Petapa, de 208 123 personas.

Aspectos sociales: las tierras del municipio son aptas para la agricultura, cuyos cultivos principalmente son: maíz, frijol, tabaco, legumbres y hortalizas, así como algunas frutas (naranjas, limón, mandarina, entre otros.). Ganadería: existen algunas pequeñas crianzas de ganado vacuno, que se aprovechan para consumo interno. La avicultura, se atiende en gran escala pues hay importantes instalaciones avícolas y últimamente también se ha incrementado la crianza de porcinos. Industria: es esta un factor muy importante, pues funcionan modernas plantas industriales de diverso género (tejidos, productos alimenticios, muebles, materiales de construcción, artículos sanitarios, entre otros.) que operan en gran escala.

Según la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán, antiguamente, tuvo gran relevancia en este lugar, la fabricación de esferas o petates de tule (planta fibrosa acuática que se encuentra en el lago de Amatitlán), dichos petates tienen varios usos domésticos y son también decorativos, cuya fama, ha trascendido al extranjero, pues durante la Exposición Francesa, celebrada en París en 1889, estos productos obtuvieron alta distinción honorífica por su presentación artística.

Las características de la población es de solo el 6,3 % de población indígena, analfabetismo 14 %, población económicamente activa es del 28 %, cantidad de viviendas es de 6,9 % en área rural y un 93,1 % área urbana. La densidad de población es de 849 habitantes por kilómetro cuadrado.

El núcleo familiar tiene, en promedio, 5 miembros. La mayoría de la población actual no es oriunda del lugar, pues procede de diferentes regiones, principalmente, del área metropolitana que se extiende cada vez más sobre los municipios aledaños, que ha obligado a la creación de nuevas colonias residenciales.

Tabla I. **Densidad de población**

Año	Población	Área (km²)	Densidad (hab/km²)
1995	25 457	30	849
2002	124 898	30	4 163
2010	156 790	30	5 226
2018	208 123	30	6 937

Fuente: elaboración propia.

1.1. Ingeniería de tránsito

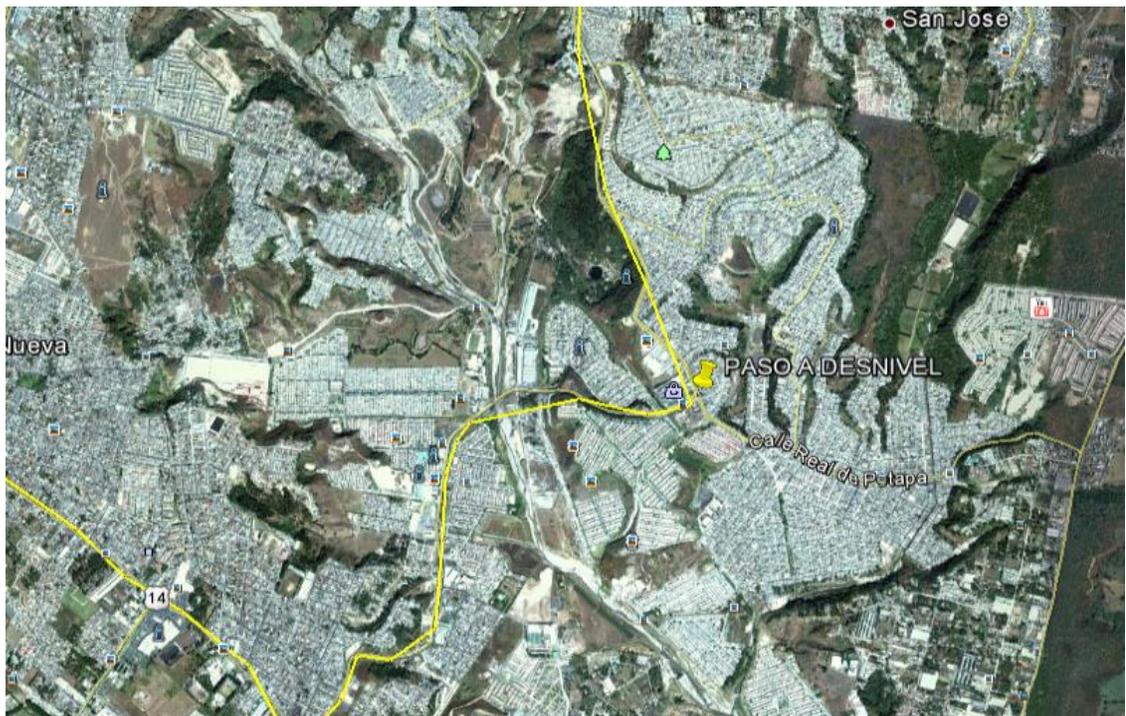
La ingeniería de tránsito o de transporte es la rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, el diseño y la operación de tráfico en calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medios de transporte para conseguir una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías. Se entiende por ingeniería de transportes y vías al conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, prácticas profesionales, principios y valores, necesarios para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes.

La ingeniería de transportes y vías es una especialidad de la profesión de ingeniería, basada en la aplicación de las ciencias físicas, matemáticas, químicas, la técnica y en general el ingenio, en beneficio de la humanidad. La ingeniería de tránsito en vez de construir nueva infraestructura introduce elementos dinámicos o estáticos (señales de tránsito, semáforos, paneles, sensores) para regular y dirigir el tránsito para maximizar la capacidad de la vía especialmente en lugares congestionados. El sistema de carreteras existentes

en la ciudad de Guatemala debido a su posición geográfica es dividido en cuatro regiones: norte, noroeste, sur, sureste. La que se conecta con la intersección bajo estudio corresponde a la región del sur.

- Ruta CA-9 Sur: inicia en la calzada Raúl Aguilar Batres, se dirige hacia Villa Nueva que se conecta a Villa Hermosa, San Miguel Petapa.
- Ruta departamental 14: inicia en la avenida Petapa y al llegar al final de esta avenida se conecta con Villa Hermosa, San Miguel Petapa.

Figura 1. **Rutas de acceso**



Fuente: *Mapa San Miguel Petapa, Guatemala.*

[https://earth.google.com/web/search/San+Miguel+Petapa,+villa+hermosa+Guatemala/@14.](https://earth.google.com/web/search/San+Miguel+Petapa,+villa+hermosa+Guatemala/@14)

Consulta: 1 junio de 2017.

1.1.1. Señalización del sector

La intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala, al momento cuenta con la señalización de los carriles por medio de conos, ya que por ciertas horas se usa un carril reversible; en horas de la mañana el carril se utiliza en sentido que va de Villa Nueva hacia la avenida Petapa, y en horas de la tarde es de manera inversa. El lugar no cuenta con señalización electrónica como semáforos, por lo que es de gran importancia la construcción del paso a desnivel ya que casi a diario se registran accidentes en dicho lugar.

El lugar cuenta con poca señalización peatonal ya que los pasos peatonales que posee están deteriorados debido al mal mantenimiento de la vía y estos han desaparecido; por otra parte, en los alrededores de la intersección no se cuenta con pasarelas cercanas, a pesar de poseer parada de buses los cuales generan acumulación de personas y traslado de un lugar a otro.

1.2. Desarrollo urbano

El municipio de San Miguel Petapa, con el transcurso del tiempo, ha tenido un avance considerable en lo que se refiere a infraestructura urbana; en gran parte del municipio se cuenta con servicios: agua potable, alcantarillados para agua pluviales, sistemas de drenajes, servicio de alumbrado en las calles. Cuenta con escuelas y colegios privados, centros comerciales: El Frutal, Pacific Villa Hermosa, entre otros. Además de poseer gran parte de sus calles pavimentadas, todos estos servicios que brinda la municipalidad a sus habitantes dan oportunidad de desarrollo y bienestar.

En cuanto a la urbanización, San Miguel Petapa cuenta con varias colonias, condominios y residenciales distribuidos en todas sus zonas.

- Colonias
 - Exclusivas Villas de Petapa (zona 01)
 - Villas de Petapa (zona 01)
 - Villas Alboradas 1, 2, 3 y 4 (zona 01)
 - El deseo (zona 01)
 - El Centenario (zona 01)
 - Israel (zona 02)
 - Santa Teresita 5 (zona 02)
 - Portal de Santa Inés (zona 04)
 - Semillas de Paz (zona 04)
 - Los Álamos (zona 06)
 - Aguilar Hernández (zona 07)
 - Villa Hermosa (zona 07)
 - Prados de Villa Hermosa (zona 07)
 - Brisas de Gerona 1,2 y 3 (zona 08)
 - San Antonio (zona 09)
 - El Bosque (zona 09)
 - Cendist (zona 09)
 - Santa Teresita 04 (zona 09)
 - Israel Poniente (zona 09)
 - Papalha (zona 09)
 - El Cortijo (zona 10)
 - Santa Teresita 2 (zona 10)
 - Villas de Santiago (zona 10)
 - Las Margaritas (zona 10)

- San José (zona 10)
- Luisa Alejandra 1 y 2 (zona 10)
- El Rosario (zona 10)
- Ribera del Río (zona 10)

- Condominios
 - Las Joyas 1, 2 y 3 (zona 1)
 - Santa Inés (zona 3)
 - Quebradas de San Miguel (zona 3)
 - Los Alamitos 1, 2 (zona 6)
 - Villas de Málaga (zona 6)
 - Llanuba (zona 6)
 - La Castellana (zona 10)
 - Los Arcos (zona 11)

- Residenciales
 - Valles de San Miguel 2 (zona 2)
 - Los Eucaliptos 1 y 2 (zona 3)
 - Los Pinos (zona 3)
 - Casuarinas (zona 3)
 - Sol de los Álamos (zona 6)
 - Prados de los Álamos (zona 6)
 - Villas de los Álamos (zona 6)
 - Jardín de los Álamos (zona 6)
 - Los Nuevos Álamos 1, 2, 3 (zona 6)
 - Las Rosas (zona 6)
 - Esmeralda 1, 2 (zona 7)

- Petapa 1, 2 (zona 7)
- Fuentes del Valle 1 (zona 7)
- Altos de Fuentes del Valle 1, 2 (zona 7)
- Cañadas de Petapa (zona 8)
- Alcázar (zona 8)
- Prados de San Miguel 1, 2, 3 (zona 8)
- Gerona (zona 8)
- Rincón Oriental (zona 8)
- Villas de San Lázaro (zona 9)
- San Miguel (zona 10)
- Villas de Guillén (zona 10)
- Valles de Petapa (zona 10)
- Valles de María (zona 10)
- Prados de Sur (zona 11)
- Valles de San Miguel (11)
- Cañadas de Río (zona 13)
- Jardines de la Mansión (zona 13)

1.3. Volumen de tránsito

La cantidad de vehículos se ha incrementado a medida que pasan los años, como se observa en la figura 2; para el 2014 el parque vehicular supera los 2,5 millones de vehículos en todo el país y cada vez tiende a aumentar, lo que genera más congestión si no hay una correcta circulación y regulación vehicular.

Según Marroquín, en diciembre del 2017, Guatemala registró un aumento de un cuarto de millón de vehículos, alcanzó las 3,54 millones de unidades en todo el territorio nacional, según estimaciones de la Superintendencia de

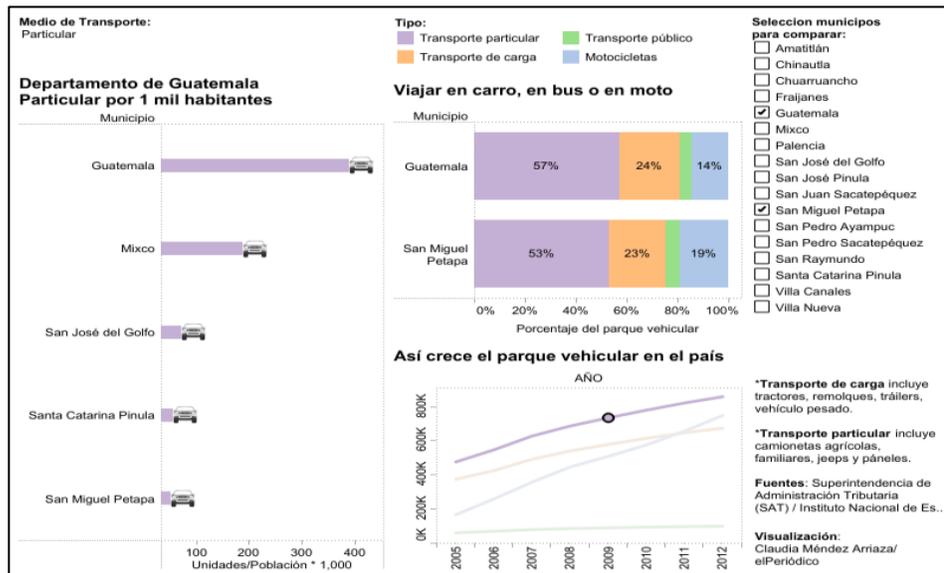
Administración Tributaria (SAT); en primer lugar, en cantidad de vehículos está la metrópoli capitalina con el 44,12 %, le sigue Quetzaltenango con un 6,81 % y Escuintla con un 6,47 %. En la tabla II se observa la información del parque vehicular de San Miguel Petapa.

Tabla II. Tránsito en San Miguel Petapa

Medio de transporte 1	Municipio	Medio de transporte	Tasa motorización	Tasa Parque	Tasa trans colectivo	Tasa trans particular	Tasa transp carga
Parque vehicular	San Miguel Petapa	142,812	31,824	142,812	6,7256	74,432	29,535

Fuente: elaboración propia.

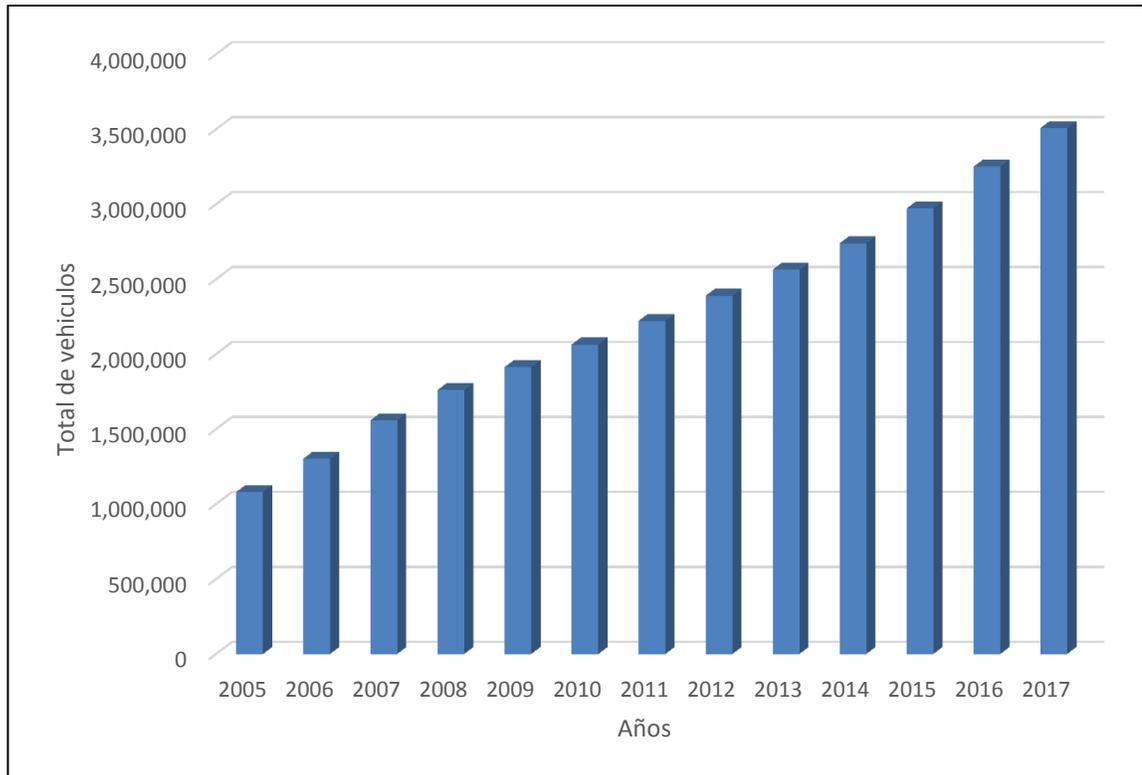
Figura 2. Estadísticas del parque vehicular de San Miguel Petapa



Fuente: Estadísticas del parque vehicular de San Miguel Petapa.

<http://computingbi.com/parque-vehicular-en-guatemala/>. Consulta: 5 de mayo de 2018.

Figura 3. Crecimiento del parque vehicular en el país



Fuente: Superintendencia de Administración Tributaria. *Sistema de registro fiscal de vehículos.*

https://www.google.com.gt/search?ei=Q3JIXJ3tKYzbwALo3rrQDw&q=sat&oq=sat&gs_l=psy-

Consulta: 5 de mayo del 2015.

1.3.1. Tránsito pesado

Los vehículos pesados representan el 6 % del tránsito regular en hora pico en el año que se realizó el conteo vehicular; corresponden a camiones y furgones.

1.3.2. Tránsito semipesado

Los vehículos semipesados representan un 5 % del tránsito en hora pico; corresponden a camiones de un eje, buses y microbuses.

1.3.3. Tránsito liviano

Los vehículos livianos representan un 86 % del tránsito en hora pico; corresponden a automóviles y picops.

1.3.4. Tránsito motorizado

Los vehículos motorizados representan un 3 % del tránsito en hora pico; corresponden a motocicletas.

1.4. La intersección

La dirección de la intersección corresponde a la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7 Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala, que se une por las calles del Frutal Villa Nueva, Villa Hermosa y la avenida Petapa. Estas tres vías se unen en dicho punto en donde debido a la falta de señalización, semáforos, genera congestionamiento principalmente en las horas pico, ya que esta es una de las rutas más usadas para acceso a la ciudad capital desde San Miguel Petapa.

Al momento, cuenta con la señalización de los carriles por medio de conos, ya que por ciertas horas se usa un carril reversible, en horas de la mañana el carril se utiliza en sentido que va de Villa Nueva hacia la avenida Petapa, y en horas de la tarde es de manera inversa. El lugar no cuenta con

señalización electrónica como semáforos, por lo tanto es de gran importancia la construcción del paso a desnivel ya que casi a diario se registran accidentes en dicho lugar.

La intersección no posee pasarelas para uso y seguridad del peatón, a pesar de contar con parada de buses en las cercanías, ya que las personas deben atravesar la vía para llegar a su destino lo que las pone en riesgo de ser atropelladas por algún automóvil. Por lo que es de gran importancia contar con algún sistema que ayude a mejorar dicha situación.

1.5. Plan de Ordenamiento Territorial (POT)

Según el Acuerdo COM 030-08 y sus reformas, el POT es un cuerpo normativo básico de planificación y regulación urbana conformada por normas técnicas, legales y administrativas que la Municipalidad de Guatemala establece para regular y orientar el desarrollo de su territorio; este plan considera la metrópoli capitalina en su conjunto.

Ante la falta del POT en San Miguel Petapa, se deben aplicar las indicaciones generales por parte de la Municipalidad al momento de autorizar la licencia de construcción para el ordenamiento de las calles y avenidas del municipio.

Es una herramienta indispensable para hacer realidad las políticas territoriales de la municipalidad, cuyo fin primordial es simplificar la normativa existente, para buscar dar más claridad en la información, más certeza a los vecinos residentes e inversionistas, y proveyendo principalmente calidad de vida a sus habitantes.

El POT se basa en la categorización del territorio en zonas generales que van de lo rural a lo urbano; toma en consideración la oferta de transporte para determinar las intensidades de construcción y reduciendo la misma en zonas ambientalmente valiosas y de alto riesgo. El POT norma los procedimientos administrativos que se dan de acuerdo a las intervenciones en un determinado momento sobre el territorio; por ejemplo, un fraccionamiento, una obra o un cambio de uso del suelo.

En el municipio de San Miguel Petapa no se cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial propio que se enfoque en desarrollar los aspectos necesarios: económico, ambiental, social e integral; este último visto como el ideal por resultar de la conjunción de todos los antes mencionados, todos con el apoyo del político-institucional.

Al impulsar la industrialización con seguridad se logra habilitar sectores desocupados a partir de la implantación de polos de desarrollo en las zonas industriales, mismas que originaron un conjunto de efectos positivos, tanto en el centro urbano donde se localicen como en la región aledaña, que contribuyen a modificar los desequilibrios regionales de la organización espacial del territorio.

Por ser un área netamente urbana se debe dar la importancia a regular normas que den soporte legal a los planes de zonificación basados en categorías espaciales los cuales establecen los usos permitidos, prohibidos o restringidos, acompañados de instrumentos coercitivos o estimulantes que definen mecanismos para resolver los conflictos generados por la intervención.

Estos planes deben pretender la zonificación y regulación de áreas protegidas o de manejo especial, la regulación de la localización de actividades productivas, la regulación de la localización de viviendas e infraestructuras, la

zonificación de áreas de riesgo por amenazas de origen natural, social, económico y tecnológico y la regulación de su uso y la ocupación de las áreas suburbanas y rurales.

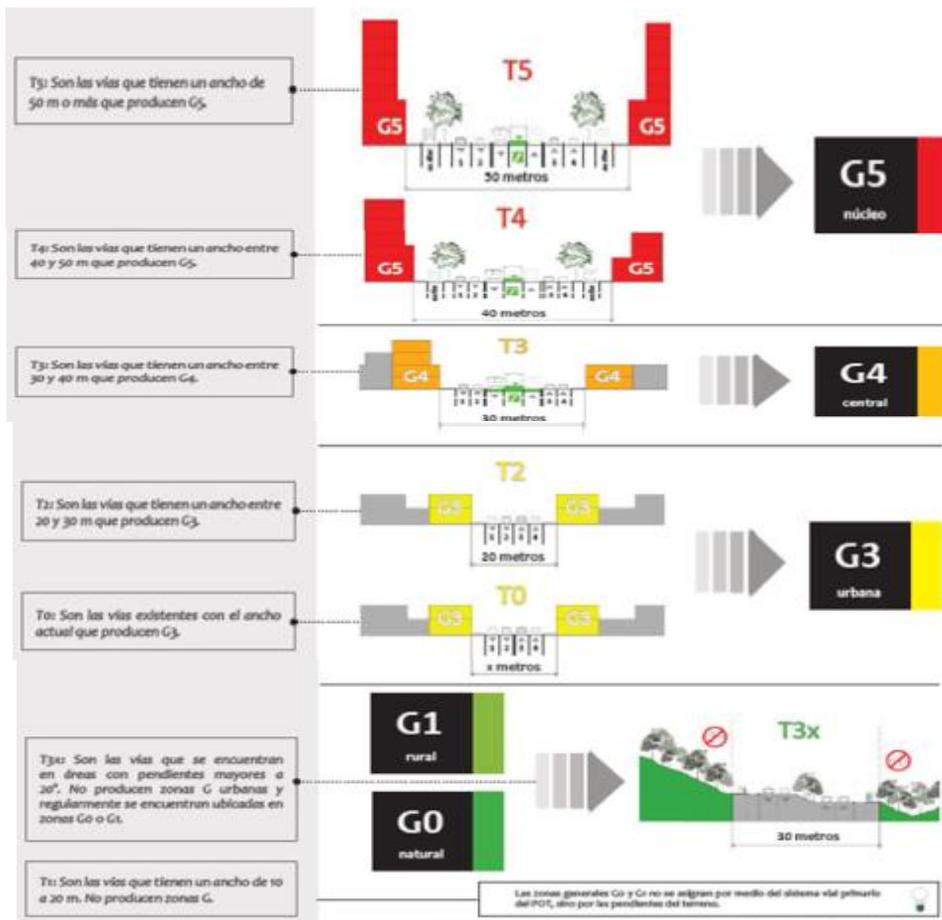
Todos estos planes deben ir acompañados de un plan de movilización de transporte, en donde se incluye la vía alterna a Villa Nueva por la finca el Carmen Guillén, paso a desnivel en el crucero desde Villa Hermosa, así como la creación de rutas alternas que comunican el casco urbano con otras colonias del municipio; las más importantes, debido a su densidad Villa Hermosa y Santa Inés; lo anterior es para el mejor desfogue del tránsito dentro del municipio. Este plan abarca toda la problemática que aqueja al municipio a largo plazo fundado en la democracia participante, respetuoso del medio ambiente y de la diversidad cultural, en los que el interés común prevalezca sobre los intereses económicos y políticos individuales. Para lograr la dignificación como seres humanos a través de un desarrollo orientado al bienestar de la sociedad en conjunto para conseguir garantía de la vida con servicios de calidad, oportunidades de trabajo, seguridad social, acceso a la educación, cobertura en salud, vivienda digna, espacios de encuentro, recreación y esparcimiento.

Dichos planes incluyen distintas acciones de organismos públicos del territorio a ordenar y de organismos de jerarquía superior e inferior, lo cual plantea una necesaria coordinación vertical y horizontal. Para lograr los puntos anteriores, deben previamente lograrse transformaciones estructurales de fondo, relativas a las condiciones de pobreza, violencia, corrupción, tenencia de la tierra, actitud de los gobernantes.

1.5.1. Caracterización de zonas

El sistema vial primario se encuentra constituido por las vías T0, T1, T2, T3, T4 y T5 establecidas acorde al ancho proyectado de la vía pública y la conectividad con el resto de vías del municipio. Por lo tanto, se puede ubicar a la intersección en una zona urbana G3.

Figura 4. Caracterización del sistema vial



Fuente: *Caracterización del sistema vial.*

http://pot.muniguate.com/guia_aplicacion/c1/0601_sistema_vial.php. Consulta: 8 de agosto de 2018.

1.6. Aspecto ambiental

Son los elementos de las actividades, productos o servicios de una obra de construcción que pueden interactuar con el ambiente causándole un impacto beneficioso o adverso. La descripción del proyecto, en un estudio de impacto ambiental, debe orientarse a la determinación de los aspectos ambientales del proyecto, es decir, debe establecer los elementos y procesos que pudieran infectar al medio.

Por tanto y en general, desde este enfoque, la generación de ruidos, emisiones, efluentes y desechos no son efectos o impactos ambientales, son aspectos ambientales de proyecto; al igual, que la contratación de mano de obra, desplazamiento de la maquinaria, consumo de agua, ocupación del suelo, entre otros. En cambio, el aumento de la capacidad adquisitiva de la población, la compactación de suelos, la reducción de la capa freática y la pérdida de cobertura vegetal sí serían impactos. Debe tenerse en cuenta que un impacto ambiental se lee como el cambio significativo en alguna variable del medio o de la salud.

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, como menciona Sánchez, aunque relacionados entre sí: el ámbito científico-técnico y el jurídico-administrativo. El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como evaluación de impacto ambiental (EIA); el segundo ha producido toda una serie de normas y leyes que obligan a la declaración de impacto ambiental y ofrecen la oportunidad, no siempre aprovechada, de que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. Este rechazo o modificación se produce a lo largo del procedimiento administrativo de la

evaluación de impacto. Gracias a las evaluaciones de impacto, se estudian y predicen algunas de las consecuencias ambientales, esto es, los impactos que ocasiona una determinada acción, permitiendo evitarlas, atenuarlas o compensarlas.

1.6.1. Artículo 3 de la Ley de descentralización 14-2002

“Artículo 3: naturaleza. Esta ley es de orden público y de aplicación general y rige los procesos de descentralización del Organismo Ejecutivo.”

1.6.2. Artículo 97 Constitución de la República de Guatemala

“Artículo 97: medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.”

1.7. Tipo de uso de suelo del sector

En la intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa y sus alrededores corresponde a una zona de considerable actividad económica por lo que en el uso de suelo del sector se puede encontrar de uso comercial, residencial y de servicios varios.

1.7.1. Comercial

Esta zona en la que se encuentra la intersección bajo estudio corresponde a un sector que tiene considerable actividad económica, y debido a la facilidad de acceso se han establecido varios lugares de comercio.

1.7.2. Por mayor

En este sector la actividad comercial por mayor se ha desarrollado de tal manera que se han establecido centros comerciales como: Pacific Villa Hermosa, supermercado La Torre, Megapaca, El Gallo más Gallo, entre otros.

1.7.3. Por menor

La actividad comercial por menor en los alrededores de la intersección es considerable, ya que debido a la necesidad y dependiendo de las distintas clases sociales que habitan este lugar se instalaron diversos puestos, por ejemplo ventas de comida rápida, tiendas, panaderías, peluquerías y salones de belleza, entre otros.

1.7.4. Residencial

El uso residencial del suelo en los alrededores de la intersección se ha establecido en gran parte estos últimos años, ya que se han desarrollado distintas urbanizaciones en el sector: Aguilar Hernández, Villa Hermosa, Prados de Villa Hermosa, Esmeralda 1, 2, Petapa 1, 2, Fuentes del Valle 1, Altos de Fuentes del Valle 1, 2.

1.7.5. Servicios de mecánica

Debido a que en la intersección circula una gran cantidad de vehículos diariamente, se han establecidos negocios de servicio de mecánica, pinchazos, servicios eléctricos y gasolineras; pero debido a que se encuentran en las orillas de la vía, estos al realizar el servicio correspondiente ocasionan dificultad de paso por lo estrecho de la calzada y genera congestión en los alrededores.

1.8. Colectores pluviales

Los colectores son las tuberías de mayor sección, frecuentemente visitables, que recogen las aguas de las alcantarillas y que las conducen a los colectores principales. Están enterrados, en las vías públicas. Se denomina alcantarillado o también red de drenaje al sistema de estructuras y tuberías usado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio donde se vierten al medio natural o se tratan.

La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades es bastante escasa. Esto genera importantes problemas sanitarios. Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente, las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones en la mayoría de las naciones. Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad.

EL municipio de San Miguel Petapa, específicamente en la intersección bajo estudio posee sistemas para captar dirigir y desfogar el agua pluvial; en la vía se cuenta con un sistema de cunetas y rejillas que captan y trasladan el agua pluvial, las cuales se desfogan hacia partes del río Villalobos que pasa en las cercanías del sector.

1.9. Sistema de drenajes

Drenaje es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

1.9.1. Drenaje residencial y comercial

Drenaje sanitario: son las tuberías por las cuales se trasladan las aguas negras. Se llama drenaje al que transporta los desechos líquidos de casas, comercios y fábricas no contaminantes. En algunas ciudades son dirigidos a plantas depuradoras para su tratamiento y posterior vertido a un cauce que permita al agua continuar el ciclo hidrológico.

Gran parte de los pobladores del municipio de San Miguel Petapa no cuentan con el servicio de drenaje sanitario; poseen letrinas o los denominados pozos ciegos, o también fosas sépticas con pozo de absorción. Debido a que en la intersección se encuentra localizadas varias colonias y residenciales, estas deben de alguna manera evacuar las aguas residuales que la población del sector genera; por lo que actualmente la construcción de colonias cuentan con su propio sistema de tratamiento, las cuales procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos para que posteriormente se pueda evacuar el agua con un menor grado de contaminación.

Las aguas residuales que se recolectan en la mayoría del municipio desfogan en el río Villalobos como las plantas de tratamiento; en otros casos, estos se conectan al sistema de drenaje municipal.

De igual manera, existe gran cantidad de comercio en los alrededores, los cuales a gran escala cuentan con su sistema de tratamiento que es establecido según la ley, en cuanto a los comercios a menor escala en algunos casos se conectan al servicio de drenaje sanitario o cuentan con letrinas.

Tabla III. **Hogares con drenajes y letrinas**

Sin sistema	Con sistema	No especificado
27,27	54,55	18,18

Fuente: elaboración propia.

1.9.2. Drenaje pluvial

Se conoce con este nombre al sistema de drenaje que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento. En muchas localidades no se realiza la diferenciación entre drenaje sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado al mismo destino lo que causa que todos los tipos de desechos se junten.

El municipio de San Miguel Petapa específicamente en la intersección bajo estudio posee sistemas para captar dirigir y desfogar el agua pluvial, en la vía cuenta con un sistema de cunetas y rejillas que captan y trasladan el agua pluvial, las cuales se desfogan hacia partes del río Villalobos que pasa en las cercanías del sector.

2. DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROBLEMA

Debido a que San Miguel Petapa se encuentra circunvecina a la ciudad de Guatemala afronta similares problemas de congestionamiento de tránsito, debido al crecimiento del número de vehículos y diversos medios de transporte que han aparecido por el aumento poblacional y el crecimiento desordenado de la ciudad; su complejidad se deriva de que el municipio así como Villa Nueva, Villa Canales y otros colindantes a la ciudad capital se han convertido en ciudades dormitorio.

Estos problemas traen consigo otros como la difícil y peligrosa circulación peatonal en el área de la intersección, que se convierte en agravante del problema; también, la contaminación generada en el área en estudio, lo que requiere soluciones encaminadas a lograr el descongestionamiento de la red vial a corto plazo en la intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, República de Guatemala.

Se ha observado que en la intersección del estudio el problema es crítico, principalmente en las llamadas horas pico, razón por la cual se hace necesario buscar una solución que de fluidez en la circulación de dicho punto; por lo cual se ha propuesto un reordenamiento, implementando un puente vehicular (paso a desnivel).

2.1. Condiciones geométricas

La intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, cuenta con 2 carriles que se dirigen de avenida

Petapa hacia Villa Hermosa; estos tienen un ancho de vía de aproximadamente 8 metros, al igual que los otros dos carriles que se dirigen al contrario, es decir, de Villa Hermosa hacia la avenida Petapa. En dirección de la avenida Petapa hacia el Frutal se produce un ensanchamiento de la vía, sobre la curva de la calle, donde se encuentra el centro comercial; en esta parte la vía llega a tener una longitud aproximadamente de 15 metros; los cuales al terminar la curva, la vía se reduce a 10 metros de derecho de vía, es decir, de lado a lado, ya que se reduce de 4 a 3 carriles en este tramo; el cual en la mañana se utiliza un carril reversible que va del Frutal hacia la avenida Petapa; en horario de la tarde se hace de manera inversa.

De la ruta que va del Frutal hacia Villa Hermosa se cuenta con un carril que hace un radio para conectarse con el carril que viene de la avenida Petapa; al momento de unirse las dos vías esta llega a tener aproximadamente 6 metros de ancho en cada uno de sus sentidos.

Figura 5. **Lugar del paso a desnivel**



Fuente: *Villa Hermosa. San Miguel Petapa.*

<https://www.google.com.gt/search?q=villa+hermosa+san+miguel+petapa&npsic=0&rllfq=1&rlha=0&rllag=14523081>. Consulta: 4 de agosto de 2018.

2.2. Capacidad de la vía

Según la Municipalidad de Villa Nueva, en la intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, una vía de gran importancia por conectar los municipios de Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales con la ciudad de Guatemala; transitan por el sector gran cantidad de vehículos: de 5:00 a 8:00 y de 16:00 a 19:00 son los horarios cuando circulan más vehículos. Según las estadísticas en 2011 circularon de 38 000 a 40 000 vehículos en horas pico.

Con esta gran afluencia vehicular la vía no se da abasto para mantener un flujo constante y rápido de manera que no se dé congestión en el sector; debido a que en la ruta que va de avenida Petapa hacia el Frutal la vía se reduce un carril provoca congestión en los alrededores. Sumado a esto, la intersección no cuenta con señalización adecuada para que los vehículos se incorporen de manera correcta a la vía, lo que muchas veces termina en accidentes de tránsito que dificultan el paso.

2.3. Tipos de tránsito

A continuación, se presenta una clasificación con la cual el diseñador puede auxiliarse para tomar en cuenta todos los vehículos que transitan por las carreteras y calles de la República de Guatemala.

2.3.1. Tránsito pesado

El tránsito pesado es aquel que se caracteriza por el transporte de cargas de alto peso y gran volumen: camiones, remolques y transporte de personas;

para su transitar en las ciudades requiere de espacios amplios y en las ciudades se tienen establecidos horarios para su tránsito.

2.3.2. Tránsito semipesado

En el tránsito semipesado se encuentran los buses que toman esta ruta para el transporte público debido a que se encuentran varias paradas de buses en los alrededores; en muchas ocasiones toman más del tiempo estipulado para transbordar pasajeros o se estacionan en cualquier otro lugar no permitido, que generan así conflicto y congestión con otros vehículos que transitan o se dirigen a los comercios que se encuentran en los alrededores.

2.3.3. Tránsito liviano

Con una simple observación, ya que no se tiene conteo se estableció que actualmente el transporte liviano que circula en la intersección se ve afectado principalmente en horario pico debido a la falta de señalización y conflicto con los otros tipos de transporte lo que genera congestión. No se cuenta con una fluidez constante y los vehículos deben reducir la velocidad al momento de cruzar hacia otro sentido de la vía, ingreso o egreso hacia los comercios de los alrededores, estacionamiento de buses y tránsito de peatones.

Además todos estos puntos ocasionan que el transitar por esta intersección sea lento y por la cantidad de vehículos que se movilizan por estas vías, se dificulta cada vez más circular por esta zona.

2.3.4. Tránsito motorizado

Las motocicletas que circulan por esta intersección no tienen señalizados los carriles de cada una de las vías; se desplazan por espacios poco adecuados y maniobran entre los vehículos, lo que ha producido accidentes que congestionan las vías de los alrededores.

2.4. Facilidades para el peatón

La Policía Municipal de Tránsito ha logrado implementar programas para la seguridad peatonal y movilidad vehicular; utilizan para ello señales de alto, orientación de vías y pasos de cebra, las que han sido colocadas en distintas zonas en función de una pasarela con señalización horizontal.

El límite de velocidades, los pasos de cebras o peatonales, las señales reflectivas, el marcado de carriles y la colocación de señales de tránsito verticales, son parte de los trabajos que se han ejecutado sobre la vía pública con el propósito de facilitar el paso vehicular y dar seguridad a los transeúntes, pero muchas veces debido a que no se les da el mantenimiento adecuado estas desaparecen.

2.4.1. Uso de pasarelas

Las pasarelas peatonales son diseñadas con el propósito de que las personas las utilicen para atravesar las calles de manera segura y no esquivar los vehículos arriesgando sus vidas; pero en esta intersección al no contar con este tipo de facilidad perjudica a las personas y muchas veces provoca accidentes que genera congestionamiento sobre las vías.

2.4.2. Uso de paso de cebra

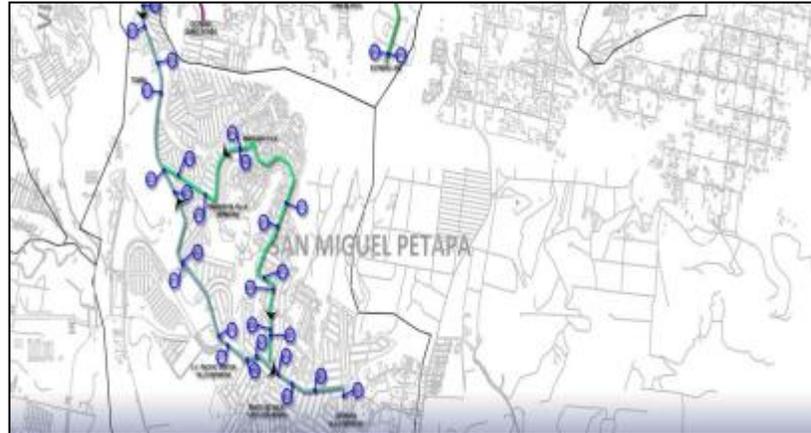
El paso de cebra, caracterizado por sus rayas longitudinales pintadas en blanco y negro, es una señal vial reconocida en la mayoría de países del mundo como un paso peatonal. Sobre esta señal, los peatones tienen la prioridad de paso, y los automovilistas que se aproximen deberán parar para ceder la vía. Además, se ha convertido en una señalización segura tanto para personas adultas, niños, personas con capacidades diferentes, hombres y mujeres que quieren salvaguardar su vida y no exponerse a un accidente.

2.5. Parada de buses

La intersección de la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, es una de las vías que comunica con la ciudad de Guatemala, se movilizan por el sector varias compañías de transporte público, entre las cuales está el Transurbano que cuenta con una parada en la cercanía de la intersección, lo cual al momento de hacer paradas se genera atraso vehicular.

De la misma manera, los buses extraurbanos, como las rutas de Linda Vista, Villa Canales, El Frutal, hacen parada en varios puntos de la avenida sin tomar en consideración el congestionamiento que provocan.

Figura 6. **Paradas de bus**



Fuente: *Paradas de bus San Miguel Petapa.*

https://www.google.com.gt/search?tbm=icl&ei=GltjXMTWI4SW5wLvLswCg&q=transurbano+vill+a+hermosa&oq=transurba&gs_. Consulta: 28 de septiembre de 2018.

2.6. Riesgos en la intersección

En la intersección bajo estudio, debido a que no existe la señalización adecuada, y por la inexistencia de semáforos, no se tiene un medio efectivo para la regulación de la circulación vehicular.

2.6.1. Riesgo vehicular

Debido a que en este punto se unen varias rutas se suele crear un caos vehicular.

Sobre el otro riesgo se da por la falta de información del horario cuando inicia y finaliza el carril reversible que se implementa en este sector, así como el sentido de la circulación.

Debido a la falta de este tipo de señalización, de gran importancia en una vía, se producen accidentes vehiculares lo cual genera a su vez congestión en el sector, por ello la importancia de implementar un paso a desnivel en dicha intersección.

2.6.2. Riesgo peatonal

Existen varios puntos de comercio y paradas de buses, lo cual atrae concentración de personal, estas al momento de querer trasladarse de un punto a otro tienen la necesidad de atravesar la vía, ya que en los alrededores no se cuenta con pasarela que ayude a evitar este riesgo.

De igual manera, es de gran importancia la implementación y al mantenimiento adecuado de la señalización peatonal como los pasos de cebra y que con la ayuda de agentes de tránsito se les del uso adecuado para que los pobladores puedan atravesar la vía sin ningún problema.

2.7. Áreas adyacentes

En las cercanías de la intersección se encuentra la localización de las vías hacia varios sentidos.

2.7.1. Orientación de vías

Se puede encontrar el carril que viene del Frutal con orientación del sur hacia el norte dirigiéndose a la avenida Petapa, así como orientación del norte hacia el sur viniendo de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa.

2.7.2. Avenidas

En este punto se localiza la 19 avenida de la zona 7, San Miguel Petapa, que viene del Frutal, Villa Nueva, y llega a unirse a este punto.

2.7.3. Calles

La calle en la intersección corresponde a la 23 calle Real de Petapa, que es la parte final viniendo de la avenida Petapa, siguiendo al otro lado de la intersección con el camino que se dirige hacia Villa Hermosa, San Miguel Petapa.

2.7.4. Intersección

En este punto de la intersección que corresponde a la 23 calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala; une las calles del Frutal Villa Nueva, Villa Hermosa y la avenida Petapa.

2.8. Carriles existentes

Hay tres carriles en donde uno se utiliza como carril reversible.

2.8.1. Avenidas

En el sentido de las avenidas existen tres carriles de los cuales, en cierto momento, en donde se da más afluencia vehicular, se utiliza un carril reversible; este carril reversible se utiliza en horario de la mañana en sentido de la vía que viene del Frutal Villa Nueva y se une con la avenida Petapa. En horario de la

tarde, el carril se utiliza de manera inversa dirigiendo el sentido de avenida Petapa hacia Villa Nueva.

2.8.2. Calles

Los carriles con los que cuenta la calle en total son cuatro, de los cuales se utilizan dos carriles en sentido de Villa Hermosa hacia avenida Petapa, y los otros dos de manera inversa dirigiéndose de avenida Petapa hacia Villa Hermosa. Estos carriles en algún momento pueden hacer variaciones ya que la policía de tránsito coloca conos en el sector dependiendo de que tanto sea el grado de congestionamiento en el sentido de la calle.

2.9. Congestionamiento en la intersección

A lo largo del desarrollo urbano de la ciudad de Guatemala la calle Real de Petapa ha constituido una de las principales vías de acceso a la ciudad de Guatemala, por el lado de la avenida Petapa; además, sumando la alta tasa de crecimiento poblacional y vehicular, se hace cada vez más difícil circular por este sector.

Sumado a este problema, la poca o nula señalización de tránsito en esta intersección, genera embotellamientos y accidentes vehiculares. No se cuenta con semáforos para el control del movimiento vehicular al igual que prevención para el movimiento peatonal; además, el alto volumen de tránsito que hace uso de esta intersección provoca congestionamiento principalmente en las horas pico; lo que hace de los dispositivos reguladores, mecanismos obsoletos de control vehicular. Al analizar lo que sucede en la intersección de dicha calzada con la 19 avenida de la zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, se hace necesario buscar soluciones inmediatas y efectivas con el fin de aumentar la

capacidad y mejorar la operación vehicular, con la propuesta de un puente vehicular (paso a desnivel) en esta intersección.

Figura 7. **Congestionamiento hacia El Frutal**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Congestionamiento en avenida Petapa**



Fuente: elaboración propia.

2.10. Comercio en los alrededores

Esta zona donde se encuentra la intersección bajo estudio corresponde a un sector con considerable actividad económica; debido a la facilidad de acceso se han establecido varios lugares de comercio.

En este sector la actividad comercial por mayor se ha desarrollado de tal manera que se han establecido diversos centros comerciales: Pacific Villa Hermosa, supermercado La Torre, Megapaca, El Gallo más Gallo, entre otros. El uso del suelo de tipo comercial en los alrededores de la intersección es considerable, ya que debido a la necesidad y dependiendo de las distintas clases sociales que habitan este lugar se han instalado diversos comercios: ventas de comida rápida, tiendas, panaderías, peluquerías y salones de belleza, entre otros.

Figura 9. Comercio en los alrededores



Fuente: elaboración propia.

2.11. Señalización

Las señales viales son los medios físicos empleados para indicar a los usuarios de la vía pública la forma más correcta y segura de transitar por la misma; les permiten tener una información precisa de los obstáculos y las condiciones en que se encuentra. La señal vial es una norma jurídica accesoria, por lo tanto, de cumplimiento obligatorio. El usuario debe conocer su significado, acatar sus indicaciones y conservarlas, ya que la destrucción es un delito contra su seguridad y la de los demás.

El señalamiento vial brinda por medio de una forma convenida y única de comunicación destinada a transmitir órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante un lenguaje común para todo el país y de acuerdo con convenios internacionales.

- Clasificación de las señales viales
 - Verticales: de reglamentación o prescripción, prevención o advertencia y las de Información.
 - Horizontales: señales longitudinales, transversales y marcas especiales.
 - Luminosas: semáforos (para vehículos, de giro vehicular con flechas, peatonal y especiales), señales luminosas vehiculares.
 - Transitorias: reglamentarias, de prevención, de información y otras señales temporarias.
 - Manuales: las que realizan los agentes de tránsito y el conductor.
 - Sonoras: bocinas, sirenas y silbatos.

2.11.1. Vehicular

En la intersección bajo estudio debido a que no existe la señalización adecuada, como semáforos y señales de tránsito, se da el caos en la circulación; sumado a ello, la intersección de varias rutas; por lo tanto, se hace necesario la implementación de un sistema para regular la circulación vehicular. Otro factor que genera dificultad es la implantación de carriles reversibles y debido a la falta de señalización sobre los horarios de funcionamiento de este se generan accidentes y problemas con la circulación.

Debido a la falta de la señalización, de gran importancia en una vía, se producen accidentes vehiculares las cuales generan, a su vez, congestión en el sector; además, para agilizar el transitar hacia sectores de la ciudad capital y San Miguel Petapa es necesario implementar un paso a desnivel en dicha intersección.

Figura 10. **Señalización vehicular**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Señales de tránsito**



Fuente: *Señales de tránsito*.

https://www.google.com.gt/search?q=se%C3%B1ales+de+transito&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_2vT9srfgAhUJDuwKHT-B&biw=1511&bih=730#imgrc=XmQJgJWkYcWihM

Consulta: 1 de octubre de 2018.

2.11.2. **Peatonal**

En cuanto a la señalización peatonal, debido al lugar donde se encuentra la intersección, se cuenta con varios puntos de comercio así como paradas de buses, lo cual atrae concentración de personal; estas al momento de querer trasladarse de un punto a otro tienen la necesidad de atravesar la vía, y en los alrededores no se cuenta con algún tipo de pasarela que ayude a evitar este riesgo.

De igual manera, es de gran importancia la implementación y el mantenimiento adecuado de la señalización peatonal como los pasos de cebra

que con la ayuda de agentes de tránsito se dé el uso adecuado para que los pobladores puedan atravesar la vía sin ningún problema.

3. LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS QUE REGULAN PROYECTOS SOCIALES

3.1. Código Municipal

A continuación se presentan las leyes, reglamentos y normas que regulan los proyectos sociales.

3.1.1. Artículo 3

En ejercicio de la autonomía que la Constitución Política de la República garantiza al municipio, éste elige a sus autoridades y ejerce por medio de ellas, el gobierno y la administración de sus intereses, obtiene y dispone de sus recursos patrimoniales, atiende los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción, su fortalecimiento económico y la emisión de sus ordenanzas y reglamentos. Para el cumplimiento de los fines que le son inherentes coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda. Ninguna ley o disposición legal podrá contratar, disminuir o tergiversar la autonomía municipal establecida en la Constitución Política de la República.¹

3.1.2. Artículo 5

Los municipios y otras entidades locales sirven a los intereses públicos que les están encomendados y actúan de acuerdo con los principios de eficacia, eficiencia, descentralización, desconcentración y participación comunitaria, con observancia del ordenamiento jurídico aplicable.²

¹ Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p. 76.

² *Ibíd.*

3.1.3. Artículo 67

El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.³

3.1.4. Artículo 68

Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.
- b) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas.
- c) Regulación del transporte de pasajeros y carga, y sus terminales locales.
- d) La autorización de megáfonos o equipos de sonido a exposición al público en la circunscripción del municipio.
- e) Administrar la biblioteca pública del municipio.
- f) Promoción y gestión de parques, jardines y lugares de recreación.
- g) Gestión y administración de farmacias municipales populares.
- h) La prestación del servicio de policía municipal.
- i) Cuando su condición financiera y técnica se los permita, generar la energía eléctrica necesaria para cubrir el consumo municipal y privado.

³ Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p. 80.

- j) Delimitar el área o áreas que dentro el perímetro de sus poblaciones puedan ser autorizadas para el funcionamiento de los siguientes establecimientos: expendio de alimentos y bebidas, hospedaje, higiene o arreglo personal, recreación, cultura y otros que por su naturaleza estén abiertos al público.
- k) Desarrollo de viveros forestales municipales permanentes, con el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, lagos, reservas ecológicas y demás áreas de su circunscripción territorial para proteger la vida, salud, biodiversidad, recursos naturales, fuentes de agua y luchar contra el calentamiento global.
- l) Las que por mandato de ley, le sea trasladada la titularidad de la competencia en el proceso de descentralización del Organismo Ejecutivo.⁴

3.1.5. Artículo 72

El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.⁵

3.1.6. Artículo 95

El Concejo Municipal tendrá una Dirección Municipal de Planificación que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio. La Dirección Municipal de Planificación podrá contar con el apoyo sectorial de los ministerios y secretarías de Estado que integran el Organismo Ejecutivo. La Dirección Municipal de Planificación es responsable de producir la información precisa y de calidad requerida para la formulación y gestión de las políticas públicas municipales. El Director de la Oficina Municipal de

⁴ Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p. 86.

⁵ *Ibíd.* p. 87

Planificación deberá ser guatemalteco de origen, ciudadano en ejercicio de sus derechos políticos y profesional, o tener experiencia calificada en la materia.⁶

3.1.7. Artículo 96

Funciones de la Dirección Municipal de Planificación.

3.1.7.1. Inciso b)

Elaborar los perfiles, estudios de pre inversión y factibilidad de los proyectos para el desarrollo del municipio, a partir de las necesidades sentidas y priorizadas.⁷

3.1.8. Artículo 142

Las Municipalidades están obligadas a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de sus municipios, y por consiguiente, les corresponde la función de proyectar, realizar y reglamentar la planeación, proyección, ejecución y control urbanísticos, así como la preservación y mejoramiento del entorno y el ornato.

Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualesquiera otras formas de desarrollo urbano o rural que pretendan realizar o realicen el Estado o sus entidades o instituciones autónomas y descentralizadas, así como las personas individuales o jurídicas que sean calificadas para ello, deberán contar con la aprobación y autorización de la municipalidad en cuya circunscripción se localicen. Tales formas de desarrollo, cumpliendo los requerimientos establecidos, deberán comprender y garantizar, como mínimo y sin excepción alguna, el establecimiento, funcionamiento y administración de los servicios públicos siguientes, sin afectar los servicios que ya se prestan a otros habitantes del municipio.

⁶ Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p. 87.

⁷ *Ibíd.* p. 88.

3.1.8.1. Inciso a)

Vías, calles, avenidas, camellones y aceras de las dimensiones, seguridades y calidades adecuadas, según su naturaleza.⁸

3.1.9. Artículo 147

La Municipalidad está obligada a formular y efectuar planes de ordenamiento territorial, de desarrollo integral y planificación urbana de sus municipios, en la forma y modalidades establecidas en el primer párrafo del artículo 142 de este Código. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que pretenda realizar o realicen el Estado o sus entidades o instituciones autónomas y descentralizadas, así como personas individuales o jurídicas, deberán contar así mismo con licencia municipal. Tales formas de desarrollo deben cumplir con los requerimientos establecidos por la municipalidad y, en todo caso, cumplir como mínimo con los servicios públicos siguientes:

3.1.9.1. Inciso a)

Vías, avenidas, calles, camellones y aceras de las dimensiones, seguridades y calidades adecuadas, según su naturaleza.⁹

3.2. Ley de Descentralización Decreto 14-2002

Que la descentralización del poder público fortalece la unidad del Estado de Guatemala dentro de la diversidad en lo que caracteriza y fortalece también la visión y misión estratégica para la realización del bien común.¹⁰

⁸ Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p. 90.

⁹ *Ibíd.* p. 92.

¹⁰ Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Descentralización*. p. 9.

3.2.1. Artículo 2

Se entiende por descentralización el proceso mediante el cual se transfiere desde el Organismo Ejecutivo a las municipalidades y demás instituciones del Estado, y a las comunidades organizadas legalmente, con participación de las municipalidades, el poder de decisión la titularidad de la competencia, las funciones, los recursos de financiamiento para la aplicación de las políticas públicas nacionales, a través de la implementación de políticas municipales y locales en el marco de la más amplia participación de los ciudadanos, en la administración pública, priorización y ejecución de obras, organización y prestación de servicios públicos así como el ejercicio del control social sobre la gestión gubernamental y el uso de los recursos del Estado.¹¹

3.2.2. Artículo 18

De las organizaciones comunitarias. Las organizaciones comunitarias reconocidas conforme a la ley, de igual manera podrán participar en la realización de obras, programas y servicios públicos de su comunidad, en coordinación con las autoridades municipales.¹²

3.3. Ley de Consejos de Desarrollo Decreto 11-2002

Que el Congreso de la República emitió el Decreto 11-2002 que regula el sistema de consejos de desarrollo urbano y rural.¹³

3.3.1. Artículo 12

Las funciones de los Consejos Municipales de Desarrollo son:

- a) Promover, facilitar y apoyar el funcionamiento de los Consejos Comunitarios de Desarrollo del municipio.

¹¹ Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Descentralización*. p. 9.

¹² *Ibíd.* p. 12.

¹³ *Ibíd.* p. 2.

- b) Promover y facilitar la organización y participación efectiva de las comunidades y sus organizaciones, en la priorización de necesidades, problemas y sus soluciones, para el desarrollo integral del municipio.
- c) Promover sistemáticamente tanto la descentralización de la administración pública como la coordinación interinstitucional en el municipio, para coadyuvar al fortalecimiento de la autonomía municipal; para ese efecto, apoyará a la Corporación Municipal en la coordinación de las acciones de las instituciones públicas, privadas y promotoras de desarrollo que funcionen en el municipio,
- d) Promover Políticas, programas y proyectos de protección y promoción integral para la niñez, la adolescencia, la juventud y la mujer.
- e) Garantizar que las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio sean formulados con base en las necesidades, problemas y soluciones priorizadas por los Consejos Comunitarios de Desarrollo, y enviarlos a la Corporación Municipal para su incorporación en las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo del departamento.
- f) Dar seguimiento a la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo municipal y comunitario, verificar su cumplimiento y, cuando sea oportuno, proponer medidas correctivas a la Corporación Municipal, al Consejo Departamental de Desarrollo o a las entidades responsables.
- g) Evaluar la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos municipales de desarrollo y, cuando sea oportuno, proponer a la Corporación Municipal o al Consejo Departamental de Desarrollo las medidas correctivas para el logro de los objetivos y metas previstos en los mismos.
- h) Proponer a la Corporación Municipal la asignación de recursos de preinversión y de inversión pública, con base en las disponibilidades financieras y las necesidades, problemas y soluciones priorizados en los Consejos Comunitarios de Desarrollo del municipio.
- i) Conocer e informar a los Consejos Comunitarios de Desarrollo sobre la ejecución presupuestaria de preinversión e inversión pública del año fiscal anterior, financiada con fondos provenientes del presupuesto general del Estado.

- j) Promover la obtención de financiamiento para la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio,
- k) Contribuir a la definición y seguimiento de la política fiscal, en el marco de su mandato de formulación de las políticas de desarrollo.
- l) Reportar a las autoridades municipales o departamentales que corresponda, el desempeño de los funcionarios públicos, con responsabilidad sectorial en el municipio.
- m) Velar por el cumplimiento fiel de la naturaleza, principios, objetivos y funciones del Sistema de Consejos de Desarrollo.¹⁴

3.3.2. Artículo 17

Las funciones del Órgano de Coordinación del Consejo Comunitario de Desarrollo son:

3.3.2.1. Inciso b)

Administrar y velar por el buen uso de los recursos técnicos, financieros y de otra índole que obtenga el Consejo Comunitario de Desarrollo, por cuenta propia o asignación de la Corporación Municipal, para la ejecución de programas y proyectos de desarrollo de la comunidad; e informar a la Asamblea Comunitaria sobre dicha administración.¹⁵

3.3.3. Artículo 29

Fondos sociales. Los recursos de los fondos sociales se asignarán con base en las políticas, planes y programas priorizados por el Sistema de Consejos de Desarrollo, en los Consejos Comunitarios, Municipales, Departamentales, Regionales y Nacional, con el apoyo técnico del Sistema Nacional de Inversión Pública. Cuando los recursos de los fondos sociales sean destinados para atender emergencias, su ejecución se hará con la celeridad del caso en

¹⁴ Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Descentralización*. p. 5.

¹⁵ *Ibíd.* p. 7.

coordinación con los Consejos Comunitarios, Municipales y Departamentales de las localidades afectadas.¹⁶

3.4. Constitución Política de la República de Guatemala

Se presenta los derechos de la persona humana, fines y deberes del estado.

3.4.1. Artículo 1

Protección a la persona. El Estado de Guatemala se organiza para proteger a la persona y a la familia; su fin supremo es la realización del bien común.¹⁷

3.4.2. Artículo 2

Deberes del Estado. Es deber del Estado garantizarle a los habitantes de la República la vida, la libertad, la justicia, la seguridad, la paz y el desarrollo integral de la persona.¹⁸

3.4.3. Artículo 255

Recursos económicos del municipio. Las corporaciones municipales deberán procurar el fortalecimiento económico de sus respectivos municipios, a efecto de poder realizar las obras y prestar los servicios que les sean necesarios.¹⁹

3.4.4. Artículo 257

Asignación para las Municipalidades. El Organismo Ejecutivo incluirá anualmente en el Presupuesto General de Ingresos ordinarios del Estado, un diez por ciento del mismo para las municipalidades del país. Este porcentaje deberá

¹⁶ Congreso de la República de Guatemala. *Ley de consejos de desarrollo*. p. 10.

¹⁷ *Ibíd.* p.1.

¹⁸ *Ibíd.*

¹⁹ *Ibíd.* p.76.

ser distribuido en la forma en que la ley determine y destinado por lo menos en un noventa por ciento para programas y proyectos de educación, salud preventiva, obras de infraestructura y servicios públicos que mejoren la calidad de vida de los habitantes. El diez por ciento restantes podrá utilizarse para financiar gastos de funcionamiento.

Queda prohibida toda asignación adicional dentro del Presupuesto General de Ingresos y Egresos del Estado para las municipalidades, que no provenga de la distribución de los porcentajes que por ley les corresponda sobre impuestos específicos.²⁰

²⁰ Congreso de la República de Guatemala. *Ley de consejos de desarrollo*. p.76.

4. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA SOLUCIÓN DEL CONFLICTO DE TRÁNSITO EN LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE REAL DE PETAPA Y 20 AVENIDA, ZONA 7 VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

4.1. Definiciones

Se presenta a continuación la definición del tránsito promedio diario.

4.1.1. Tránsito promedio diario

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD) como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

4.1.2. Clasificación del tránsito

Se compone principalmente por tránsito pesado, semipesado, liviano y motorizado.

4.1.2.1. Tránsito pesado

Según el Ministerio De Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda Dirección General De Caminos, está constituido, principalmente por vehículos

comerciales pesados, normalmente vehículos de dos ejes y 6 llantas o más, o combinaciones de tres ejes o más. Así, los valores permisibles de tránsito promedio diario de camiones (TPDC) incluyen solamente camiones de 6 llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. La carga por eje sencillo de dos y cuatro llantas para tránsito pesado, generalmente, se encuentran en el intervalo de 8 a 18 toneladas y para ejes en tándem de 8 llantas, en el intervalo de 14 a 30 toneladas de peso. Para el tránsito pesado no se incluyen camiones de dos ejes con dos llantas en cada eje. A continuación, se enuncian los camiones pesados de mayor uso en la República de Guatemala.

- Tipo 2: este incluye dos ejes sencillos, el eje de la parte delantera está integrado por dos llantas y el eje de la parte posterior con cuatro llantas; hace un total de seis llantas.
- Tipo 3: el número 3 indica que contiene tres ejes sencillos, caracterizándose en tener un eje sencillo adelante y un eje en tándem atrás; cada eje en tándem tiene dos ejes sencillos o sea dos llantas adelante y ocho llantas atrás, con cuatro llantas en cada eje sencillo pertenecientes al eje en tándem; con un total de 10 llantas. Es uno de los tipos más utilizados por fábricas de concreto de cemento Portland y por los buses de transporte interurbano.
- Tipo 2-s-1: camión con semiremolque de dos ejes sencillos en el tractor camión; el eje de adelante está compuesto por dos llantas y el eje de atrás por cuatro llantas. El semiremolque está compuesto por un eje sencillo de cuatro llantas; hace un total de diez llantas.

- Tipo 2-s, 1-t: camión con semiremolque, dos ejes sencillos en el tractor-camión; el eje sencillo de adelante está compuesto por dos llantas y el eje sencillo de atrás por cuatro. El eje en tándem de ocho llantas en el semiremolque, compuesto por dos ejes sencillos con cuatro llantas en el semiremolque, formado por dos ejes sencillos, con cuatro llantas en cada eje sencillo; haciendo un total de catorce llantas.
- Tipo 1-1, t-s-1: camión con semiremolque un eje sencillo y un eje en tándem en el tractor-camión; el eje sencillo compuesto por dos llantas y el eje en tándem por ocho llantas. En el semiremolque existe un solo eje en tándem con ocho llantas; hace un total de 18 llantas.

4.1.2.2. Tránsito semipesado

Según el Ministerio De Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General De Caminos incluye los camiones de reparto, buses y camiones, camiones medianos y pequeños de carga de 6 llantas y un eje sencillo atrás de 4 llantas, cuyo rango de carga por eje varía de 5 a 8 toneladas.

4.1.2.3. Tránsito liviano

En esta clasificación están incluidos aquellos vehículos livianos, automóviles, picops, paneles; incluyen algún otro camión de dos ejes sencillos, con dos llantas en cada eje; hace un total de 4 llantas. La carga por eje sencillo de estos vehículos varía según el rango de 2 a 5 toneladas; por consiguiente, la carga y las repeticiones de los vehículos livianos no tienen efecto alguno para el diseño de un pavimento.

4.1.2.4. Tránsito motorizado

Una motocicleta, comúnmente conocida en castellano con la abreviatura moto, es un vehículo de dos ruedas, impulsado por un motor que acciona la rueda trasera.

4.2. Diagnóstico

La ciudad de Guatemala y los municipios a su alrededor presentan graves problemas de congestionamiento de tránsito, debido al crecimiento del número de vehículos y diversos medio de transporte, debido a un incremento de 250 000 vehículos en el año 2017, siendo alrededor del 8 %, además, el aumento poblacional y el crecimiento desordenado de la ciudad, y su complejidad se deriva a que los municipios de San Miguel Petapa, Villa Nueva, Villa Canales y otros colindantes a la ciudad capital se han convertido en ciudades dormitorio.

Estos problemas traen consigo otros, como la difícil y peligrosa circulación peatonal en el área de la intersección, que se convierte en agravante del problema; también, la contaminación generada en el área en estudio, lo que requiere soluciones encaminadas a lograr el descongestionamiento de la red vial a corto plazo en la intersección de la 23 Calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, república de Guatemala.

4.3. Recopilación de datos

Según estadísticas, en el 2015 circularon de 38 000 a 40 000 vehículos en horas pico, de los cuales el 76 % corresponde a vehículos livianos (autos, picops), 4 % vehículos semipesados (microbuses, buses y camionetillas), 5 %

vehículos pesados (camiones, transportes de carga, furgones) 15 % tránsito motorizado (motos, tractores).

Tabla IV. **Conteo de tránsito 10 de agosto del 2017**

Hora	Liviano	Semipesado	Pesado	Moto
16:00 – 17:00	3 571	436	384	1 451
17:00 – 18:00	4 820	472	114	1 672
18:00 – 19:00	5 276	285	21	1 397
19:00 – 20:00	5 129	133	13	1 044
20:00 – 21:00	4 253	27	120	736

Fuente: elaboración propia.

4.4. Propuestas

Se ha observado que en la intersección en estudio el problema es crítico, principalmente en las llamadas horas pico; razón por la cual se hace necesario buscar una solución que de fluidez en la circulación de dicho punto, por lo cual se ha propuesto un reordenamiento vehicular en la implementación de un paso a desnivel.

Este paso a desnivel contará con una vía sobre el nivel actual de la avenida que movilizará a los vehículos que se dirigen en sentido de Villa Hermosa hacia El Frutal y otra vía debajo del nivel de la avenida en el que circularán los vehículos del Frutal hacia la avenida Petapa. La ruta que se dirige de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa pasará debajo del paso a desnivel aéreo. Los vehículos que se dirigen de Villa Hermosa hacia avenida Petapa, del Frutal hacia Villa Hermosa y de la avenida Petapa hacia El Frutal continuarán con el mismo sentido de las vías.

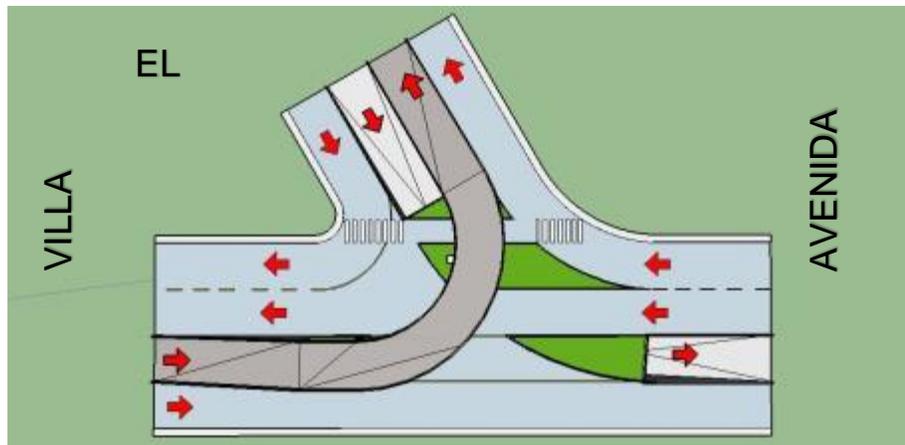
Figura 12. **Planta de la intersección actual**



Fuente: *Villa Hermosa. San Miguel Petapa.*

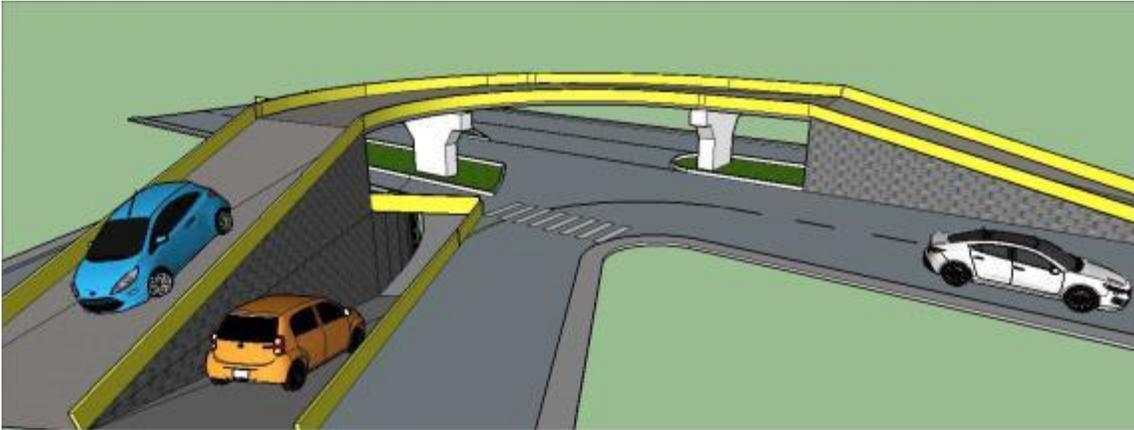
https://www.google.com.gt/search?tbm=lcl&ei=GltjXMTWI4SW5wLvrLSwCg&q=transurbano+vill+a+hermosa&oq=transurba&gs_. Consulta: 28 de septiembre de 2018.

Figura 13. **Propuesta en planta de intersección**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 14. **Elevación El Frutal**



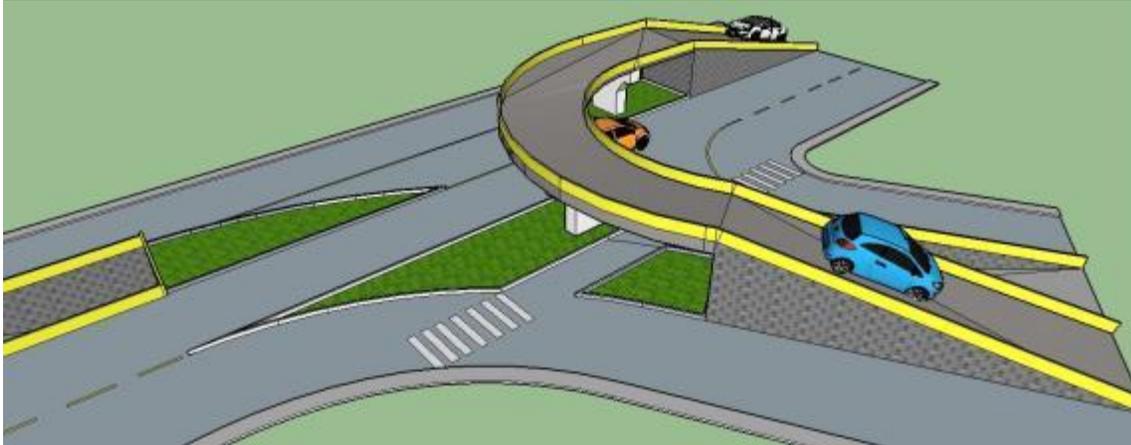
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 15. **Elevación avenida Petapa Norte**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 16. **Elevación avenida Petapa Sur**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 17. **Elevación Villa Hermosa**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 18. **Elevación paso aéreo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 19. **Elevación paso a desnivel**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 20. **Elevación general**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

5. PRINCIPALES PARÁMETROS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

5.1. Aspectos generales

Actualmente, la 23 Calle Real de Petapa cuenta con cuatro carriles: dos que se dirigen de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa y otros dos carriles en sentido contrario.

5.1.1. Determinación de vía del paso a desnivel

La 19 avenida de la zona 7 de Petapa cuenta cuatro carriles en la parte de la intersección, que se reducen a dos carriles hacia El Frutal. Este paso a desnivel dará vía libre a los vehículos que se dirigen del Frutal, Villa Nueva, hacia la avenida Petapa en un carril por debajo del paso a desnivel, así como los que transitan de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa pasarán por arriba del puente.

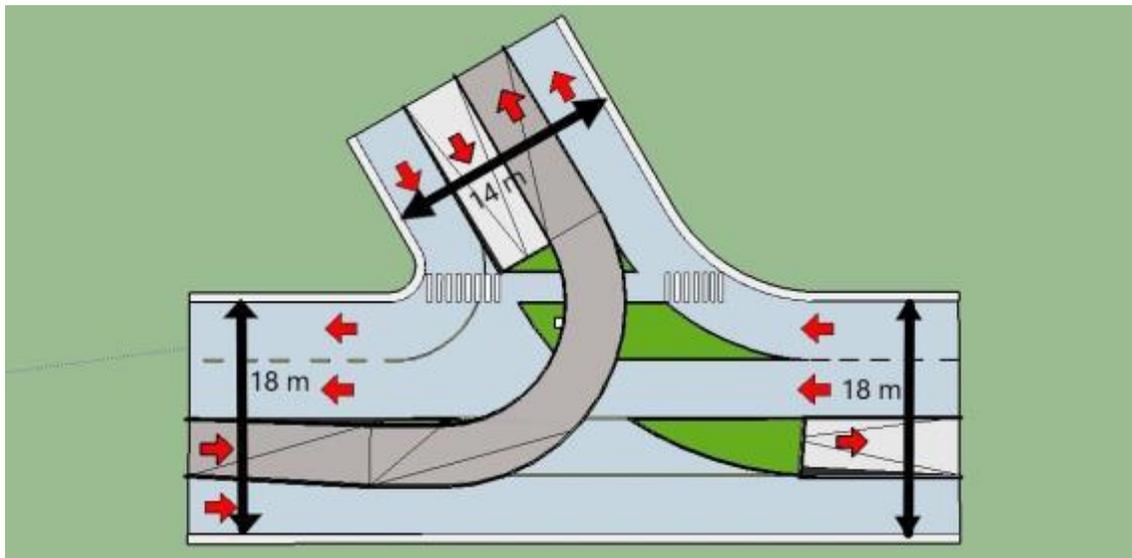
Los vehículos que transitan del Frutal hacia Villa Hermosa lo harán por un carril auxiliar continuo de lado derecho de la vía. Si se quiere dirigir de Villa Hermosa hacia la avenida Petapa seguirá la ruta normal tomando el carril izquierdo. Los vehículos que deseen dirigirse de Villa Hermosa hacia El Frutal tendrán que ir sobre el carril izquierdo en busca del retorno más cercano.

5.1.2. Geometría del paso a desnivel

El paso a desnivel contará con 2 carriles en cada uno de sus sentidos, cada uno con un ancho de 3,5 m para un ancho de carpeta de rodadura de 14 m. Las longitudes de las rampas de entrada y salida del paso a desnivel deben ser de 50 m de largo para que la pendiente sea de un 10 %.

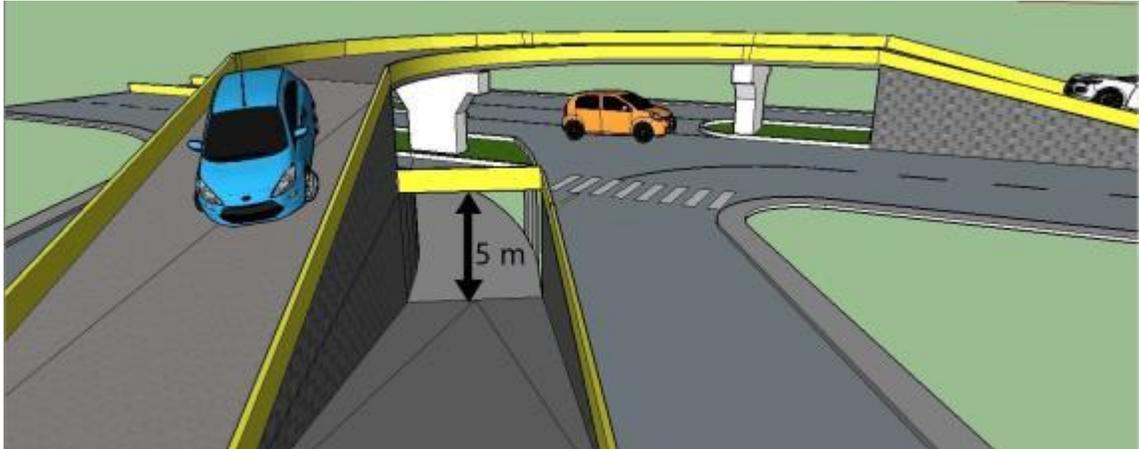
Es decir, el paso a desnivel debe poseer un largo total de 120 m en toda su longitud, los 50 m que corresponden a cada una de las rampas y 20 m de luz para el paso vehicular por debajo o sobre este.

Figura 21. Geometría, planta general



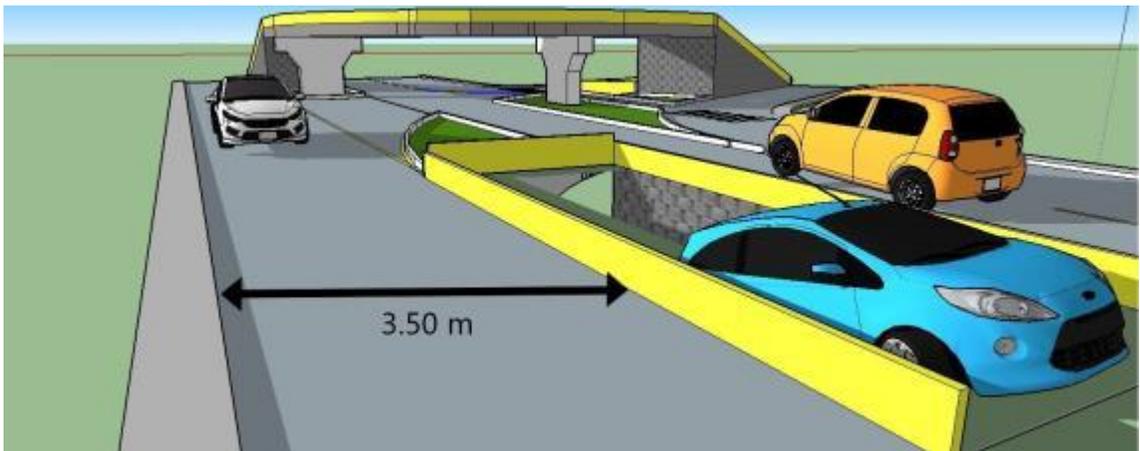
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 22. **Geometría, altura paso a desnivel**



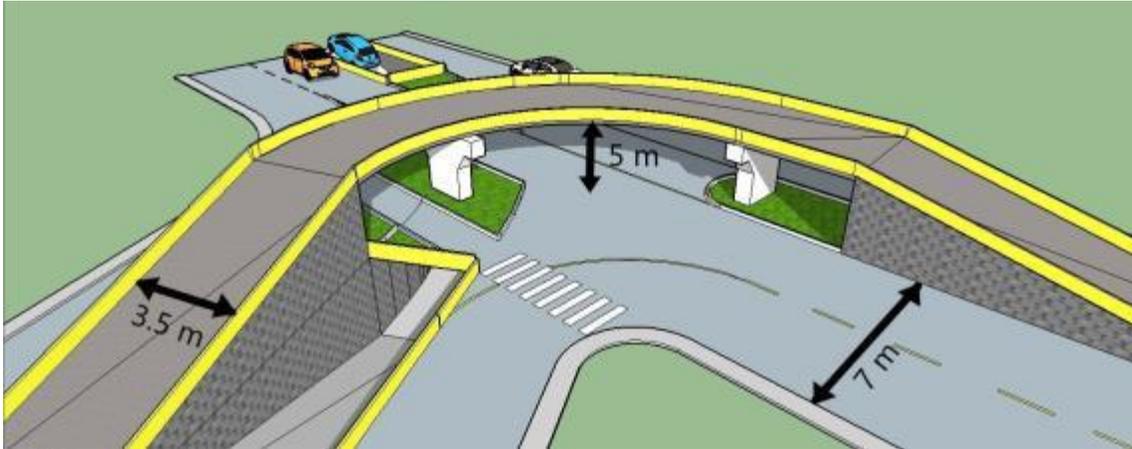
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 23. **Geometría, ancho de vía**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 24. **Geometría, paso aéreo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

Figura 25. **Geometría, altura paso aéreo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Sketchup.

5.1.3. Maquinaria y equipo a utilizar

Dependiendo de la actividad que se realizará así será el tipo de máquina y equipo a utilizar.

- Excavadora: se utilizará al momento de realizar el movimiento de tierras correspondiente a la excavación del paso a desnivel.
- Camiones de volteo: vehículo para la extracción de material sobrante de la excavación. Este material será enviado a un botadero que esté disponible y cercano a la construcción.
- Motoniveladora: se utilizará para nivelar la subrasante, subbase y base; también, se encargará de mezclar y tender el material correspondiente dependiendo de la capa que se trabajará.
- Compactadora: compactará por medio de la aplicación de capas hasta obtener la compactación requerida.
- Vibrocompactadora manual: llamadas bailarinas las cuales serán utilizadas para compactar tramos en donde no sea posible utilizar el rodo; se deberá realizar manualmente.

Equipo de laboratorio: por medio de este se realizarán los chequeos y ensayos de laboratorio: proctor, densidades y humedades del material aplicado para obtener la compactación que se requiere dependiendo de la capa aplicada. También, se utilizará para realizar ensayos de concreto: cilindros y el ensayo del slump.

- Hormiguera o camión mezcladora: se empleará para aplicar la carpeta de rodadura que será de concreto.
- Vibradores: se utilizarán para la colocación del concreto, con ello se evitarán los vacíos que afecten la resistencia de diseño.
- Cortadoras: luego del secado del concreto se procederá a la realización de los cortes y el sellado, para el cual se utilizará una cortadora que hará una sisa que luego se rellenará con material bituminoso.
- Camión cisterna: se empleará para el transporte de agua y mediante el riego se garantizará la humedad óptima para las distintas capas de la estructura de la calle.
- Equipo de topografía: equipo a utilizar por la cuadrilla de topografía con teodolito, estación total, nivel, estadal, etc. Es necesario para colocar estacionamientos y niveles requeridos según los planos propuestos.

5.2. Levantamiento topográfico

Se contará con una cuadrilla de topografía la cual se encargará de realizar al inicio un levantamiento preliminar de todos los puntos existentes: casas, comercios, banquetas, postes de iluminación, tragantes, rejillas, árboles y cualquier objeto que esté en los alrededores y que influya en la construcción del paso a desnivel. También, se realizarán secciones del terreno, ya que a partir de esta información se determinarán los volúmenes de corte y relleno correspondientes. Luego de contar con la planificación adecuada se realizará el trazo así como la colocación de niveles de corte y relleno para iniciar con el movimiento de tierras.

La cuadrilla de topografía deberá colocar las distintas alturas y trompos correspondientes recomendados a cada 10 metros en los extremos (dejando siempre un sobreancho) y así como al centro de la calle en cada una de las capas, subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura cuando se esté trabajando en cada una; así como la ubicación de rejillas, tragantes y tuberías de drenaje dándole los porcentajes de pendiente establecidos en los planos. También, se colocarán referencias en cuanto a la movilización de instalaciones si es necesario el caso para la reubicación. De igual manera, la cuadrilla de topografía se encargará del trazo y la ubicación de obras complementarias para contar con la señalización correspondiente.

Por último, se realizará un levantamiento final obteniendo medidas reales de cómo quedó el proyecto así como la ubicación de puntos relevantes como mojones o puntos de salida en los cuales se basaron para la realización del trazo y de esta manera presentar los planos finales y el cierre del proyecto.

5.3. Movimiento de tierras

Se procederá a retirar los obstáculos total o parcial que interfieran en la construcción del paso a desnivel.

5.3.1. Retiro de obstáculos

Entre los obstáculos se pueden encontrar postes de iluminación, cableado eléctrico, postes de líneas telefónicas y cable para TV, aceras, pavimento, tragantes.

En el caso de postes de líneas telefónicas y eléctricas habrá que notificar a la empresa correspondiente para realizar el trámite; se deberá colocar en un

plano la ubicación actual y en otro donde serán reubicados. En cuanto a servicios existentes, se deben retirar, cambiar o proteger contra cualquier daño los servicios públicos o privados existentes, según se indique en los planos.

El retiro, cambio o restauración, debe efectuarse con previa notificación quedando establecida una fecha con las personas que habitan a los alrededores donde se construirá el paso a desnivel; al momento de efectuarse se deberá realizar con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa; de lo contrario, reducir la interrupción al mínimo de tiempo necesario para efectuar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

La demolición y el retiro de pavimento, aceras y otros obstáculos deberán realizarse en un horario que no afecte demasiado el tránsito y no generar congestión en el área; también, se deberá comunicar a la policía municipal de tránsito para coordinar agentes que estén presentes al momento de parar o desviar el tránsito. Todo material procedente de la demolición se extraerá del lugar y se llevará al botadero seleccionado con el cuidado respectivo para que no quede dentro de la vía pública y que pueda causar algún accidente.

5.3.2. Excavación y relleno

El movimiento de tierras se refiere a todas las excavaciones y rellenos necesarios para llevar los niveles del terreno a las cotas y pendientes del proyecto indicados en los planos. Estos movimientos de tierra se extenderán a toda el área establecida en los planos del diseño geométrico conceptual.

Excavación: previamente a realizar cualquier construcción o relleno se procederá al retiro completo de la capa de suelo vegetal determinada según lo indique el estudio de geotecnia, con un mínimo espesor de 20 centímetros. Durante las excavaciones se deberán adoptar las precauciones correspondientes para evitar desmoronamientos de suelo, a tal efecto se apuntalarán convenientemente aquellos sectores de tierras excavadas cada vez que se presuma dicha posibilidad. Los materiales provenientes de la excavación se utilizarán siempre que reúnan las calidades exigidas en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en los documentos del proyecto o determinados por el supervisor. Los materiales provenientes de la excavación que presenten buenas características para uso en la construcción de la vía serán reservados para colocarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables deberán ser colocados de acuerdo con las instrucciones del supervisor, en zonas aprobadas por este, debiendo ser un botadero autorizado por la municipalidad.

Los materiales recolectados deberán ser humedecidos adecuadamente, cubiertos con una lona y protegidos contra los efectos atmosféricos, para evitar que por efecto del material particulado causen enfermedades respiratorias, oculares y alergias al personal de obra y a las poblaciones aledañas. El depósito temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso de importancia local. Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el supervisor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

Relleno: en este se considerarán todos los trabajos necesarios para rellenar con materiales adecuados las zanjas excavadas, vaciados por baches

para mejorar la calidad del material o para llegar a la cota establecida en planos. Al momento de efectuar rellenos se puede considerar dos tipos dependiendo de la ubicación y las cargas a las que será sometido.

Relleno común de zanjas: bajo este renglón se considerarán los rellenos compactados que se hagan en las zanjas situadas fuera de las áreas a pavimentar o en las indicadas en los planos o por el Supervisor. El relleno común se construirá en capas de 20 a 25 centímetros de espesor compactado, cada una de las cuales se compactará hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 80 % según el método AASHTO T 180.

Relleno especial de zanjas: bajo este renglón se considerarán los rellenos estructurales que se hagan en las zanjas situadas dentro de las áreas a pavimentar o cercanas a ellas o en las indicadas en los planos o por el Supervisor. El relleno especial se construirá en capas de 15 a 20 centímetros de espesor compactado, cada una de las cuales se compactará hasta alcanzar un grado de compactación no menor de 90 % y 95 % según el método AASHTO T 180, en la parte inferior del relleno y en los 15 centímetros superiores del mismo que formen parte de la subrasante, respectivamente.

El esparcido de cada capa deberá ser eficiente, asegurando un espesor uniforme antes de la operación de compactación. Durante esta operación, será necesario que las capas se mantengan continuamente niveladas para asegurar que la compactación sea uniforme y de acuerdo a lo especificado. Durante las operaciones de compactación, el contenido de humedad de los materiales deberá aumentarse o disminuirse dentro de los límites que se indica en estas especificaciones, con la finalidad de obtener la densidad requerida.

Cuando se necesite realizar relleno sobre alguna tubería de drenaje o de instalaciones, después de la colocación aprobada de la tubería, abajo, alrededor y arriba de la misma se rellenará la zanja con materiales aprobados, colocados en capas de un espesor suelto no mayor de 20 centímetros.

Cada capa, hasta una altura de 40 centímetros arriba de la parte superior de la tubería, se compactará adecuadamente con apisonadores manuales pesados que no dañen la tubería. Arriba de esta altura, las capas se compactarán con apisonadores mecánicos, con platos vibratorios. Durante las operaciones de compactación el contenido de humedad de los materiales deberá ser tal, que con este se consiga la densidad seca especificada.

Como especificación, para verificar el grado de compactación de los materiales en los rellenos cuando sea necesario; dependiendo del uso del relleno de acuerdo a los ensayos establecidos por el supervisor o laboratorista en cuanto a que número de capas se realizará el ensayo, será verificado por medio de ensayos de campo (AASHTO T 191).

5.4. Estructural

Es un material artificial, conformado por materiales como: piedra, arena, cemento y aditivos en las proporciones adecuadas. El concreto tiene una gran resistencia a la compresión, pero muy poca a la tensión. Según indica el ACI 318S - 08 para el concreto estructural, $f'c$ no debe ser inferior a 17 MPa.

5.4.1. Concreto estructural

El concreto o también llamado hormigón, en este caso para la construcción del paso a desnivel se debe tener en consideración la fabricación,

el suministro en obra, el manejo, colocación, vibrado, el curado y el acabado del concreto para cualquier uso dentro de la estructura.

Tabla V. **Clases de concreto**

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días		Uso y observaciones
	(MPa)	(Kg/cm ²)	
A	35	350	Concreto pretensado y postensado
B	32	320	Concreto reforzado
V	28	280	Concreto reforzado
D	21	210	Concreto reforzado
E	17,5	175	Concreto reforzado
F	14	140	Concreto simple
G	14	140	Concreto ciclópeo. Se compone de concreto simple clase F y agregado ciclópeo en una proporción de 40 % como máximo, del volumen total.

Fuente: elaboración propia.

- **Cementos hidráulicos**

Estos cementos deben ajustarse a las normas AASHTO M 85, ASTM C 150 o COGUANOR NG 41005 para los cementos Portland ordinarios y a las normas AASHTO M 240, ASTM C 594 o COGUANOR NG 41001 y ASTM C 1157. (COGUANOR, 2015)

- Agregado fino

Para la construcción se utilizara la fracción que pase el tamiz de 4,75 mm (No.4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado a juicio del interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30 %) del agregado fino. En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos. El agregado fino debe estar de acuerdo a la Norma AASHTO M6, clase B, incluyendo las pruebas suplementarias que pueda solicitar.

Tabla VI. **Granulometría de agregado fino para concreto estructural**

Tamiz normal	Tamiz alternativo	Porcentaje que pasa
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	No. 4	95 – 100
2,36 mm	No. 8	80 – 100
1,18 mm	No. 16	50 – 85
600 um	No. 30	25- 60
300 um	No. 50	10 – 30
150 um	No. 100	2 - 10

Fuente: elaboración propia.

Agregado grueso: se empleara en la construcción el agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (No.4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas,

blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. El agregado grueso debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C 33; además, el porcentaje de desgaste no debe ser mayor de 40 % en masa después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión, AASHTO T 96 o ASTM C 131 y ASTM C 535.

- El agua

Por emplear en las mezclas de concreto será limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica.

- Aditivos

Según Orduña, se deben emplear aditivos de reconocida calidad, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla. Los aditivos y las adiciones deberán estar libres de sustancias que, por su naturaleza o cantidad, afecten la resistencia o la durabilidad del hormigón, armaduras, aceros de alta resistencia u otros elementos insertados.

Especialmente se deberá cuidar de utilizar aditivos, que por su alto contenido de cloruros, pudieran acelerar la corrosión del acero de alta resistencia para el concreto pretensado o posttensado. Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM C-494; los inclusores de aire cumplirán las exigencias de la norma ASTM

C-260 y los puzolánicos habrán de satisfacer las exigencias de la norma ASTM C-618.

El curado del concreto podrá llevarse a cabo por medio de:

- Humedad
- Productos químicos

Compuestos líquidos que forman una película sobre la superficie del concreto. Se empleará un producto que aplicado mediante aspersion sobre la superficie genere una película que garantice el correcto curado de este.

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, tendrá la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. Cuando se empleen camiones mezcladores o agitadores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores, debe ser entregado con la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridos para la obra. La velocidad de descarga del concreto premezclado debe ser controlada por la velocidad de rotación del tambor en la dirección de la descarga con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el constructor suministre cubiertas que, a juicio del Interventor, sean adecuadas para proteger

el concreto desde su colocación hasta su fraguado. En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra las formaletas o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1,50 m).

Las descargas se realizarán una tras otra, debiendo cada una colocarse y compactarse antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debe dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior deberá ser compactada de forma que se evite la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior. Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas completamente.

Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba deberá ser tal, que se produzca una corriente continua del concreto, sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, este se debe expeler de tal manera que no se contamine o se produzcan segregaciones.

El concreto a colocar en la obra se deberá consolidar mediante vibración interna, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla. Las muestras

para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto producido para la obra, deberá tomarse una vez por cada 100 metros cúbicos o fracción de concreto colocado diariamente en una estructura y de cargas de concreto diferentes, a menos que el supervisor de obras ordene un espaciado diferente.

5.4.2. Acero de refuerzo

Se utilizarán barras de alambre de refuerzo, mallas de barras, mallas de alambre de refuerzo y perfiles estructurales de acero o tubos de acero, utilizados como refuerzo del concreto estructural. Este trabajo consiste en el suministro, almacenaje, transporte y colocación del refuerzo para concreto, según lo indicado con los planos y especificaciones. El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto las barras No. 2 para estribos y barras para refuerzo en espiral o para pasadores, que pueden ser barras lisas. Pueden emplearse barras corrugadas de refuerzo con una resistencia a la fluencia especificada f_y que exceda de 42 MPa, siempre que f_y sea el esfuerzo correspondiente a una deformación de 0,35 %.

Tabla VII. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo

Designación de la barra	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
Nº 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
Nº 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
Nº 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
Nº 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
Nº 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
Nº 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
Nº 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
Nº 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
Nº 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
Nº 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
Nº 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
Nº 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Fuente: *Cimentaciones en terreno inclinado*.

<http://www.construereyesingenieria.com/2017/07/calculo-de-cantidades-de-acero-de.html>.

Consulta: 7 octubre de 2018.

Según Hurtado, las barras corrugadas de acero de refuerzo que vayan a soldarse, deben cumplir con el código de soldadura estructural, sección acero de refuerzo *structural welding code – reinforcing steel* ANSI / AWS D1.4 de la Sociedad Americana de Soldadura. El tipo y ubicación de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas de las barras de refuerzo, deberán indicarse en los planos. Al momento de descargar acero y almacenarlo en obra debe estar por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, bloques u otros soportes de madera u otro material adecuado y debe ser protegido hasta donde sea posible contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

Las barras de refuerzo deben ser fabricadas de acuerdo con normas ACI 315, ACI 318 y el manual ACI SP-66. Las barras que requieran dobleces, deben ser dobladas en frío, a menos que se detalle en otra forma en los planos o disposiciones especiales. Los dobleces y cortes deben ser efectuados por obreros competentes utilizando las herramientas y los dispositivos adecuados para tal trabajo.

Tabla VIII. Diámetros mínimos de doblado

Para refuerzo principal	
Número de la varilla	Diámetro mínimo
# 3 al 8	6dv
# 9, 10 y 11	8dv
# 14 y 18	10dv
Para estribos y ganchos de amarre	
Número de la varilla	Diámetro mínimo
# 3 al 5	4dv
# 6 al 8	6dv
dv es el diámetro nominal de la varilla o alambre	

Fuente: *Diámetros mínimos de doblado*.

<http://ingenieriaconstruccion929.blogspot.com/2015/08/control-de-calidad-de-acero-de.html>:

Consulta: 5 de agosto del 2018.

Según las Normas técnicas del ACI para concretos estructurales, cuando se coloque en la obra, el acero de refuerzo debe estar libre de suciedad, óxido o escamas sueltas, pintura, grasa, aceite u otras materias extrañas. Además, el refuerzo debe estar libre de defectos como grietas o laminaciones. Se pueden colocar grupos de barras de refuerzo paralelas en contacto entre sí, formando paquetes que actúen como una unidad, pero el número de barras en cada manojo no debe exceder de 4 barras. En vigas no deben usarse manojos de barras mayores del No. 11. Los manojos pueden utilizarse solamente cuando se usen estribos o anillos que los confinen, a intervalos que no excedan de 2 m. Las barras en un paquete o manojo deben ser preferiblemente de un mismo tamaño.

El alambre usado para amarre debe tener un diámetro de 1,5875 a 2,0320 mm (0,0625 a 0,0800 pulgadas), o calibre equivalente. Además, la posición del refuerzo dentro de las formaletas debe mantenerse por medio de tirantes, bloques, ataduras, silletas y otros soportes aprobados. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas pueden ser de plástico o de metal. Las de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deben ser protegidas con plástico o bien de acero inoxidable.

Los empalmes en tensión deben localizarse alejados de los puntos de momento máximo o de las zonas de altos esfuerzos de tensión, de acuerdo a los cálculos de diseño. Los empalmes traslapados no deben usarse para barras mayores del No.11, salvo en caso de columnas sujetas a compresión, en que las barras pueden unirse a las zapatas. Las barras en un manojo deben terminar en puntos diferentes escalonados, por lo menos 40 diámetros de barra, salvo el caso en que todas las barras terminen en un apoyo o soporte.

5.5. Pavimento

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Entre los materiales utilizados en la pavimentación está el concreto y las mezclas asfálticas.

5.5.1. Capa de subbase

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento; de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las disposiciones de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

El material de subbase debe ser tendido en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 100 milímetros. Si el espesor de subbase requerido, es mayor de 300 milímetros, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 100 milímetros, no permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, AASHTO T 180.

Se debe colocar el volumen de material correspondiente al espesor de subbase requerido por el diseño, sobre la subrasante recibida, previamente preparada y reacondicionada. El material puede ser colocado por medio de camiones de volteo, formando camellones o con máquina especial esparcidora.

Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use máquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogeneización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla homogénea. El material de subbase debe esparcirse, homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para lograr su compactación.

Tabla IX. **Normas para capa de subases**

Ensayos	Materiales
CBR	AASHTO T 193
Gradación	AASHTO T 11 y T 27
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice plástico	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y T 191
Deflexión	AASHTO T 256

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.1. Capa de base

La capa de base granular es la formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes. Se debe usar el material que tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase el tamiz 0,075 mm, menor índice de plasticidad y mayor equivalente de arena. La porción de agregado retenida en el tamiz No. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste de abrasión determinado por el método AASHTO T 96 mayor de 50 a 500 revoluciones.

La colocación y el tendido del material de base triturados debe ser depositado sobre la subbase, respectivamente; previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación, en una sola operación, y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de la capa a tenderse, no debe ser mayor de 300 milímetros ni menor de 100 milímetros. El material de la base granular debe estar exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa puedan causar fallas en el pavimento.

Después de haberse colocado y tendido el material de base triturado, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, mezclando el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de maquinaria y equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea. En caso de utilizarse equipo especial de

tendido, que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

Previamente a la compactación de la capa de base triturada, se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo, según AASHTO T 217. La compactación de la capa de base granular se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100 % de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180. El material debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 mínimo de 70.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Cuando el espesor de la capa a compactar, exceda de 300 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas, nunca menores de 100 milímetros.

Tabla X. **Normas para capa de base**

Ensayos	Materiales
CBR	AASHTO T 193
Abrasión	AASHTO T 96
Gradación	AASHTO T 11 y T 27
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice plástico	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y T 191
Deflexión	AASHTO T 256

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.2. Carpeta de rodadura

Su función principal es de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar total o parcialmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

En la ingeniería de pavimentos se manejan dos tipos convencionales identificados como flexibles o asfálticos y rígidos o de concreto hidráulico, con variantes de bases y subbases y con trabajos de rehabilitación diversos.

- Pavimento rígido: es un pavimento de concreto formado por cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito. Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en:
 - Pavimentos de concreto simple
 - Pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero

Este trabajo consiste en la construcción sobre subrasante, y base preparada y aceptada previamente, de la losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, y el manejo, la colocación, la compactación, el acabado, el curado y la protección del concreto de acuerdo con lo indicado en estas especificaciones, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, espesores y secciones típicas de pavimentación, dentro de las medidas y tolerancias estipuladas.

Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, deben llenar los requisitos siguientes:

- Cementos hidráulicos: estos cementos deben cumplir con una resistencia de 28 MPa (4 000 psi, 281 kg/cm²) o mayor.
- Agregado fino: debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos sobre cantidad de finos estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.
- Agregado grueso: debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.
- Agua: el agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.
- Aditivos: los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa del Supervisor y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o concretos que contenga elementos galvanizados o de aluminio. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado del concreto.

El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe ser como mínimo clase 28 (4 000 psi o 245 kg/cm²) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 28 MPa (4 000 psi o 28 kg/cm²) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 4,2 MPa (600 psi o 42,2 kg/cm²), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. (AASHTO)

Tabla XI. **Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos**

Relación Agua Cemento Máxima	Temperatura del Concreto	Asentamiento AASHTO T 119	Contenido de Aire Mínimo ⁽¹⁾	Tamaños agregados AASHTO M 43	Resistencia a la Compresión AASHTO T-22	Resistencia a la Flexión AASHTO T 97
0.49	20 ± 10 ° C	40 ± 20 mm	4.5 %	551.04 (b) y (c)	28 MPa (4,000 psi)	4.5 MPa (650 psi)

Fuente: *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, división*
<http://www.honducompras.gob.hn/docs/Lic221CPNS-005-AMDC-2012-BCIE1403->

AnexosalPliego.pdf. Consulta: 15 de noviembre de 2018.

- Equipo de pavimentación:

Procedimiento de formaleta deslizante: debe consistir en pavimentadoras o terminadoras autopropulsadas, capaces de extender, consolidar, enrasar y acabar el concreto fresco colocado frente a ellas, en una sola pasada completa de la máquina, de modo que se requiera un mínimo de acabado manual, para proporcionar un pavimento denso y homogéneo.

Procedimiento de formaleta fija: las formaletas deben ser de un material resistente y durable, de preferencia metálica, rectas y de diseño aprobado por el ingeniero. Para radios de curvatura menores de 60 metros, se deben emplear formaletas flexibles o curvas. Cada sección de formaleta debe ser de altura constante e igual al espesor de la losa. El sistema de fijación de las formaletas a la base debe incluir pernos o dispositivos de anclaje que permitan resistir las operaciones de construcción sin causar desplazamientos de la formaleta.

Se preferirá el empleo de equipo móvil adecuado para esparcir, compactar y dar el acabado final del concreto con un mínimo de trabajo manual posterior, en todo el ancho del pavimento. Los equipos para la producción y el suministro de concreto deben ser de la capacidad suficiente para suministrar adecuadamente y en forma continua, las cantidades de concreto requeridas en la obra, para el rendimiento previsto de los equipos de pavimentación.

Pueden usarse vibradores como complemento a los equipos anteriormente mencionados, vibradores de inmersión manual o vibradora de placa. Los equipos para texturizado y ranurado deben ser de diseño aprobado y capaz de producir el tipo de ranurado o la textura superficial indicada en los planos. Para el aserrado de juntas se deben emplear sierras para concreto con la potencia suficiente para cortar el espesor total de la losa. Las sierras deben

estar equipadas con guías y dispositivos que aseguren la alineación y profundidad de corte requeridos.

Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se producen baches o depresiones causadas por el movimiento del equipo y las actividades propias de la construcción, estas deben corregirse antes de colocar el concreto, llenándolas con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto; seguidamente, se debe proceder a conformar y compactar el material. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

Antes de colocar el concreto sobre la superficie, esta debe ser previamente humedecida y se debe tomar en cuenta el tiempo suficiente para evitar retrasos en la entrega y en la colocación del concreto. Un intervalo de más de 45 minutos entre la colocación de cualquiera de las dos bacheadas o vertidas constituirá causa suficiente para detener las operaciones de pavimentación y se tendrá que construir una junta de construcción.

El concreto debe ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradores de rodillos, preferiblemente montados sobre ruedas, para aplicar la vibración directamente sobre todo el ancho de la losa de concreto, y no sobre las formaletas. También, pueden usarse vibradores de inmersión, como complemento.

- Acabado, texturizado y ranurado del concreto:
 - Acabado final: la ejecución del acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua, y estando el concreto aún en estado plástico; debe comprobarse la exactitud de la superficie de la losa por medio de un escantillón de 3 metros de longitud, el cual debe colocarse en posiciones aleatorias sobre toda el área de la franja o carril, que no esté afectada por cambio de pendientes. Las diferencias observadas por defecto (depresiones) o excesos (áreas altas) no deben ser mayores de 3 mm y toda irregularidad debe ser eliminada ya sea agregando concreto fresco, el que será compactado y terminado como se indica anteriormente o bien cortando los excesos por medio de pasadas con el borde de la llana mecánica o manual.
 - Texturizado y ranurado: inmediatamente detrás del alisado se procede al texturizado y ranurado. El texturizado fino o microtexturizado se logra pasando tiras o pedazos de lona o brin en el sentido longitudinal de la vía. El texturizado grueso, microtexturizado o ranurado se debe hacer por medio de un bastidor provisto de un peine o rastrillo de cerdas metálicas planas ligeramente flexibles espaciadas a no menos de 12 mm ni más de 25 mm. El ancho de las cerdas debe ser del orden de los 3,2 mm y se deben aplicar cuando el concreto está aún plástico de manera que las ranuras formadas tengan una profundidad mínima de aproximadamente 3,2 mm pero nunca mayor de 6,4 mm.

Las aplicaciones deben ser continuas a lo ancho de la franja o carril del pavimento, produciendo un ranurado transversal homogéneo, procurando que las pasadas del peine sean lo más cercanas posibles sin que lleguen a producir traslapes. En zonas pequeñas e irregulares donde esto no sea factible tanto el texturizado fino longitudinal como el texturizado grueso o ranurado transversal pueden hacerse manualmente con ayuda de rastrillos o escobas adecuados.

- Construcción de juntas: todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y deben protegerse contra la penetración en las mismas, de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas. Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento, y cuando así se especifique, deben proveer además una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas.
 - Juntas transversales de contracción: estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciada, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento.
 - Juntas transversales de construcción: controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de

pavimentación, al final del día, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación.

- Juntas de expansión o aislamiento: se colocan en localizaciones que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo. Las juntas de expansión o aislamiento, deben tener de 19 mm a 25 mm ($\frac{3}{4}$ " a 1") de ancho. En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de junta, debe ocupar el vacío entre la sub-base o subrasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar como 25,4 mm (1") más abajo del nivel de la superficie y debe extenderse en la profundidad y ancho total de la losa.
- Juntas longitudinales de contracción: dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo.
- Juntas longitudinales de construcción: estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas.
- Juntas esviajadas: las juntas esviajadas son una variación de la alineación de las juntas transversales de contracción y construcción, inclinadas respecto al eje longitudinal del pavimento entre 80 y 100° (o una relación 1 a 6). Se busca que la inclinación sea tal que las llantas izquierdas de los vehículos crucen primero la junta que las derechas. (AASHTO)

- Curado: se debe realizar inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se puede efectuar de las siguientes formas:
 - Carpetas o esteras de algodón, lona o brines empapadas con agua: la superficie del concreto debe ser recubierta en su totalidad con esteras. Las esteras deben tener longitudes (o anchos) tales, que salgan por lo menos dos veces el espesor de la losa de concreto. La estera se colocará de forma tal, que la superficie total y ambos bordes de la losa queden completamente recubiertos. Antes de la colocación, se empaparán con agua las esteras. Las esteras se colocarán y se sujetarán con pesos, para que estén en contacto directo con la superficie revestida y se deben mantener mojadas y colocadas durante 72 horas.
 - Aplicación de compuestos líquidos formadores de membrana de curado: se deberá aplicar un compuesto líquido de curado con pigmento blanco. Deben utilizarse equipos de rociado manual en aquellos tramos irregulares donde no pueda usarse la pavimentadora y para los lados de las losas de pavimento expuestas al remover las formaletas. El compuesto de curado, no debe aplicarse durante tiempo lluvioso.

El compuesto de curado, se aplicará a presión en la proporción de un litro por 3,0 metros cuadrados de pavimento de concreto hidráulico, mediante distribuidores mecánicos. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos siguientes a la aplicación.

- Remoción de las formaletas: las formaletas deben ser removidas cuando el concreto haya alcanzado una resistencia suficiente para resistir daños, pero no antes de las 24 horas después de haber colocado el concreto. Cuando se permita el uso de aditivos acelerantes del fraguado, las formaletas podrán retirarse a las 12 horas de la colocación del concreto. Los lados de las losas recién expuestas deben ser protegidas de inmediato con un método de curado igual al aplicado a la superficie del pavimento. Debe protegerse contra la erosión, la subrasante, sub-base o base bajo la losa del pavimento hasta que se construyan los hombros.
- Relleno y sellado de juntas: su función principal y siempre que así se especifique en los planos, deben ser rellenadas y selladas con materiales aprobados, en la forma señalada por los planos, siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 504-R. El relleno y sellado de las juntas debe efectuarse antes de abrir el pavimento al tráfico de vehículos, incluyendo los de la construcción. Los cortes de sierra adicionales en las ranuras de las juntas, para formar las canaletas o cajas para el sello, deben realizarse hasta 72 horas después de haber colocado el concreto. Antes de aplicar el material de relleno o selladores, deben limpiarse y secarse todas las ranuras. La limpieza final debe hacerse con aire a presión. La presión del aire debe ser mayor de 0.63 MPa (90 psi). El compresor de aire, debe estar equipado con un filtro que quite la humedad y el aceite del aire.

Para juntas de expansión o aislamiento generalmente se emplean rellenos premoldeados y sellos premoldeados, selladores de silicona vertidos en frío y selladores vertidos en caliente. Para juntas longitudinales y transversales de construcción y contracción, los más usados son los selladores vertidos en caliente o en frío.

- Selladores aplicados en frío o en caliente: generalmente se instala un respaldo de esponja (*backer rod*), usualmente de polietileno, por medio de una rueda de acero a la profundidad especificada, cuidando de no doblar o estirar este respaldo durante su instalación. La longitud del respaldo a instalar debe ser limitada a la que puede ser sellada el mismo día. Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. No debe usarse arena u otro material como material de cubrimiento del sello.

El equipo de calentamiento para los selladores aplicados en caliente, será de tipo baño de María y estará ubicado de forma tal, que no produzca sobrecalentamiento. El vertido se debe realizar de forma que el material no se derrame sobre las superficies expuestas del concreto. Cualquier material sobrante presente en la superficie del pavimento de concreto, debe ser retirado inmediatamente y se debe limpiar la superficie del pavimento. El material para sellado de juntas aplicado en caliente, no debe ser colocado cuando la temperatura ambiente a la sombra sea menor de 10° C.

- Sellos premoldeados: las tiras o fajas de sellos premoldeados deben suministrarse en piezas de la longitud y ancho especificados para la abertura de la junta. Los sellos premoldeados deben ser instalados con el lubricante adhesivo cubriendo ambos lados de la ranura de la junta. El sello debe comprimirse entre el 20 % y el 50 % de su ancho nominal al insertarlo en la junta y el tope del mismo debe quedar a unos 6 mm debajo de la superficie.

- Mantenimiento y control de tránsito: se debe de proteger el pavimento, evitando los daños que puedan causarle el tránsito y operaciones de construcción. El pavimento no debe ser abierto al tránsito de vehículos, incluyendo los de la construcción, hasta que los especímenes de ensayo moldeados y curados en condiciones de campo, de acuerdo con AASHTO T 23, hayan alcanzado una resistencia a flexión de 3,8 MPa (550 psi), según AASHTO T 97 (ASTM C 78) o bien una resistencia a compresión de 24,5 MPa (3 500 psi) de acuerdo a AASHTO T 22 (ASTM C 39). En caso no se tenga disponibilidad de estos resultados no se debe abrir el tránsito antes de los 14 días después de la colocación del concreto. No se permitirá el paso del tránsito cuando el sellador de las juntas aún esté pegajoso y los desechos producidos por el paso del tránsito puedan empotrarse en el sellador.

5.6. Estructuras de drenaje

Son conductos que se colocan para evacuar el agua de las superestructuras de los puentes y otras obras viales, tales como estribos, muros y otras.

5.6.1. Tubos de drenaje

Los tubos y accesorios pueden ser de las clases siguientes:

- Conductos de concreto no reforzado: deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 86M (ASTM C 14).
- Conductos de hierro fundido: deben ser de fundiciones de hierro, fundido gris clase 30, de acuerdo con AASHTO M 105.

- Conductos de acero: deben cumplir con los requisitos de ASTM A 120.
- Conductos rígidos de cloruro de polivinilo (PVC): deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 278.
- Conductos de polietileno (HDPE): deben cumplir con lo especificado en ASTM F 714. Esta debe ser fabricada de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad.

Los tubos de drenaje se deben colocar de acuerdo con lo indicado en los planos, estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

5.6.2. Alcantarillas

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera, puentes u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales.

La tubería de la alcantarilla hacia la descarga puede ser de PVC o de metal, puede ser de aluminio o de acero corrugado, según se indique en los planos o en las disposiciones especiales. Las planchas para estos elementos deben ser de las clases siguientes (AASHTO):

- Planchas estructurales de acero galvanizado: deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 167M.
- Planchas estructurales de aleación de aluminio: deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 219M.

- Los pernos de acero para planchas estructurales de acero o de aleación de aluminio deben cumplir con lo estipulado en AASHTO M 164M (ASTM A 325).

Antes de colocar las alcantarillas se debe comprobar que las zanjas hayan sido excavadas de acuerdo a las dimensiones que indiquen los planos, la colocación de las alcantarillas se debe iniciar en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección de aguas arriba.

5.7. Obras complementarias

Son el conjunto de indicadores que se aplican en el pavimento para el control y ordenamiento del tránsito de la carretera, así como figuras, letreros y rótulos en postes.

5.7.1. Líneas y marcadores de tránsito

La pintura que se utilizará debe ser reflectiva. Su composición y las propiedades deben llenar los requisitos indicados en la especificación AASHTO M 248 para el tipo F. (AASHTO)

El tipo de material debe ser epóxido en dos compones A y B, 100 % sólidos a ser aplicados por medio de riego en caliente; el espesor de la película curada debe ser igual a 0,38 milímetros; los definidos en las normas de la Federal Highway Administration (FHWA) como el blanco y el amarillo estándar para carretera.

El tiempo de secado de una película con espesor a 0,38 milímetros con esferas de vidrio tendrá un tiempo de secado de 30 minutos máximo en laboratorio a 22° C, según ASTM D 711 para alcanzar condiciones que no se despegue. El producto deberá alcanzar una dureza Shore D después de haberse curado por 72 a 96 horas a 22 ° C según ASTM D2240 de 75 a 100.

Los marcadores resaltados en el pavimento llamados ojos de gato, son reflectivos de tipo prismático con la superficie exterior es lisa. Al momento de aplicar las marcas la superficie debe de estar limpias, secas y libres de partículas sueltas, lodo, acumulaciones de alquitrán o grasas u otros materiales nocivos.

La demarcación para el caso de líneas de tránsito se debe hacer por lo menos cada 2 metros en tramos rectos y cada metro en las curvas. Las líneas longitudinales centrales tienen que tener un ancho mínimo de 100 milímetros. De la misma manera, las líneas longitudinales discontinuas tienen que tener 5 metros de largo con intervalos de 10 metros.

Las líneas centrales se aplican en pavimento de carreteras cuya calzada tiene únicamente dos carriles en diferentes sentidos. Se traza continua para indicar que los vehículos no pueden rebasar y discontinua cuando se puede rebasar. También, se trazan líneas longitudinales continuas cuando se aplica a la orilla de los hombros y delimita el ancho de rodadura y se traza discontinua en caso de dos o más carriles en el mismo sentido delimitando el ancho de los mismos. Las líneas dobles tienen que tener una separación entre sí de 100 milímetros.

5.7.2. Señales de tránsito

Es el conjunto de figuras, letreros y rótulos en postes y planchas, colocados a uno, en ambos lados o encima de la carretera, que sirven para el control y ordenamiento del tránsito. Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de todas las señales de tránsito. La forma, dimensiones y colores deben de estar de acuerdo con el reglamento de señales aprobado por la Dirección General de Caminos.

Las láminas de material reflectivo deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 4956. Cuando el contenido de las señales sobre las láminas de material reflectivo sea elaborado con pintura, esta deberá cumplir con los mismos requisitos de reflexión de las láminas, y garantizar su correcta reflectividad en condiciones nocturnas.

Los paneles para señales pueden ser fabricados de aluminio, acero o plástico, según se especifique en los planos y tienen que tener láminas de material reflectivo en su parte delantera. Cuando el tipo de material para la señal no se especifique en los planos, se tienen que usar paneles de aluminio. Los postes fabricados de tubos de aluminio se deben ajustar a los requisitos de la norma ASTM B 221.

La fabricación de los paneles, incluyendo el corte, la perforación y el taladrado de agujeros, se tiene que completar antes de la preparación final de la superficie y de la aplicación de las láminas reflectivas, excepto cuando se requiera la fabricación de letras cortadas a troquel o aserradas sobre señales procesadas y montadas. Los paneles de metal se tienen que cortar del tamaño y forma correctos y tienen que estar libres de pandeo, abolladuras, arrugas, rebabas y defectos que resulten de la fabricación. La superficie de todos los

paneles de señales tiene que ser plana. Las letras, números, flechas, símbolos, bordes y otras características del mensaje de la señal tienen que ser del tipo, tamaño y serie indicados en los planos o especificados en las disposiciones especiales.

El material de cobertura tiene que ser duradero y resistente a los efectos de la exposición a la intemperie durante el período de uso. Los postes de las señales de tránsito deben de enterrarse por lo menos 500 milímetros, para lo cual se debe hacer una excavación por lo menos de 300 x 300 x 500 milímetros y el espacio entre las paredes de la excavación y pie del poste se debe llenar con concreto simple para que el poste quede bien anclado en el terreno y no pueda ser removido fácilmente.

5.7.3. Aceras

Es aquella parte de la calzada construida principalmente para uso de los peatones. Este trabajo consiste en la construcción de banquetas y medianas pavimentadas de acuerdo con lo indicado en los planos, las especificaciones generales y en las disposiciones especiales. Dichos elementos pueden ser de concreto de cemento hidráulico, de mezcla asfáltica o de ladrillos. La forma y dimensiones deben ser las indicadas en los planos.

Los materiales de las aceras si se usan de tipo ladrillos de arcilla o de esquisto deben estar de acuerdo con los requisitos de la norma AASHTO M 114, grado SW. La mezcla asfáltica debe colocarse cuando el lecho de cimentación esté lo suficientemente seco y las condiciones climáticas sean favorables. El material asfáltico debe ser colocado sobre la capa de lecho y ser compactado en una o más capas según se indique. La compactación debe efectuarse por medio de rodillos manuales o mecánicos.

En lugares inaccesibles para el rodillo, se permitirá el apisonado manual. Los ladrillos serán colocados según se indique en los planos, sobre una superficie preparada. La capa de ladrillos debe colocarse plana y nivelarse por medio de reglas de madera. Inmediatamente después de la colocación, la superficie de ladrillos debe ser barrida e inspeccionada. Todo ladrillo defectuoso debe ser substituido. Posteriormente, se deben rellenar las juntas con una mezcla seca de 4 partes de arena y una de cemento en peso y humedecidas cuidadosamente, a fin de saturar el relleno de la junta. Toda junta que no quede al ras con la superficie de los ladrillos debe ser rellenada nuevamente y humedecida.

Al momento de utilizar formaleta, la excavación se debe efectuar hasta la profundidad requerida y con un ancho que permita la instalación de la formaleta. Las formaletas deben ser de metal, madera u otro material adecuado y deben extenderse hasta la profundidad total del material que se coloque. Previamente a la colocación de concreto el lecho de cimentación debe ser humedecido por completo inmediatamente antes de verter el concreto. El concreto debe ser depositado en una sola capa de manera de evitar la segregación y debe ser nivelado adecuadamente.

Las juntas en aceras deben tener las dimensiones especificadas y en ellas debe colocarse material premoldeado para relleno de juntas de expansión, la acera debe ser dividida en secciones por medio de juntas simuladas aserradas u otro tipo aceptable. Estas juntas simuladas deben penetrar en el interior del concreto a una profundidad de $1/4$ a $1/5$ del espesor de la losa y deben tener aproximadamente 3 milímetros de ancho. Alrededor de todos los accesorios como cajas de registros, postes, entre otros, deben de formarse juntas de construcción con una profundidad igual al de la acera, el concreto utilizado debe de tener por lo menos 72 horas de curado.

5.7.4. Señalización e iluminación

El objetivo del sistema de iluminación en los túneles y pasos a desnivel, es proporcionar una adecuada visibilidad, que garantice las condiciones de seguridad de conductores y transeúntes. El nivel de iluminación en los pasos a desnivel integrados a carreteras, calzadas, o avenidas iluminadas, deberá ser ligeramente mayor al nivel que se maneja en dichas arterias. La colocación de los postes deberá realizarse por la parte exterior de los barandales o protecciones metálicas que van a los lados del paso a desnivel.

Un paso a desnivel puede tener hasta 25,00 metros de largo, sin que necesite alumbrado durante el día, siempre y cuando sea recto o el tránsito no sea muy intenso. Estos deben de tener alumbrado durante el día con un nivel de iluminación promedio mínimo de 1 200 luxes cuando en las zonas de aproximación y de salida existan sombras. Dichas sombras pueden ser producidas por los siguientes elementos:

- Árboles de follaje tupido y permanente.
- Superficies oscuras y lisas.
- Paredes oscuras.
- Arbustos de follajes verdes oscuros en la entrada.
- Cerros.
- Columpios de vialidad.

En casos de no existir sombras en las zonas de aproximación, se debe tener una iluminación promedio mínima de 2 000 luxes. Durante el día, cuando un conductor se aproxima a la zona de acceso, se presenta el efecto llamado agujero negro; este efecto es producido por la gran diferencia que existe entre la luminancia exterior y la luminancia interior, lo cual impide a los conductores ver o percibir obstáculos a la entrada al paso a desnivel.

Las consideraciones básicas para el diseño de la iluminación, son las siguientes:

- Volumen y velocidad del tránsito.
- Luminancia externa.
- Características del túnel.
- Luminancias del túnel durante el día y durante la noche.
- Equipo eléctrico y de iluminación.
- Iluminación de emergencia.
- Efecto de parpadeo.
- Volumen y velocidad del tránsito.
- Luminancia externa.

Para alumbrado de túneles y pasos a desnivel las principales características de las lámparas deben ser las siguientes:

- Gran flujo luminoso.
- Larga duración.
- Facilidad de montaje en los equipos de alumbrado.
- Debido a los altos valores de iluminación para alumbrado diurno en las zonas de entrada se consideran adecuadas las lámparas de vapor de sodio de alta presión de 150, 250 y 400 W; además de las de aditivos y halogenuros metálicos de encendido por pulso de 150 y 250 W.
- Serán de sobreponer en techo o muro para operar a una tensión de 220 volts.
- Deben ser herméticas a prueba de polvo, resistir a la acción de los detergentes, la atmosfera húmeda y el humo dentro del túnel.
- Deben permitir su fácil limpieza, mantenimiento y reposición de lámparas así como accesorios.

La instalación de los equipos de alumbrado será de preferencia en la parte vertical superior de las paredes, con una altura mayor a la de los vehículos más altos permitidos a la circulación dentro del paso a desnivel.

5.7.5. Parada de buses

Son las áreas de espera donde se concentran las personas para hacer uso del servicio de transporte colectivo, tienen como fin primordial determinar los puntos en donde de acuerdo al itinerario de la ruta las unidades tanto de servicio urbano y extraurbano se detengan para dejar y trasportar a otros usuarios. Considerando parada de buses cada 250 metros aproximadamente, de acuerdo a las distancias por recorrer a pie entre vivienda y la parada. Brinda comodidad y seguridad tanto al usuario peatonal como al automovilista.

Las paradas de buses consisten en muebles urbanos metálicos, utilizados para la protección de las inclemencias del tiempo, por los usuarios del transporte público de superficie, que está acondicionado para que los pasajeros aguarden la llegada de las unidades de transporte, con la comodidad deseable para permanecer por lapsos de tiempo variable.

El cobertizo o parada de autobús funciona como la referencia física más visible de la existencia del sistema de transporte, siendo el local de contacto entre el usuario y el modo de transporte. Estas paradas pueden identificarse por una señal, cuentan con la protección contra el sol y la lluvia, pueden tener bancas para espera, iluminación, así como información básica como nombre y número de líneas, horario de operación, mapas de rutas, entre otros. Se debe evitar que obstruya la circulación en las zonas peatonales y estar siempre paralelo a la vía en un andén que permita una circulación peatonal por detrás de la parada de al menos 1,40 metros. El andén mínimo recomendado para su localización es de un ancho de 3,90 metros.

Figura 26. Caseta para parada de buses

TIPO	CROQUIS Y MATERIALES	DIMENSIONES			BANCAS	VISIBILIDAD	VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN
		ANCHO	ALTURA	LARGO			
Abierta		2.50 m	2.20 m	3.50 m	Opcional	Excelente	Excelente
Semiabierta		2.50 m	2.30 m	4.00 m	Opcional	Buena	Buena
Cerrada		2.50 m	2.50 m	4.00 m	Pared posterior Pared lateral Pared frontal	Baja	Baja

Fuente: *Mobiliario Urbano, Sedesol. Capítulo IX.*

https://www.google.com.gt/search?q=Caseta+para+parada+de+buses&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1sMDtvbfgAhXwwVkKHR43DcEQ_AUIDigB&biw=1511&bih=730#imgrc=y0rftwQFo8_uM: Consulta: 28 de octubre de 2018.

6. RESULTADOS ESPERADOS

6.1. Comparación sin proyecto y con proyecto

En la actualidad, la 23 Calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa de San Miguel Petapa es una vía de acceso muy utilizada por los transportistas que se desean trasladar a la ciudad capital y viceversa. Por lo que con el constante crecimiento vehicular y la poca o nula señalización genera poca fluidez y congestionamiento en el lugar así como en los sectores aledaños.

Además, se debe sumar el peligro para el peatón al momento de transitar por la vía, exponiéndose a que suceda algún accidente ya que es un área de mucho movimiento comercial, en la que cientos de personas se dirigen a sus labores, compras y demás actividades.

En las horas pico se habilita un carril reversible que trata de beneficiar en las mañanas a las personas que se dirigen a la ciudad capital y en las tardes en el sentido contrario. Durante el tiempo en que dura el horario del carril reversible los policías de tránsito señalizan por medio de conos la intersección para que sea de mejor visualización la ruta y por consiguiente se espera que tenga más fluidez el tránsito vehicular.

Pero regularmente esto no sucede ya que al no contar con un agente o algún medio de regulación de tránsito, los vehículos que llevan la vía son los que se dirigen de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa o hacia el Frutal, lo que provoca congestionamiento en los carriles de ascenso a la ciudad capital

que tienen que esperar a que los otros conductores les den la vía o que no circule ningún vehículo para incorporarse al carril que se dirige a la ciudad de Guatemala.

6.2. Movilidad vehicular

Con la implementación del paso a desnivel se pretende obtener una fluidez vehicular continua, agilizando la circulación de los vehículos que se dirigen del Frutal hacia la avenida Petapa ya que contarán con el carril del paso a desnivel que los incorporará directamente hacia esta vía; de esta manera, se reducirán las largas filas que realizan los vehículos al momento de cruzar los carriles uno por uno. De igual forma, se beneficia a los conductores del otro carril, ya que tendrán fluidez y no se deberán preocupar por el cruce de vehículos; con la implementación del paso a desnivel se reduce la cantidad de accidentes en la intersección, que evita así el congestionamiento que genera este tipo de situaciones.

6.2.1. Tránsito pesado

Se espera que el paso de vehículos pesados en la intersección siga con los horarios de restricción asignados para dicho punto, los cuales corresponden de lunes a viernes de 5:00 a 8:00 horas y de 17:00 a 20:00 horas, y los horarios para los municipios colindantes que se observa en la siguiente figura.

En el resto del horario, el transporte pesado utilizará el paso a desnivel bajo la Calle Real de Petapa el cual estará diseñado con un radio de giro mínimo de 13,7 m para vehículos de carga, con velocidades inferiores a 15 km/h según la norma AASHTO. Los vehículos pesados que se trasladan de Villa Hermosa hacia El Frutal deberán tomar el paso a desnivel sobre la Calle

Real de Petapa o buscar villas alternas para dirigirse al punto de destino. Los vehículos que se trasladan de la Calle Real hacia Villa Hermosa y viceversa seguirán la ruta.

Figura 27. **Restricción para el transporte pesado**



Fuente: Policía Municipal de Tránsito. *Restricción para transporte pesado Villa Nueva.*
http://www.monitoreodemedios.gt/wp/2016/01/horario-de-restriccion-en-villa-nueva-y-municipios-vecinos-pmt_villanueva-httpst-col2qeoapnn/. Consulta: 1 de mayo de 2108.

6.2.2. Transporte semipesado

El transporte semipesado que este incluido en la restricción de paso deberá respetar los horarios descritos anteriormente, el resto de vehículos semipesados utilizarán el paso a desnivel sobre la calle y debajo de ella para movilizarse entre El Frutal y Villa Hermosa. Los vehículos que se dirigen de la avenida Petapa hacia Villa Hermosa y en sentido contrario continuarán circulando sobre el mismo nivel de la vía que actualmente se maneja.

6.2.3. Transporte liviano

El transporte liviano podrá circular en cualquier horario sobre el paso a desnivel que dirige el tránsito de Villa Hermosa hacia El Frutal, para circular del Frutal hacia la avenida Petapa utilizarán el paso a desnivel bajo la calle. En el sentido del Frutal hacia Villa Hermosa los vehículos deberán mantener su carril derecho para realizar el giro, al igual que los vehículos que se dirigen de la avenida Petapa hacia El Frutal. Por último, los vehículos que se dirigen de avenida Petapa hacia Villa Hermosa continuarán la vía paralela a la calle.

6.2.4. Transporte motorizado

Para las motocicletas la ruta a seguir será la misma que para el transporte liviano descrito anteriormente, siempre y cuando se siga las indicaciones para el transporte motorizado descrito en el reglamento de tránsito.

Figura 28. Reglas básicas para motocicletas



Fuente: Policía Municipal de Tránsito. *Transporte liviano, Villa Nueva.*

http://www.monitoreodemedios.gt/wp/2016/01/horario-de-restriccion-en-villa-nueva-y-municipios-vecinos-pmt_villanueva-httpst-col2qeozapnn/. Consulta: 1 de mayo de 2108.

6.3. Elementos de seguridad vial

Al momento de tener construido el paso a desnivel se debe implementar en varios puntos elementos de seguridad vial que faciliten el transitar de los vehículos; entre estos se deberá considerar la señalización horizontal: flechas que indiquen el sentido de circulación, líneas divisoras de carriles, boyas o vialetas para señalar el ingreso y el egreso al paso a desnivel.

En la señalización vertical se deberán implementar rótulos de ingreso y salida del paso a desnivel, rótulo de altura y ancho máxima, rótulo de velocidad permitida y barandas metálicas a los costados del paso a desnivel. De esta manera, el conductor tendrá mayor visualización y orientación para tomar la ruta adecuada para llegar a su destino.

6.4. Tránsito peatonal

Para el transitar del peatón se deberán reubicar las aceras en los laterales de la vía para que las personas se puedan desplazar de manera paralela a la calle; estas aceras deberán tener un ancho mínimo de 1,20 m. Para los peatones, que se deseen trasladar hacia el otro lado de la vía de manera transversal a la calle, se deberá implementar el uso de pasarelas ya que al momento de realizar el paso a desnivel la movilidad vehicular será más fluida lo que dificultará el paso a través de la calle utilizando los pasos de cebra; de esta manera se logrará reducir el número de accidentes en esta intersección.

CONCLUSIONES

1. Las principales razones de congestionamiento en la intersección bajo estudio se debe al cruce de vehículos entre vías, la falta de señalización y la atención que requiere de los pilotos al evitar accidente por el alto tráfico.
2. El grado de saturación vehicular más alto en el área de estudio se da entre 18:00 y 20:00 horas, con un tránsito de más de 7 000 vehículos por hora, entre vehículos livianos, semipesados, pesados y motocicletas, que afectan el funcionamiento de las vías que se encuentran a los alrededores, debido al cruce en la intersección.
3. Las características generales, las condiciones geométricas y la capacidad de las calles y la calzada analizadas, permiten la viabilidad para aplicar la propuesta de un puente vehicular, que permita dar vía a los vehículos de la 23 Calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, de Villa Hermosa, del municipio de San Miguel Petapa.
4. Las deficiencias de la señalización de tránsito se dan por la falta de indicaciones para realizar el cruce y virar; asimismo, no se cuenta con información sobre los horarios de funcionamiento del carril reversible.
5. Al ejecutarse la propuesta incluida en el presente informe se contribuirá a facilitar la locomoción, ya que con la construcción del proyecto, se dará viabilidad en la calle y avenida en mención, que evitará accidentes y facilitará la incorporación a otras vías.

6. La propuesta para la construcción se ha formulado enfocada en protección del medio ambiente y mediante el diseño se convierte en una nueva obra gris que generará un atractivo visual en el área.

RECOMENDACIONES

1. Al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda ejecutar la propuesta del puente vehicular realizado en el presente documento, con lo cual se mejorará la viabilidad en la intersección de la 23 Calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, municipio de San Miguel Petapa.
2. Es necesario que se designe por parte de la Policía Municipal de Transito de San Miguel Petapa a un grupo de al menos tres agentes para dirigir el tránsito vehicular en las hora pico que se genera alrededor de las 18:00 y 20:00 horas de lunes a viernes.
3. A la Municipalidad de San Miguel Petapa la supervisión en la aplicación de las especificaciones técnicas de la propuesta para la construcción del puente vehicular, ya que el análisis identifico la viabilidad para aplicarla mediante criterios geométricos y de capacidad de las calles y avenidas.
4. Es necesario que la Municipalidad de San Miguel Petapa señalice adecuadamente la intersección de la 23 Calle Real de Petapa y 19 avenida, zona 7, Villa Hermosa, ya que los conductores que no conocen el área desconocen la viabilidad; además, se presentan problemas al desconocer los horarios de aplicación del carril reversible.
5. A la Municipalidad de San Miguel Petapa, Municipalidad de la Ciudad de Guatemala y Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda la coordinación conjunta durante la ejecución de la propuesta para mantener

la viabilidad y reducir el impacto negativo en el tránsito del área, las calles y las avenidas circunvecinas.

6. Es necesaria la supervisión del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en la ejecución de la propuesta con el fin de que se apliquen los criterios de mitigación ante el impacto a generarse al ambiente del área de influencia del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. División 303 sub-bases común. [en línea]. <<https://www.google.com.gt/search?ei=Bz9jXNOSL6Xc5gLx7YvYCg&q=AASHTO.+%28s.f.%29.+Especificaciones+generales+para+la+construcci%C3%B3n+de+carreteras+y+puentes.+Divisi%C3%B3n+303+sub->>>. [Consulta: 5 de mayo de 2018].
2. *Constitución Política de la República de Guatemala*. [en línea]. <https://www.oas.org/juridico/mla/sp/gtm/sp_gtm-int-text-const.pdf>. [Consulta: 8 de enero de 2018].
3. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. [en línea]. <<http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/documento/libro.pdf>>. [Consulta: 12 de julio del 2015].
4. GONZÁLEZ CORADO, Byron Geovanni. *Propuesta de paso a desnivel en el cruce de la 13 calle y calzada Raúl Aguilar Batres de la zona 11 a la zona 12*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 105 p.
5. GRANADO, Andrea. *Guía para reconstrucción del mirador No.1 parque regional municipal "La CERRA" y reforestación, San Miguel Petapa, Guatemala*. C.A. Trabajo de graduación de

Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 108 p.

6. HURTADO, Raúl. *Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero para concreto reforzado Belgo 60*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 180 p.
7. Ingenieros Consultores de Centroamérica. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes (libro azul)*. Edición 2001. Dirección General de Caminos. División 200, 300, 400, 600, 700. [en línea]. <<http://www.covial.gob.gt/specs/LibroAzul-Sept2001.pdf>>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
8. MARTÍNEZ QUIROA, Rodolfo. *Propuesta para un paso a desnivel en en la Parroquia zona 6*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 76 p.
9. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Dirección General de Caminos. *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. Guatemala: Gobierno de Guatemala. 1992. 120 p.
10. *Obras complementarias*. [en línea]. <http://www.urbasport.es /es /pavimentos_ obrascomplementarias.asp>. [Consulta: 1 de abril del 2015].

11. SÁNCHEZ, Lidia. *La administración. Impacto ambiental*. [en línea]. <[https:// www.google.com.gt / search ? source = hp&ei = Az9jXLz-62oDA&q=S%C3%A1nchez%2C+L.+%282010%29.+Impacto+ambiental](https://www.google.com.gt/search?source=hp&ei=Az9jXLz-62oDA&q=S%C3%A1nchez%2C+L.+%282010%29.+Impacto+ambiental)>. [Consulta: 10 de junio de 2017].

