



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

**PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR
EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

María Fernanda Valdez Ajjataz

Asesorado por el Ing. Luis Rodolfo García Galindo

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR
EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARÍA FERNANDA VALDEZ AJIAZ

ASESORADO POR EL ING. LUIS RODOLFO GARCÍA GALINDO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

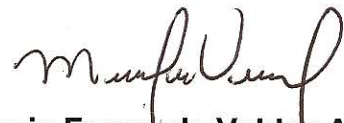
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR
EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

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



Maria Fernanda Valdez Ajiataz


Guatemala 20 de abril de 2013.

Licenciado
Manuel María Guillen Salazar
Jefe del departamento de Planeamiento
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Licenciado Manuel Guillen.

Después de revisar el trabajo de graduación titulado PLANIFICACION DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil María Fernanda Valdez Ajiataz, quien se identifica con carne 200915660 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 de usted deseándole éxitos en sus labores diarias.



Ing. Luis Rodolfo García Galindo
No. de colegiado: 3701

LUIS RODOLFO GARCÍA GALINDO
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 3701



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,

16 de julio de 2013

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director Escuela Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil María Fernanda Valdez Ajiataz, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Rodolfo García Galindo.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑANZA TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Mas de ~~134~~ años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Rodolfo García Galindo y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación de la estudiante María Fernanda Valdez Ajiataz, titulado **PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHICULAR EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto de 2013.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 587.2013

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, al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN DE UN PUENTE (PASO A DESNIVEL) PARA EL REORDENAMIENTO VEHÍCULAR EN LA 14 AVENIDA Y CALZADA ROOSEVELT, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **María Fernanda Valdez Ajiataz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de agosto de 2013



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme esta vida tan maravillosa, guiarme y acompañarme cada día, por iluminarme y bendecirme siempre.
- Mi mamá** Nidia Verónica Ajiataz Arriaza. Por el sacrificio tan grande que ha hecho por mí y por mis hermanos, por estar en todo momento junto a mí y por instarme a alcanzar mis metas siempre. Eres mi pilar, te amo.
- Mis abuelos** Nidia Graciela de Valle y Miguel Ángel Valle. Con mucho amor por sus consejos sabios, por su paciencia infinita y por sus cuidados desde siempre.
- Mis hermanos** Samuel, José Luis, Otto René, Astrid Verónica, Laura René, Johanna René y Bryan José Valdez Ajiataz. Por estar conmigo en todo momento y porque alegran mi día a día. Son las personas más importantes para mí.
- Mis sobrinos** Jhostin Andreé Valdez del Valle y Alexandra René Valdez Melgar. Por ser esas lucecitas que alumbran mi existir. Los adoro demasiado.

Mis tíos

Jorge Daniel y María Isabel Ajiataz Arriaza, Aracely de Ajiataz, Esther y Miriam Valdez Aguilar, Humberto Reyna, Herberth Tobar, Sonia Aguilar y Carlos Valdez. Por ser ejemplo en mi vida, con mucho cariño.

Mis primos

Jorge Esteban, Daniel de Jesús, Thelma Virginia, Alejandra María Ajiataz, Eder Josué y Marlon Estuardo Valdez. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis amigos	Por apoyarnos unos a otros en todo momento.
Mi asesor	Ing. Luis Rodolfo García Galindo, por su apoyo durante la realización de este trabajo y a lo largo de mis estudios.
Mi revisor	Lic. Manuel Guillén, por su colaboración y enseñanzas, tanto en sus cátedras como en la realización de esta investigación.
Mis catedráticos	Ing. Hugo Montenegro, Ing. Rafael Morales, Ing. Alfredo Beber e Ing. Eric Jacobs. Gracias por compartir sus conocimientos conmigo.
La Facultad de Ingeniería	Por permitirme adquirir el conocimiento técnico y científico, y formarme como profesional.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma máter y casa de estudios que me inspiró a culminar esta carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.1. Ampliación de la ciudad.....	1
1.1.2. Densidad de población	4
1.1.2.1. Tránsito actual por día	5
1.1.2.1.1. Tránsito pesado.....	6
1.1.2.1.2. Tránsito mediano.....	7
1.1.2.1.3. Tránsito liviano	7
1.1.3. Vías de acceso	8
1.2. Construcción de calzadas, calles y avenidas	9
1.3. Plan de Ordenamiento Territorial (POT).....	11
1.3.1. Caracterización territorial en zonas generales.....	12
1.3.2. Criterios para la asignación de zonas generales	14
1.3.3. Parámetros normativos para la zona general urbana G5.....	17
1.4. Caracterización ambiental del área del proyecto.....	21
1.4.1. Localización	22
1.4.2. Áreas adyacentes	23

	1.4.2.1.	Asfalto.....	23
	1.4.2.2.	Área semaforizada.....	23
	1.4.2.3.	Área de parqueo	24
	1.4.2.4.	Paradas de transporte urbano	24
	1.4.2.5.	Tipo de uso del suelo.....	25
	1.4.2.6.	Colectores pluviales.....	26
2.		REGLAMENTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y AMBIENTAL	27
2.1.		Reglamento específico de evaluaciones de impacto vial para el municipio de Guatemala (RE-10).....	27
	2.1.1.	Disposiciones generales	28
	2.1.2.	Tipos de evaluaciones y proyectos afectos	29
	2.1.3.	Contenido de las evaluaciones	30
	2.1.4.	Resultados de las evaluaciones	31
	2.1.5.	Sanciones.....	32
2.2.		Estudio de impacto ambiental	32
	2.2.1.	¿Qué es impacto ambiental?	33
	2.2.2.	Estudio de impacto ambiental estratégico	34
	2.2.2.1.	Planes.....	35
	2.2.2.2.	Espacio geográfico	37
	2.2.3.	Preguntas más importantes.....	37
	2.2.3.1.	¿Cuáles son los impactos adversos? ..	38
	2.2.3.2.	¿Qué actividades los originan?	38
	2.2.3.3.	¿Qué alternativas tecnológicas existen?	39
	2.2.3.4.	¿Qué medidas de mitigación se pueden emplear?.....	40
	2.2.3.5.	¿Qué resultados se esperan obtener?	41
2.3.		Código Municipal, Decreto 12 - 2002	41

3.	PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS	49
3.1.	Conceptos sobre ingeniería de tránsito que intervienen.....	49
3.1.1.	El automóvil	49
3.1.2.	El peatón	50
3.1.3.	El conductor.....	50
3.1.4.	Volumen de tránsito.....	50
3.1.5.	Velocidad.....	51
3.1.6.	Corredor urbano	51
3.2.	Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.....	53
3.2.1.	Control de materiales.....	54
3.2.2.	Equipo de construcción	56
3.2.3.	Consideraciones sobre el pavimento a emplear	56
3.2.3.1.	Especificaciones de la subrasante.....	58
3.2.3.2.	Capa de subbase.....	60
3.2.3.3.	Capa de base de grava	62
3.2.3.4.	Riego de imprimación	63
3.2.3.5.	Carpeta de rodadura.....	66
4.	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.....	69
4.1.	Procedimiento constructivo.....	69
4.1.1.	Requerimientos del proyecto	74
4.1.1.1.	Replanteo y levantamiento topográfico	76
4.1.1.2.	Señalización y mantenimiento	82
4.1.1.2.1.	Tránsito dentro de la obra	82
4.1.1.2.2.	Desvío del tránsito.....	83
4.1.2.	Movimiento de tierras	92

4.1.2.1.	Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos.....	93
4.1.2.2.	Limpieza y chapeo.....	96
4.1.2.3.	Excavación y relleno.....	98
4.1.3.	Estructuras	102
4.1.3.1.	Concreto estructural	104
4.1.3.2.	Acero de refuerzo	112
4.1.3.3.	Estructuras de concreto.....	117
4.1.4.	Estructuras de drenaje.....	123
4.1.4.1.	Tubos para drenaje de estructuras	124
4.1.4.2.	Alcantarillas de metal corrugado	125
4.1.4.3.	Alcantarillas de material plástico	129
4.1.4.4.	Subdrenajes	131
4.1.5.	Obras complementarias.....	135
4.1.5.1.	Líneas, marcas y marcadores de tráfico.....	135
4.1.5.2.	Señales de tráfico.....	137
4.1.5.3.	Aceras	139
4.2.	Programa de ejecución.....	141
4.2.1.	Implementación de Project 2007	141
4.2.2.	Diagrama de Gantt	142
4.2.3.	Ruta crítica	143
4.2.4.	Cronograma de ejecución.....	144
5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	147
5.1.	Situación anterior.....	147
5.2.	Situación actual	147
5.3.	Contraste.....	150
5.4.	Avances y logros	150

CONCLUSIONES153
RECOMENDACIONES.....155
BIBLIOGRAFÍA.....157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	La morfología urbana de la ciudad de Guatemala; crecimiento vertiginoso de la mancha urbana de la ciudad de Guatemala desde 1800	3
2.	Vías de acceso a la ciudad de Guatemala	9
3.	Zonas generales de POT	11
4.	Densidad de vivienda según zonas G	12
5.	Caracterización de zonas generales del POT	13
6.	Pendiente de terreno G0 y G1	14
7.	Pendiente de terreno G2-G5	15
8.	Zonas generales G0-G5.....	15
9.	Parámetros generales de las zonas del POT	19
10.	Intersección calzada Roosevelt y 14 avenida zona 11.....	22
11.	Impacto ambiental.....	33
12.	EAE versus EIA.....	35
13.	Relación entre el diseño estructural y los métodos y sistemas constructivos... ..	71
14.	Relación entre el sistema constructivo y la luz principal del puente	74
15.	Proyecto (fases 1-3).....	141
16.	Proyecto (fases 4-6).....	142
17.	Ruta crítica proyecto (fases 1-3)	143
18.	Ruta crítica proyecto (fases 4-6)	144
19.	Puente vehicular visto desde calzada Roosevelt	148

20.	Puente vehicular visto desde 14 avenida.....	149
21.	Puente vehicular visto desde calzada San Juan.....	149

TABLAS

I.	Proyección de la población de la República de Guatemala al 2012.. ..	4
II.	Rutas de acceso a la ciudad capital, registradas dentro de la red vial de la DGC	8
III.	Esquema de parámetros normativos, zona general G%.....	20
IV.	Planes y programas	36
V.	Área del proyecto	37
VI.	Requisitos para el asfalto líquido	64
VII.	Tolerancias para los levantamientos y replanteos topográficos.....	78
VIII.	Clases de concreto	104
IX.	Graduación de los agregados	107
X.	Acero de esfuerzo	113
XI.	Barras de acero	116
XII.	Cronograma de ejecución	107
XIII.	Acero de esfuerzo	113
XIV.	Barras de acero	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
dm³	Decímetros cúbicos
lb/pulg²	Libra por pulgada cuadrada
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetros
vpd	Vehículos por día

GLOSARIO

AADT	Del inglés <i>Average Annual DailyTraffic</i> , tráfico diario promedio anual (medido en número de vehículos).
AASHTO	Del inglés American Association Standard and Transport.
ACI	Del inglés American Concrete Institute.
Aforo vehicular	Medición <i>Highways Officials</i> del número de vehículos que circulan en un determinado tramo.
ASTM	Del inglés American Society for Testing and Materials.
Cambio externo	Intervención de infraestructura vial que se hace sobre la vía pública, fuera de inmuebles particulares o públicos.
Estudio de impacto ambiental	Evaluación técnica profesional, usualmente basada en conteos vehiculares y peatones reales, que establece con mayor objetividad que una revisión de impacto vial, la calidad de servicio prestada a los automovilistas y otros usuarios de la vía pública por una facilidad de transporte.

**Evaluación de
impacto vial**

Término genérico que engloba diferentes tipos de análisis de impacto de tránsito. Para el efecto de este reglamento hay dos tipos: revisiones de impacto vial y estudios de impacto vial.

RESUMEN

El tránsito en la ciudad de Guatemala, aumenta cada vez más debido a la sobrepoblación del casco urbano así como por la cantidad de vehículos que ingresan a la ciudad proveniente de los distintos municipios y viceversa, unido a ello el aumento notable de vehículos en los distintos municipios que componen el departamento de Guatemala.

Estos problemas de congestión se dan con frecuencia en las intersecciones de calles o calzadas principales y/o secundarias, razón por la cual la Municipalidad de Guatemala ha tomado una serie de medidas y modificaciones viales encaminadas a la solución de dicho problema, mediante señalización, ampliación y remodelación de algunas de estas intersecciones.

El presente trabajo de graduación analiza y sugiere la solución para el problema del congestionamiento vehicular que se genera en la intersección de la 14 avenida, zona 11 y calzada Roosevelt.

Dicha 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.

OBJETIVOS

General

Realizar estudio y planificación para ubicación estratégica de puente vehicular en 14 avenida y calzada Roosevelt, ciudad de Guatemala, para facilitar locomoción.

Específicos

1. Detectar las principales razones de congestionamiento en la intersección bajo estudio.
2. Proponer soluciones tendientes a descongestionar la intersección estudiada, considerando las características generales, capacidad de calle y calzada analizada.
3. Despertar el interés de las autoridades encargadas de desarrollar proyectos viales en el municipio de Guatemala.
4. Generar la oportunidad de distribuir en mejor manera el tránsito que circula por este sector.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene la planificación de un puente vehicular (paso a desnivel), para el reordenamiento vehicular, ubicado en la catorce avenida y calzada Roosevelt, zona 11, de la ciudad de Guatemala; con el fin de descongestionar el tráfico provocado por la mala programación de los semáforos en dicha ubicación y por el volumen de automóviles que transitan en la misma.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes del ordenamiento territorial; cómo en los últimos años, el área metropolitana guatemalteca ha crecido sin control, extendiéndose a municipios vecinos. Este crecimiento ha llevado a la población a adquirir vehículos para movilizarse, conducirse de sus hogares al lugar donde laboran y viceversa. Debido a esta masiva adquisición de automotores, las vías de acceso a la capital se congestionan y no se dan abasto. Se provee la ubicación del proyecto, así como una descripción de las áreas adyacentes al mismo.

En el segundo capítulo se muestra parte del reglamento de evaluación de impacto vial para el municipio de Guatemala, sus alcances y los requisitos para realizar las evaluaciones; también se plantean los problemas ambientales que ocasionará la construcción del proyecto, así como la forma de mitigar dichos problemas y finalmente se hace mención de artículos correspondientes al Código Municipal, Decreto 12-2002, que se enfoca en el desarrollo de los municipios.

En el tercer capítulo se plasman conceptos de ingeniería de tránsito, cómo influye el automóvil, el peatón, el conductor, el volumen de tránsito, la velocidad y el corredor urbano. También se incluyen las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes, el control de materiales que se tiene que realizar, el equipo de construcción que se debe emplear y las consideraciones sobre el pavimento asfáltico a emplear en el proyecto.

En el cuarto capítulo se especifica cómo se irá desarrollando el proyecto paso a paso, desde el inicio, con el replanteo y levantamiento topográfico, la señalización y mantenimiento durante el mismo; el movimiento de tierras a realizar, concreto y acero estructural, hasta el sistema de drenaje del puente vehicular y las obras complementarias. Asimismo se implementa el uso del programa Microsoft Project para hacer la programación y planeación de este.

En el quinto capítulo se hace el contraste de la situación que se vive sin la implementación del paso a desnivel y la que se tendría con el mismo, enfatizando en los avances y logros alcanzados con este.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de dicho trabajo de graduación que muestran por qué este proyecto disminuiría la problemática que se vive actualmente en la 14 avenida y calzada Roosevelt zona 11, así como la bibliografía consultada para la elaboración del trabajo.

1. ANTECEDENTES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

1.1. Reseña histórica

La ciudad de Guatemala fue fundada en el Valle de la Ermita en 1775. En el primer censo realizado en 1778 se registraron 11 000 habitantes, aproximadamente la mitad de la población asentada en Santiago de Los Caballeros de Guatemala, hoy conocida como Antigua Guatemala.

El valle está asentado en un área donde actúan distintas fallas geológicas, y es afectado predominantemente por un viento norte, procedente del océano Atlántico y un viento del sur, procedente del océano Pacífico.

El clima, se considera templado húmedo y sin cambios bruscos en sus estaciones.

1.1.1. Ampliación de la ciudad

Las áreas de terreno plano del valle han sido ocupadas casi en su totalidad por edificaciones, por lo cual la ciudad se ha extendido fuera de los límites del municipio, creciendo en forma radial y a lo largo de los ejes de circulación principales: las carreteras CA1 (eje formado por la Carretera Interamericana, calzada Roosevelt, Boulevard Liberación, Los Próceres, carretera a El Salvador) y CA9 (eje formado por la carretera al Atlántico, calle Martí, avenida Bolívar, calzada Aguilar Batres, carretera al Pacífico).

Este crecimiento desordenado de la ciudad de Guatemala se ha acentuado por las diversas migraciones y la concentración del sistema productivo del país en la capital, dando lugar a que la ciudad se vea afectada por los siguientes factores:

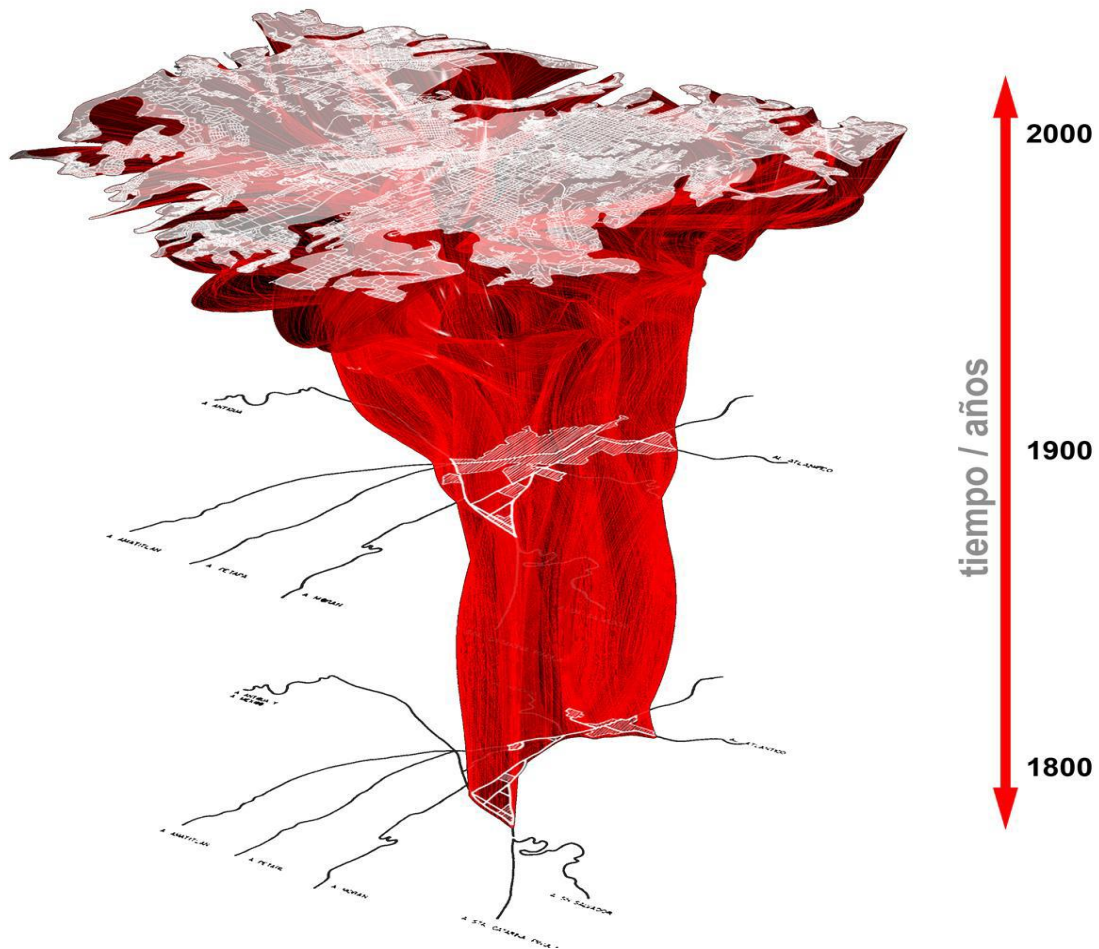
- Debilitación y contaminación de los recursos naturales, tales como el agua y los mantos freáticos, cada vez más profundos e inaccesibles.
- Contaminación ambiental por industrias y comercios, así como por asentamientos que carecen de los servicios básicos.
- Erosión en terrenos a orillas de barrancos, debido a la precipitación pluvial.
- Tala desmedida de árboles y construcción no reglamentada, que reducen la capa de área de cubierta vegetal, provocando menos oxígeno y más contaminación.

El proceso de centralismo y del crecimiento poblacional de la ciudad de Guatemala, ha sido ampliamente documentado por diversos autores. Existe coincidencia sobre el aumento en la escala del desarrollo urbano en los últimos años y los efectos negativos que un crecimiento desordenado produce.

Para el 2000, el área metropolitana de Guatemala tenía una extensión entre 22 500 y 35 000 hectáreas, y en los últimos trece años se ha producido más suelo urbano que en los 218 años de ocupación urbana desde la fundación de la ciudad, siguiendo el crecimiento espacial a un ritmo proyectado del 4.4% anual.

Las estimaciones indican que la mancha urbana de la ciudad se duplicará para el 2020 si el ritmo de crecimiento espacial continúa al ritmo actual. Eso quiere decir que el área urbanizada y funcionalmente ligada al área metropolitana comenzaría aproximadamente a partir del kilómetro 40 en poblados como Ciudad Vieja, Sumpango, Palín y Palencia.

Figura 1. **La morfología urbana de la ciudad de Guatemala; crecimiento vertiginoso de la mancha urbana de la ciudad de Guatemala desde 1800**



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

1.1.2. Densidad de población

Es importante tener en cuenta el crecimiento de la población de Guatemala para poder establecer parámetros en cuanto a la necesidad de movilización dentro de la metrópoli.

Tabla I. **Proyección de la población de la República de Guatemala al 2012**

	República	Ciudad capital
Año	Habitantes	Habitantes
2000	11 385,337	2 637,070
2001	11 681,474	2 715,360
2002	11 237,196	2 799,537
2010	14 631,113	3 577,440
2012	14 834,265	3 945,789

Fuente: elaboración propia.

El crecimiento de la ciudad se expandió en los años 80`s hacia los municipios de Mixco, Villanueva, San Miguel Petapa y Santa Catarina Pínula.

En los años 90`s se densifica el crecimiento de estos municipios y se expande hacia municipios aledaños como: Amatitlán, Villa Canales, San José Pínula, Fraijanes, San Pedro Sacatepéquez, San Raimundo, Chinautla, San Pedro Ayampuc y Palencia.

1.1.2.1. Tránsito actual por día

En los últimos años, especialmente a partir de los años 90`s, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado, sobre todo en la ciudad, mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales.

La congestión de tránsito se ha transformado en un flagelo de particular severidad, que se manifiesta tanto en los países industrializados como también en los que están en desarrollo, en este caso Guatemala. Afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo y acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. Preocupante es que esta expresión de los tiempos actuales se haya ido acentuando, sin tener visión de alcanzar un cierto límite, transformándose en una pesadilla que amenaza la calidad de vida humana.

Las últimas décadas han visto un aumento explosivo de la cantidad de vehículos en el país, fruto de diversos factores, como el aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de ingresos medios, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta y una mayor oferta de vehículos usados.

La creciente disponibilidad de automóviles ha permitido una mayor movilidad individual, que sumada al crecimiento de la población, la menor cantidad de habitantes por hogar y la escasa aplicación de políticas estructurales de transporte urbano, ha potenciado la congestión. Aunque la mayor movilidad individual facilitada por el automóvil pueda considerarse positiva, tiene como contrapartida un uso más intensivo del espacio destinado a la circulación.

La consecuencia más evidente de la congestión es el incremento de los tiempos de viaje, especialmente a las horas pico. Además, la lentitud de desplazamiento exacerba los ánimos y fomenta el comportamiento agresivo de los conductores. En la intersección entre la 12 y 14 avenida de la zona 11 del área metropolitana, para poder desplazarse a la zona 7 y viceversa, existe únicamente un semáforo de ida y dos para retorno, y uno de estos lo habilitan hasta altas horas de la noche, los otros necesitan una reprogramación de tiempos para permitir el paso.

Por otro lado ante la desesperación que se produce en las horas pico en esta ubicación se han generado choques y atropellado peatones por la imprudencia y desesperación de las personas de llegar a su destino, como consecuencia y efectos, se han perdido valiosas vidas.

A continuación se enumera una de las clasificaciones con las cuales el diseñador puede auxiliarse para tomar en cuenta todos los vehículos que transitan por las carreteras, calles, calzadas y avenidas de la República de Guatemala.

1.1.2.1.1. Tránsito pesado

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.

La municipalidad de Guatemala no cuenta con el dato exacto de vehículos en esta categoría, que transitan en la intersección donde se planea ejecutar el proyecto.

1.1.2.1.2. Tránsito mediano

Incluye 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.

La Municipalidad de Guatemala no cuenta con el dato exacto de vehículos en esta categoría, que transitan en la intersección donde se planea ejecutar el proyecto.

1.1.2.1.3. Tránsito liviano

En esta clasificación están incluidos aquellos vehículos livianos, automóviles, *pick-ups*, paneles, incluyendo algún otro camión de dos ejes sencillos, con dos llantas en cada eje, haciendo 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 repeticiones de los vehículos livianos no tienen efecto alguno para el diseño de un pavimento.

La Municipalidad de Guatemala no cuenta con el dato exacto de vehículos en esta categoría, que transitan en la intersección donde se planea ejecutar el proyecto. Únicamente se cuenta con el dato de la cantidad total de vehículos, 51 640, incluyendo tránsito pesado, mediano y liviano.

1.1.3. Vías de acceso

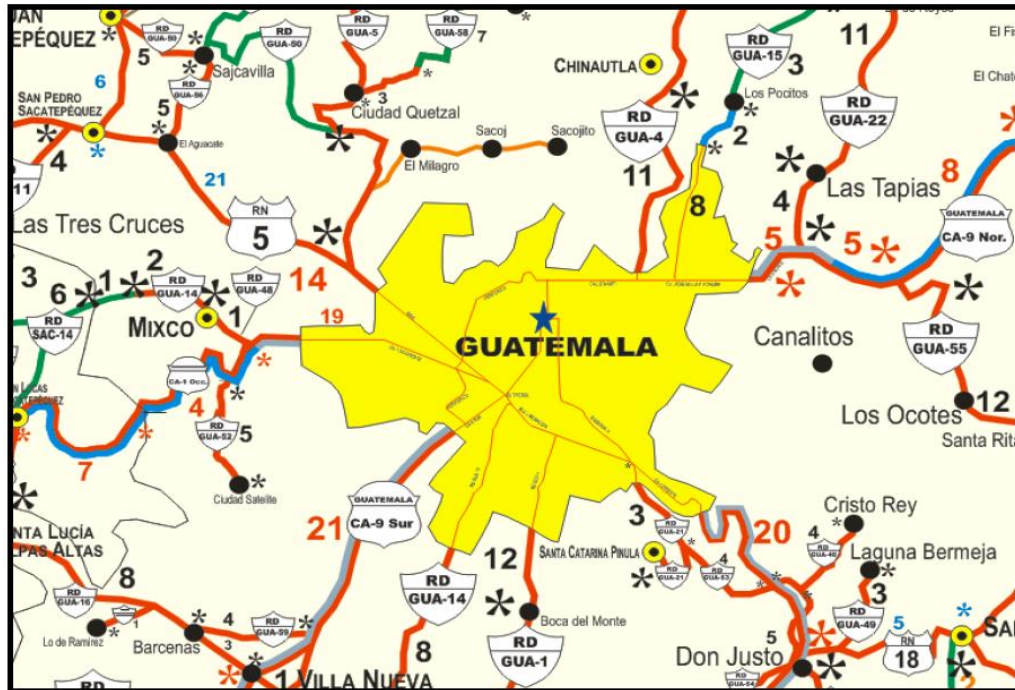
La ciudad de Guatemala cuenta con múltiples vías de acceso, las cuales se detallan en la siguiente tabla así, como se muestra en el mapa:

Tabla II. **Rutas de acceso a la ciudad capital, registradas dentro de la red vial de la DGC**

Ruta	Tramo
RD GUA-4	Bif. CA-9 NORTE – JOCOTALES – CHINAUTLA – SAN RAIMUNDO
RD GUA-15	Bif. CA-9 NORTE – LOS POCITOS – LOS ENCUENTROS – SAN PEDRO AYAMPUC
CA-9 NORTE	Punto Inicial KM. 0+000 FRENTE AL PALACIO NACIONAL – IGLESIA LA PARROQUIA – PTE. BELICE – PTE. RODRIGUITOS – PUERTO BARRIOS
CA-1 ORIENTE	Punto Inicial KM. 0+000 FRENTE AL PALACIO NACIONAL – SAN CRISTOBAL (FRONTERA)
RD GUA-21	CA-1 ORIENTE – SANTA CATARIA PINULA
RD GUA-1	GUAT. BIF. CA-1 OR. – BOCA DEL MONTE – VILLA CANALES – CIRCUNVECINO LAGO DE AMATITLAN – CA-9 SUR
RD GUA-14	CA-1 ORIENTE – CIUDAD REAL – SAN MIGUEL PETAPA
CA-9 SUR	Punto Inicial 000+000 establecido en la puerta principal del PALACIO NACIONAL DE GUATEMALA, utilizando la ruta de la sexta calle frente al Palacion Nacional y continuando hasta la cuarta avenida doblando a la izquierda hasta la veintiuna calle. Doblando a la derecha, se continuó hasta la primera avenida curzando nuevamente hacia la izquierda con un rumbo a la Avenida Bolívar en la zona numero uno. Cruzando hacia la derecha sobre la Avenida Bolívar, se continuó rumbo al sur hasta el Puente El Trébol, cuyo punto medio se fijó la Estación 4+600.
CA-1 OCCIDENTE	Punto inicial 00.000 frente al Palacio Nacional hasta llegar al Puente “El Trébol” con Estación 4+600. Antes de llegar al Puente El Trébol, se tomó el desvío de la Avenida Bolívar hacia la CA-1 Occidente o Calzada Roosevelt donde se encuentra el paso a desnivel de la zona 8 a la zona 3 identificado como el puente No. 1 y Estación: 4+552. Luego, el punto inicial para la Ruta se localizó bajo el Puente El Trébol con Estación: 5+315.
RN 5	BIF. CA-1 OCC. – GUATEMALA – SAN JUAN SACATEPEQUEZ – BIFURCACIÓN SAN RAYMUNDO.

Fuente: Dirección General de Caminos D.G.C.

Figura 2. Vías de acceso a la ciudad de Guatemala



Fuente: Dirección General de Caminos D.G.C.

1.2. Construcción de calzadas, calles y avenidas

El sistema vial de la ciudad de Guatemala, está jerarquizado de la siguiente forma:

- Arteria principal: son las vías principales que sirven para las salida y entrada a la ciudad de una forma más directa, tratando de trasladarse dentro de la ciudad sin ningún problema, evitando de esta manera cruzarlas. Estas cuentan por lo general con 4 carriles, y en algunos casos divididas por un camellón central.

- Arteria colectiva: son las vías secundarias cuya función principal es recibir el tráfico que proviene de las principales, y trasladarlo por medio de ellas, para posteriormente distribuirlo dentro de toda la ciudad, algunas cuentan con cuatro carriles divididos, pero la mayoría son de dos carriles que tienen un ancho de 9 metros o más cada uno, las cuales en gran parte de los casos se utilizan como un sistema de una sola vía.
- Arteria distribuidora: son vías que permiten la distribución de tráfico por la ciudad, retomando las vías principales como colectoras, haciendo llegar a su destino final a todos los que la circulan, consta de 2 carriles, de una o dos vías, en su mayoría, aunque en algunos sectores cuentan con un solo carril.

En la ciudad de Guatemala, la cantidad de vehículos crece constantemente, cada año aumenta el parque vehicular un promedio de 7.8%; esto implica que el tránsito aumenta considerablemente y el número de vías no crece simultáneamente, provocando el deterioro del sistema.

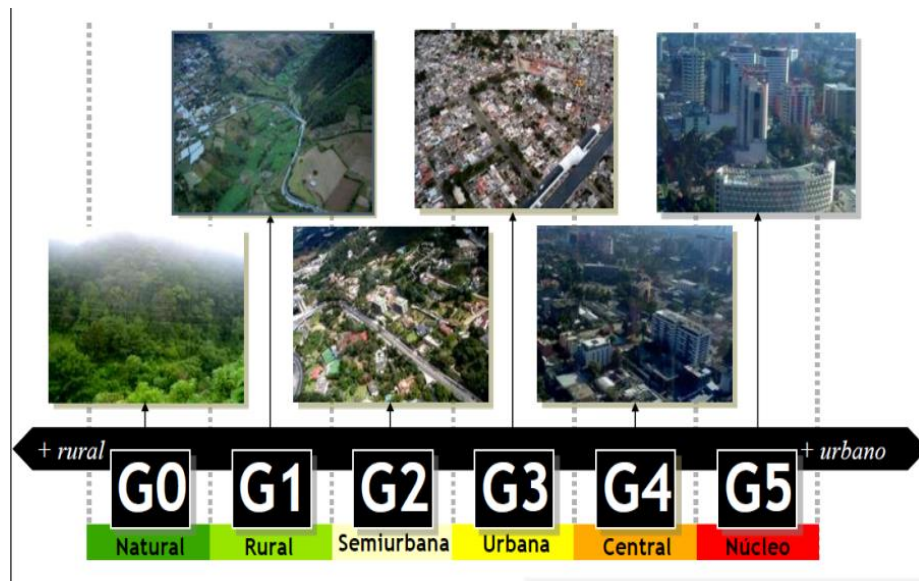
La máxima concentración de tránsito vehicular se da en el área de “El Trébol”, en el cual se encuentran 2 de las principales vías radiales de la ciudad, en dicho punto circulan diariamente alrededor de 110 000 vehículos, circulando en sus horas pico alrededor de 9 000 automóviles. La mayoría de las vías han alcanzado su máxima capacidad de soporte y la falta de conexiones entre oriente y poniente provoca un gran congestionamiento en la mayoría de vías radiales y el periférico. Por tal razón se hace necesaria la creación de nuevas vías, y mejorar la administración del tránsito, así como apoyar la creación de otro sistema de transporte masivo que pueda ser alternativo al transporte urbano y extraurbano, que tanto necesita la ciudad.

1.3. Plan de Ordenamiento Territorial (POT)

El POT es un cuerpo normativo básico de planificación y regulación urbana conformado por normas técnicas, legales y administrativas que la Municipalidad de Guatemala establece para regular y orientar el desarrollo de su territorio.

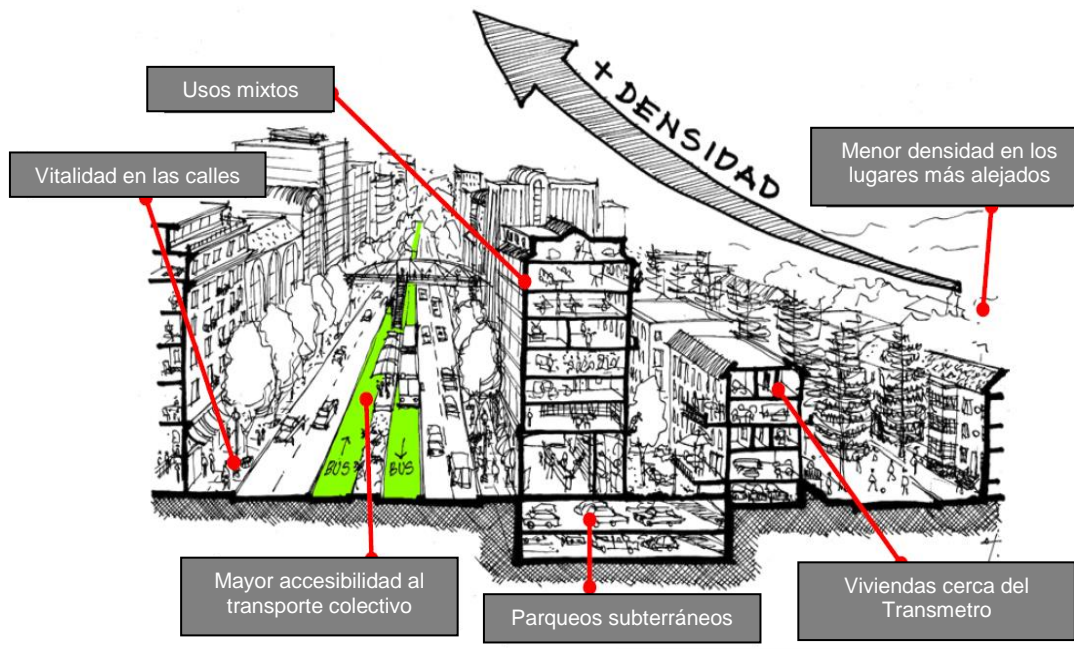
El POT se basa en la categorización del territorio en zonas generales que van de lo rural a lo urbano, tomando en consideración la oferta de transporte para determinar las intensidades de construcción y reduciendo la misma en zonas ambientalmente valiosas y de alto riesgo.

Figura 3. Zonas generales del POT



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

Figura 4. **Densidad de vivienda según zonas G**



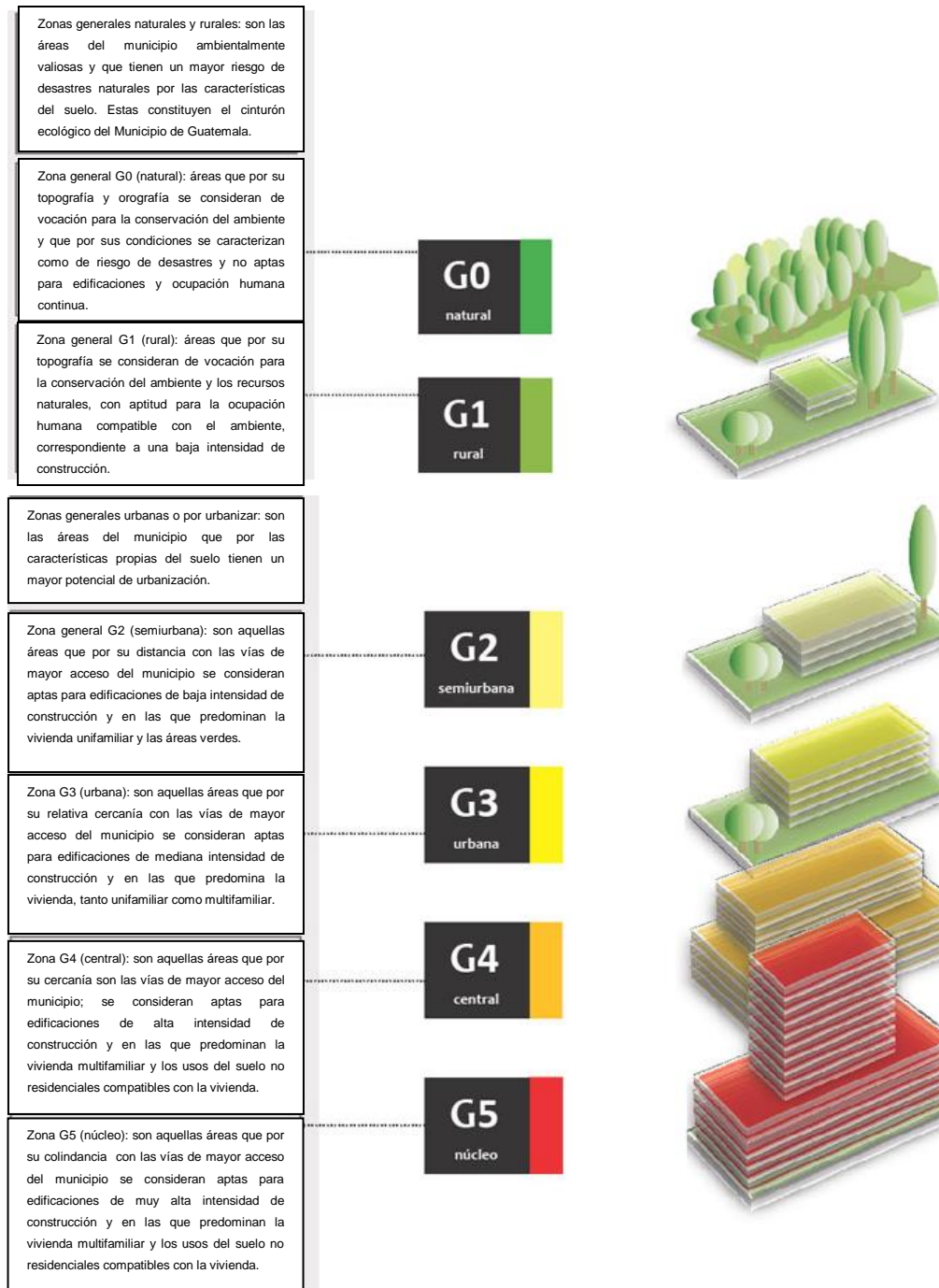
Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

1.3.1. **Caracterización territorial en zonas generales**

El POT categoriza el territorio del municipio de Guatemala en 6 zonas generales, según las características de sus áreas naturales y rurales, así como las de sus áreas urbanas y aquellas por urbanizar.

Las zonas generales determinan los parámetros normativos aplicables dentro de un predio, que inciden en la construcción y en el uso del suelo, así como los procedimientos que deben seguirse para poder adquirir una autorización municipal.

Figura 5. Caracterización de zonas generales del POT

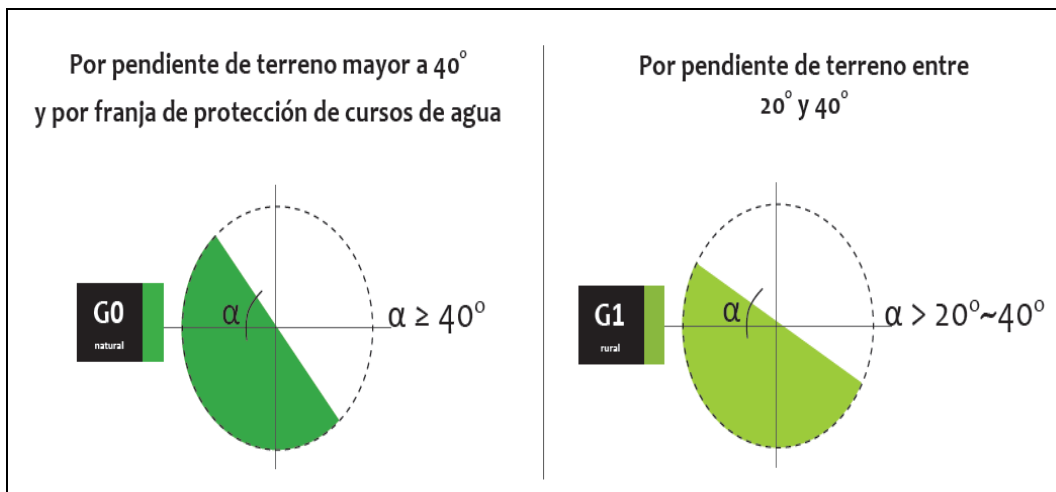


Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

1.3.2. Criterios para la asignación de zonas generales

Para asignar las zonas generales G0 y G1 se toman en cuenta las pendientes del terreno y las franjas de protección de ríos, riachuelos o quebradas.

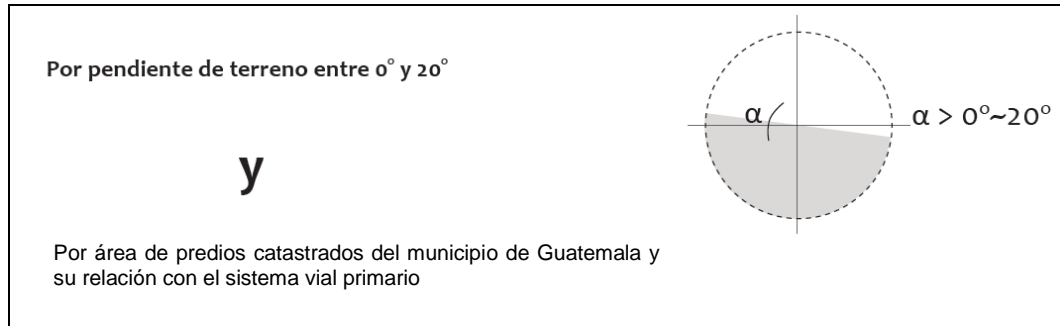
Figura 6. Pendiente de terreno G0 y G1



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

Para asignar el resto de zonas G se toman en cuenta las pendientes de terreno comprendidas entre los 0° y 20°, el área de los predios catastrados y su relación con el sistema vial primario del POT.

Figura 7. **Pendiente de terreno G2-G5**



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

Figura 8. **Zonas generales G0- G5**

<p>G0 natural</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vocación natural • No permitida la ocupación humana continua
<p>G1 rural</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vocación rural • Edificios de 4* pisos • 70% de área verde

* 1 piso = 4m de altura

Continuación de la figura 8.

<p>G2 semiurbana</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Edificios de aprox. 4* pisos• 40% de área verde• Uso no residencial – 100 m²
<p>G3 urbana</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Edificios de aprox. 4* pisos• 10% de área verde• Uso no residencial – 250 m²
<p>* 1 piso = 4m de altura</p>	
<p>G4 central</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Edificios de aprox. 8* pisos• Ocupación total del promedio• Uso no residencial – 1500 m²
<p>G5 núcleo</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Edificios de aprox. 16* pisos• Ocupación total del promedio• Uso no residencial libre
<p>* 1 piso = 4m de altura</p>	

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

1.3.3. Parámetros normativos para la zona general urbana G5

Para poder alcanzar los objetivos buscados por el POT, se definen parámetros normativos para cada una de las zonas generales que se disponen en tablas, para un manejo fácil y sencillo.

Las tablas de parámetros normativos poseen cuatro columnas que contienen los distintos procedimientos a los que se podría optar para poder obtener una autorización municipal, de acuerdo con los distintos parámetros que un proyecto solicite:

- Parámetros normativos: aspectos técnicos establecidos para normar el fraccionamiento, la realización de obras y uso del suelo en predios.
- Tablas de parámetros normativos: son las herramientas establecidas para saber de forma rápida y certera qué proyecto se puede realizar en el predio inmueble.
- Parámetro de proyecto: dimensión y magnitud específica que tiene cada parámetro normativo en un proyecto específico.
- Procedimientos: pasos con los que se debe cumplir para obtener una licencia municipal.
- (DCT): procedimiento ante la Dirección de Control Territorial, también conocido como Procedimiento Directo.
- (JOT): procedimiento ante la Junta de Ordenamiento Territorial.

- (JOT+VEC): procedimiento ante la Junta de Ordenamiento Territorial con opinión vinculante de los vecinos.
- (JOT+VEC+COM): procedimiento ante el Consejo Municipal y la Junta de Ordenamiento Territorial, con opinión no vinculante de vecinos.
- Ciclo de transformación del territorio: momentos distintos en los que se actúa sobre el territorio. Se trata del fraccionamiento de bienes inmuebles, la realización de obras y el cambio de uso del suelo.
- Fraccionamiento: acción y efecto de desmembrar un predio o inmueble.
- Obra: cualquier acción que altere las características funcionales, ambientales, estructurales o de seguridad de un predio.
- Uso del suelo: empleo habitual de la totalidad o de una porción de la superficie de un predio, de un inmueble, de una edificación o de una estructura.
- Opinión de los vecinos: es aquella opinión que se extiende de forma individual y separada por las juntas directivas de los comités únicos de barrio (CUB) del área donde se localiza el predio y por los propietarios de inmuebles directamente colindantes al mismo.

Figura 9. Parámetros generales de las zonas del POT

G5 NÚCLEO		PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL					
		PARÁMETROS		PROCEDIMIENTOS			
		Descripción	Unidad	(A) DCT	(B) JOT	(C) JOT+VEC	
FRACCIONAMIENTO							
e	Frente de predios		m	21~	6~<21		
	Superficie efectiva de predios		m ²	600~	450~<600		
OBRAS							
f	Índice de edificabilidad		Base	Relación	~ 6,0		
			Ampliado	Relación	> 6,0~9,0		
	Altura <small>(predominan restricciones de aeronáutica)</small>		Base	m	~ 64	> 6,0~96	
			Ampliado	m	> 6,0~96	> 96	
	Porcentaje de permeabilidad			%	0 %		
	BLOQUE INFERIOR	h 16m	Separaciones a colindancias		m	0 ~	
			Lado mínimo de patios y pozos de luz		Relación (h=altura)	1/4 n ~	
BLOQUE SUPERIOR	h>10 m	Separación de colindancias		m	5 n ~	< 5	
		Lado mínimo de patios y pozos de luz.		Relación (h=altura)	1/8 n ~		
USO DEL SUELO							
g	Natural		m ²	0 ~			
	Rural		m ²	0 ~			
	Residencial		m ²	0 ~			
	Mixto (al cumplirse este % se obvia el parámetro normativo de usos no residenciales con actividades ordinarias)		% residencial	25%			
	no residencial	con actividades	Ordinarias		m ²	0 ~	
			Condicionadas		m ²		0 ~
			Condicionadas II		m ²		
Condicionadas III			m ²			0 ~	
SIMBOLOGÍA		~ x; desde "0" hasta "x"					

A su vez, las tablas de parámetros normativos contienen tres apartados básicos relacionados con los distintos ciclos de transformación del territorio:

e FRACCIONAMIENTO • **f** OBRA • **g** USO DEL SUELO

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

Tabla III. Esquema de parámetros normativos, zona general G5

G5 NÚCLEO		PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL				
		PARÁMETROS		PROCEDIMIENTOS		
		Descripción	Unidad	DCT	JOT+VEC+COM	
					JOT	JOT+VEC
FRACCIONAMIENTO						
Frente de predios		m	21~	6~<21		
Superficie efectiva de predios		m ²	600~	450~<600		
OBRAS						
Índice de edificabilidad		Base	Relación	~ 6,0		
		Ampliado	Relación	> 6,0~9,0		
Altura <small>(predominan restricciones de aeronáutica)</small>		Base	m	~ 64	> 6,0~96	
		Ampliado	m	> 6,0~96	> 96	
Porcentaje de permeabilidad			%	0 %		
BLOQUE INFERIOR	h 16m	Separaciones a colindancias		m	0 ~	
		Lado mínimo de patios y pozos de luz		Relación (h=altura)	1/4 n ~	
BLOQUE SUPERIOR	h>10 m	Separación de colindancias		m	5 n ~ < 5	
		Lado mínimo de patios y pozos de luz.		Relación (h=altura)	1/8 n ~	
USO DEL SUELO						
Natural			m ²	0 ~		
Rural			m ²	0 ~		
Residencial			m ²	0 ~		
Mixto (al cumplirse este % se obvia el parámetro normativo de usos no residenciales con actividades ordinarias)			% residencial	25%		
no residencial	con actividades	Ordinarias		m ²	0 ~	
		Condicionadas		m ²	0 ~	
		Condicionadas II		m ²		0 ~
		Condicionadas III		m ²		0 ~
SIMBOLOGÍA		~ x; desde "0" hasta "x"				

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial. Dirección de Planificación Urbana, Municipalidad de Guatemala.

1.4. Caracterización ambiental del área del proyecto

- **Relieve:** el área en estudio está asentada en un terreno de relieve con pendiente variada, que oscila entre el 0 al 20% de pendiente, que proporciona características adecuadas para el uso urbano y residencial.
- **Temperatura:** por estar la ciudad capital ubicada en la región central de la República de Guatemala, tiene ciertas características que la diferencian de otras regiones en lo referente al clima, tales como: que en los meses de diciembre, enero y febrero el clima es frío, mientras que en los meses de marzo, abril y parte de mayo son cálidos y con oscilaciones los demás meses del año, que son provocadas por los cambios climáticos. La temperatura del sector de la zona 11 de la ciudad de Guatemala, se ha considerado tomando como base la temperatura promedio de los años 1990 a 2003, dando como resultado que la temperatura anual es la siguiente: temperatura media es de 19.4°C y la mínima es de 15.3°C.
- **Precipitación pluvial:** la precipitación pluvial correspondiente a la ciudad de Guatemala que interviene directamente en la zona 11, es de 1179.9 mililitros anuales; hay meses donde la lluvia es fuerte y la cantidad que cae es importante para cualquier situación que presenta la zona; estos meses son julio y septiembre con una precipitación pluvial de 253.3 y 233.1 mililitros por mes, respectivamente.
- **Geomorfología:** la conformación del área a desarrollar ha sido el resultado de deformaciones causadas por agentes naturales, de meteorización y erosión sobre depósitos volcánicos, sedimentos y rocas profundas.

En el área se distinguen cuatro unidades hidrogeológicas; depósitos volcánicos, sedimentos fluviolacustres, lavas volcánicas y calizas. En la región predominan las rocas volcánicas sin dividir, incluyendo tolvas, coladas de lava, sedimentos volcánicos. El material lahárico puede darse por periodos de lluvias intensas.

1.4.1. Localización

El área en donde se desea implementar el puente vehicular (paso a desnivel), se encuentra dentro del área metropolitana guatemalteca, en la intersección de la calzada Roosevelt, 14 avenida de la zona 11 y 10 avenida de la zona 7, lugar en el que, debido a la cantidad de vehículos que circulan, se generan tediosas aglomeraciones que se acentúan a las horas pico.

Figura 10. Intersección calzada Roosevelt y 14 avenida zona 11



Fuente: Google Earth. Consulta: 13 de febrero de 2013.

1.4.2. Áreas adyacentes

Las áreas que se beneficiaran con el proyecto son la colonia Roosevelt zona 11 y la colonia Quinta Samayoa zona 7 de la ciudad de Guatemala, que están ubicadas perpendicularmente a la calzada Roosevelt, la cual también se verá afectada debido a que por debajo de esta se localizará el paso a desnivel.

1.4.2.1. Asfalto

Por medio de la observación se pudo determinar que las calles y avenidas del sector se constituyen de pavimento asfáltico; dicho material se aplica con rapidez y se ha mantenido con una buena función transitoria, dado que en el sector no circula tráfico denso y los pocos automotores pesados no representan un factor de deterioro para la capa asfáltica. En la calzada Roosevelt se observa un movimiento de vehículos a alta velocidad; a pesar de esto la capa asfáltica se mantiene en buen estado, por lo que los vehículos se desplazan sin complicaciones y con fluidez.

1.4.2.2. Área semaforizada

La función primordial de los sistemas de control de tráfico mediante semáforos es la dosificación del tráfico vehicular y peatonal, cuando se intersecan dos o más vías de circulación para proveer una adecuada interacción entre los usuarios. Los semáforos que regulan el tráfico en la calzada Roosevelt, aledaños a la colonia Roosevelt son dos; uno que se encuentra en la 14 avenida y otro en la 12 avenida; el primero permite el desplazamiento de la zona 11 a la zona 7 y a la calzada Roosevelt y el segundo permite el desplazamiento de la calzada San Juan a la calzada Roosevelt y zona 11.

1.4.2.3. Área de parqueo

El área de parqueo se conoce como el espacio físico donde se deja el vehículo por un tiempo indeterminado cualquiera.

En las áreas aledañas se permite estacionar en las calles y avenidas, siempre y cuando no exista señalización que lo prohíba, así como en las esquinas que se encuentran marcadas con una línea roja, debido a que se multa al conductor si este lo hace.

Sobre la calzada Roosevelt se encuentran comercios, de los cuales, solamente una porción cuenta con espacio para parqueo, por otro lado, otros comercios no cuentan con estacionamiento y está prohibido parquear sobre la misma, esto es debido a que en el lugar transita transporte público y el tráfico vehicular, lo que ocasionaría aglomeraciones y tránsito lento en el lugar.

1.4.2.4. Paradas de transporte urbano

Cercanas al lugar del proyecto se encuentran dos paradas de buses urbanos; la primera en la 17 avenida, ubicada al lado de la distribuidora de vehículos Hyundai y la segunda, en la 12 avenida, ubicada pocos metros antes de llegar al semáforo, que permite el desplazamiento de la calzada San Juan a la zona 11.

Del lado de la zona 7 se encuentran, al igual que en zona 11, dos paradas de transporte urbano. La primera en la 8 avenida de la zona 7, la cual genera aglomeración debido a que también allí se detienen los autobuses del transporte extraurbano; la segunda, se encuentra pocos metros antes de llegar a la 12 avenida de la zona 7, enfrente de la distribuidora de camiones Hino.

1.4.2.5. Tipo de uso del suelo

Los suelos se clasifican en:

- Urbanos: son los que están delimitados, y cuentan con una planificación, ordenación y con modelos territoriales sectorizados.
- Urbanizables: son susceptibles de ser urbanos cuando el crecimiento y expansión lo determinen.
- No urbanizables: son los suelos que no tienen expectativas de evolución, hacia los espacios cívicos.

El área en la que se desea realizar el proyecto se encuentra dentro de la clasificación de suelos urbanos y estos a su vez se desglosan en:

- Comercial: es el suelo que está destinado a que se realicen actividades socioeconómicas que consisten en el intercambio de algunos materiales que sean libres en el mercado de compra y venta de bienes y servicios, sea para su uso, venta o transformación. A lo largo de la calzada Roosevelt, se puede observar que se encuentra cubierta por comercios de diferente índole, siendo esta un área muy conocida por las transacciones de bienes que a diario se realizan.
- Residencial: en el interior de las zonas 11 y 7, también se encuentran comercios, pero no es tan notorio como en la calzada Roosevelt. En dichas zonas, el suelo se caracteriza por darle un uso de carácter residencial, es decir en donde se localizan lugares destinados a ser habitados por personas como domicilio.

1.4.2.6. Colectores pluviales

El buen funcionamiento del sistema de desagües de la capital, incluyendo la zona 11 y la zona 7, permite una pronta evacuación de las aguas pluviales de manera eficiente.

Esta eficiencia responde a un programa preestablecido y cuya ejecución se efectúa durante el curso del año. Con ello se ha logrado reducir al mínimo las demandas de servicios de emergencia por parte de los vecinos, quienes en ocasiones deben esperar unos minutos a que se regularice la precipitación de agua, para que la misma sea absorbida por el sistema de tragantes del lugar.

Este proceso de captación y absorción, requiere de diferentes períodos, ya que la captación del agua de superficie depende de la topografía del terreno, así como del buen uso que hagan los vecinos de los tragantes.

2. REGLAMENTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y AMBIENTAL

2.1. Reglamento específico de evaluaciones de impacto vial para el municipio de Guatemala (RE-10)

La función de este es proveer a los habitantes del municipio las condiciones propicias para elevar su calidad de vida y que la movilidad urbana, sea prestada de manera eficiente y segura.

Tomando en cuenta que los proyectos de edificación, construcción y cambio de uso dentro y fuera de la vía pública impactan necesariamente sobre las condiciones del tránsito de las áreas circunvecinas, al generar y atraer viajes en distintos modos de transporte y que dichos impactos negativos usualmente no son internalizados por los causantes de los mismos, sino son cargados a los vecinos por igual, aunque estos últimos no los hayan causado directamente.

La municipalidad de Guatemala tiene a su cargo la administración de tránsito en su jurisdicción y que legalmente puede emitir regulaciones que afecten con exclusividad a su territorio municipal, asimismo el Reglamento General de Construcción (RG-1) establece la obligatoriedad de presentación o elaboración de una evaluación de impacto vial para proyectos de edificaciones de acuerdo con los requerimientos del Departamento de Planificación y Diseño de la Dirección de Infraestructura.

Debido a que el reglamento específico de localización de establecimientos abiertos al público (RE-8) establece que uno de los factores de impacto a considerar en el análisis de localización de establecimientos abiertos al público es el tráfico ocasionado por estos establecimientos, sin que se hayan establecido los parámetros para efectuar dicho análisis, por lo que con base en las leyes establecidas en el país se emitió este reglamento.

2.1.1. Disposiciones generales

El objeto del presente reglamento es normar los proyectos de construcción, remodelación o cambio de uso en inmuebles colindantes y dentro de la vía pública que estén afectos a evaluaciones de impacto vial.

La entidad encargada de realizar las evaluaciones de impacto vial es el Departamento de Planificación y Diseño de la Dirección de Infraestructura de la municipalidad de Guatemala, o el que haga sus veces, al cual en lo sucesivo se le denominará “el departamento”.

La junta directiva de la entidad metropolitana reguladora de transporte y tránsito (EMETRA) del municipio de Guatemala y sus áreas de influencia, en lo sucesivo denominada “la junta directiva”, tiene autoridad sobre “el departamento” y puede revocar sus decisiones conforme a lo establecido en el presente reglamento.

Este reglamento aplica a todos los proyectos de construcción, remodelación, ampliación, cambio de uso o localización de establecimientos abiertos al público en la jurisdicción del municipio, sean estos públicos o privados, y que usualmente no son utilizados como parte de la vía pública.

2.1.2. Tipos de evaluaciones y proyectos afectos

Dependiendo de las probables repercusiones de la magnitud y localización de un proyecto sobre las condiciones del tránsito, se establecen dos (2) tipos de evaluaciones de impacto vial.

- Revisión de impacto vial: constituye la escala menor de evaluación, donde a través de una revisión de planos se establece si potencialmente existirían impactos negativos al tránsito local.
- Estudio de impacto vial: constituye un tipo de evaluación con más detalle, donde a través de conteos vehiculares efectuados en la vía pública, datos proporcionados por el interesado y estimaciones profesionales, se establece si potencialmente existirían impactos negativos al tránsito local, usualmente utilizando aplicaciones informáticas especializadas.

Los objetivos de ambos tipos de evaluación son dos: efectuar recomendaciones que permitan garantizar la fluidez del tránsito y permitan hacer más segura la circulación para todos los usuarios de la vía pública. Los dictámenes y recomendaciones emanados de estas evaluaciones, obligatoriamente deberán ir encaminados hacia, al menos, uno de estos objetivos.

Los proyectos que requieren de evaluaciones de impacto vial son los siguientes:

- Los ubicados frente a vías públicas con AADT mayor o igual a treinta y cinco mil vehículos diarios (35 000 vpd).

- Los ubicados frente a vías públicas con AADT mayor o igual a quince mil vehículos diarios (15,000 vpd) pero menor a treinta y cinco mil vehículos diarios (35,000 vpd), los proyectos residenciales con un área de construcción mayor o igual a un mil doscientos cincuenta metros cuadrados (1,250 m²) y los proyectos no residenciales o mixtos con área útil mayor o igual a cincuenta metros cuadrados (50 m²).
- Los ubicados frente a vías públicas con AADT menor a quince mil vehículos diarios (15,000 vpd), los proyectos residenciales con un área de construcción mayor o igual a dos mil quinientos metros cuadrados (2,500m²) y los proyectos no residenciales o mixtos con área útil mayor o igual a cien metros cuadrados (100 m²).

De acuerdo con este reglamento, el proyecto de la construcción del puente vehicular, debería de contar con una evaluación de impacto vial, debido a que en esta vía pública transitan más de 50,000 vehículos a diario.

2.1.3. Contenido de las evaluaciones

“El departamento” establecerá qué información deberá presentar el interesado para realizar cualquiera de los dos tipos de evaluaciones de impacto vial.

Así también rechazará de oficio cualquier expediente que ingrese con información incompleta, contenga información incomprensible, o que incluya una falsa representación de las condiciones físicas de las vías del sector.

2.1.4. Resultados de las evaluaciones

Independientemente del tipo de evaluación de impacto vial realizada, “el departamento” podrá dictaminar de cuatro (4) maneras:

- Autorizado: el proyecto se autoriza tal y como fue presentado.
- Autorizado condicionado: el proyecto se autoriza, pero deberán realizarse cambios mínimos al diseño que no impliquen ostensibles modificaciones al diseño original presentado.
- Denegado condicionado a cambios internos: el proyecto no se puede autorizar por las razones expuestas en el dictamen, las cuales, si se quisiesen solventar, implicarían ostensibles cambios al diseño original presentado.
- Denegado condicionado a cambios internos y externos: el proyecto no se puede autorizar por las razones internas y externas al proyecto expuestas en el dictamen, las cuales, si se quisiesen solventar implicaría que el interesado realizara cambios tanto en el diseño dentro de su lote, como sobre la vía pública.

En los casos del ultimo inciso, “el departamento” presentará los resultados de la evaluación de impacto vial ante “la junta directiva” para su información. Se establecen los siguientes plazos para que “el departamento” dictamine:

- Para las revisiones de impacto vial: siete (7) días calendario
- Para los estudios de impacto vial: dieciocho (18) días calendario

Junto al dictamen, “el departamento” devolverá los planos sellados y firmados, que pueden incluir indicaciones gráficas para hacer más fácil la comprensión del primero; los planos sellados y firmados deberán considerarse parte integral del dictamen, pero este último prevalecerá en caso de discrepancia.

Si el interesado no está de acuerdo con el dictamen de “el departamento”, podrá solicitar que se reconsidere el caso. El mismo se elevará a “la junta directiva”, quien resolverá al respecto en un plazo de máximo de dos (2) semanas calendario.

2.1.5. Sanciones

El juez de asuntos municipales, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el código municipal, impondrá las multas que correspondan, cuando el interesado no cumpla con las disposiciones de este reglamento.

2.2. Estudio de impacto ambiental

Es un instrumento técnico-legal de carácter predictivo que sirve para identificar, comprender, conocer y gestionar los impactos ambientales del proyecto a realizar.

La normativa legal ambiental vigente en Guatemala establece que para cada proyecto que se desee implementar se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental, ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (Decreto 68-86).

Figura 11. **Impacto ambiental**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental. Consulta: 27 de noviembre de 2012.

2.2.1. ¿Qué es impacto ambiental?

Un impacto tiene componentes tanto espaciales como temporales y puede ser descrito como el cambio en un parámetro ambiental en un período específico y en un área definida, como resultado de una actividad particular, comparado con la situación que habría resultado si la actividad no se hubiera iniciado.

Según el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 23-2003, el Inciso i. y j. del artículo 3, reformado por el artículo 1, del Acuerdo Gubernativo No. 704-2003, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de la República de Guatemala, son importantes los conceptos siguientes:

- Impacto ambiental: cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocadas por acción del hombre o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

- Impacto ambiental potencial: efecto positivo o negativo latente que podría ocasionar un proyecto, obra, industria o actividad sobre el medio físico, biológico y humano. Puede ser preestablecido, de forma aproximativa, en virtud de la consideración de riesgo ambiental o bien de un proyecto, obra, industria o actividad similar que ya esté en operación.

2.2.2. Estudio de impacto ambiental estratégico

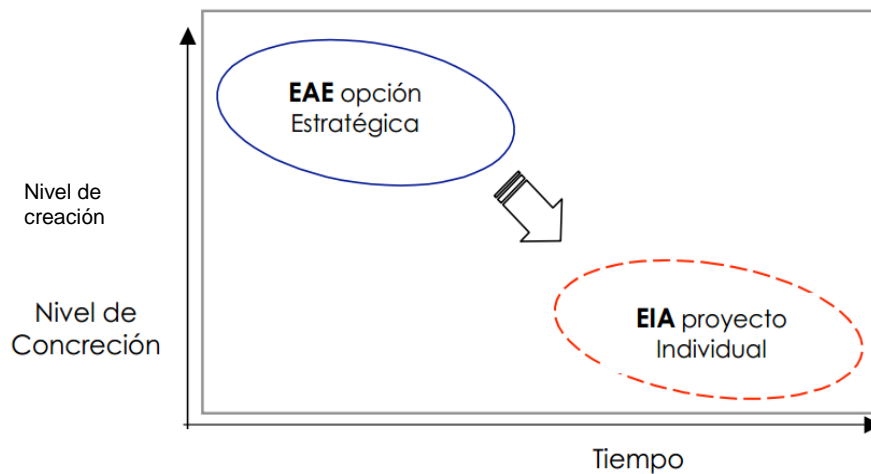
La evaluación ambiental estratégica (EAE), está surgiendo en el mundo como una forma distinta a la tradicional evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos.

Este término representa una forma para referirse al proceso formal y sistemático de incorporar consideraciones ambientales en el nivel de preproyecto en la toma de decisiones.

En otras palabras, la evaluación ambiental estratégica (EAE) es el proceso de evaluación de estrategias, políticas, planes y programas llevado a cabo para asegurar que las consecuencias ambientales de dichos instrumentos sean consideradas en el proceso de tomas de decisiones en conjunto, con las consideraciones de orden económico y social. Es así como la evaluación ambiental estratégica (EAE) surge con el propósito de superar ciertas limitaciones propias de la evaluación de proyectos.

La evaluación ambiental estratégica (EAE) es un instrumento preventivo y por lo mismo de creciente importancia cuando se postula un desarrollo sostenible.

Figura 12. **EAE versus EIA**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Evaluaci%C3%B3n_ambiental_estrat%C3%A9gica.

Consulta 28 de noviembre 2012.

Un proceso de evaluación ambiental estratégica (EAE) de buena calidad informa a quienes planifican y toman decisiones y al público afectado acerca de la sostenibilidad de las decisiones estratégicas. Asimismo, facilita la búsqueda de la mejor alternativa y asegura un proceso democrático en la toma de decisiones. Ello aumenta la credibilidad de las decisiones y conduce a un mayor costo y tiempo efectivo de las evaluaciones ambientales a nivel de los proyectos.

2.2.2.1. Planes

Los planes se distinguen por su carácter ejecutivo frente al tono fundamentalmente director, normativo y orientador de las políticas, las cuales constituyen el elemento superior de la cadena de toma de decisiones.

A parte de esta diferencia de concepto, existen otras más concretas, aunque no por ello menos importantes:

- Debido a su carácter operativo, los planes suelen plantear medidas, actuaciones e instrumentos más concretos que las políticas.
- Normalmente, los planes tienen esquemas más rígidos de formulación, especialmente cuando están contemplados en algún tipo de normativa que fija contenidos y organización documental.
- Su horizonte temporal es más breve o, al menos, limitado al período de su vigencia.

A pesar de las reglas anteriores, existen muchos tipos de planes, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Planes y programas**

PLANES Y PROGRAMAS	
✓ PLANES INTEGRALES Y DE ORIENTACIÓN TERRITORIAL	Componente territorial.
✓ PLANIFICACIÓN SECTORIAL	Planteamiento económico.
✓ PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	Planteamiento urbanístico.
✓ PLANIFICACIÓN MULTISECTORIAL	Enfoque exclusivamente económico.

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2. Espacio geográfico

Área de localización del proyecto y área ambientalmente frágil; definiciones que se presentan en el recuadro siguiente según el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 23 - 2 003, el Artículo 3, Reformado por el Artículo 1 del Acuerdo Gubernativo No. 704 – 2003, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Tabla V. **Área del proyecto**

Área de localización del proyecto:	Superficie de terreno afectada diferencialmente por las obras o actividades tales como el área de construcción, instalaciones, caminos, sitios de almacenamiento, disposición de materiales y otros.
Área ambientalmente frágil:	Espacio geográfico, que en función de sus condiciones de vocación, capacidad de uso del suelo o de ecosistemas que lo conforman, o bien de su particularidad sociocultural, presente una capacidad de carga limitada por tanto limitantes técnicos para su uso y para la realización de proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad.

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Preguntas más importantes

Debido a cómo el proyecto afecta al ambiente, se plantean interrogantes importantes, que deben considerarse para conocer qué estrategias se implementarán durante el tiempo de la realización del mismo.

2.2.3.1. ¿Cuáles son los impactos adversos?

Entre los impactos adversos más comunes se encuentran:

- **Aglomeración:** en el momento de la ejecución del proyecto, la intersección se verá afectada por los trabajos que se deben realizar, como movimiento de tierras, armado del obra falsa, fundición, entre otros.
- **Ruido:** se generará contaminación auditiva en donde se localizará el puente vehicular, provocando así molestias, tanto para las personas que operarán en el lugar, como para quienes residen cerca del mismo.
- **Polvo:** se contaminará el aire, por medio del polvo que se levantará a los alrededores del paso a desnivel.
- **Suspensión temporal de servicios básicos:** por la magnitud del proyecto se pueden ver afectadas ciertas conexiones que sean parte del sistema de distribución de agua potable, o de las conexiones eléctricas de manera temporal.

2.2.3.2. ¿Qué actividades los originan?

Entre los impactos adversos más comunes se encuentran:

- **Aglomeración:** en el momento de la ejecución del proyecto, la intersección se verá afectada por los trabajos que se deben realizar, como movimiento de tierras, armado del obra falsa, fundición, entre otros.

- Ruido: se generará contaminación auditiva en donde se localizará el puente vehicular, provocando así molestias, tanto para las personas que operarán en el lugar, como para quienes residen cerca del mismo.
- Polvo: se contaminará el aire, esto por medio del polvo que se levantará a los alrededores del paso a desnivel.
- Suspensión temporal de servicios básicos: por la magnitud del proyecto se pueden ver afectadas ciertas conexiones que sean parte del sistema de distribución de agua potable, o de las conexiones eléctricas de manera temporal.

2.2.3.3. ¿Qué alternativas tecnológicas existen?

En la actualidad la tecnología ha avanzado considerablemente, por lo que se plantean alternativas para los problemas planteados anteriormente.

En cuanto a la aglomeración de vehículos, se pueden implementar rutas alternas, esto con el apoyo de EMETRA, para que los vehículos transiten continuamente, reduciendo así el tráfico que pudiera generarse.

Respecto del ruido, existe la posibilidad de utilizar maquinaria y equipo avanzado, que disminuya o elimine la contaminación auditiva que se producía con aparatos más tradicionales.

Acercas del polvo se puede proponer un sistema de irrigación, esto para evitar que se eleve al aire y se traslade a lugares cercanos al lugar en donde se ejecutará el proyecto.

Realizar los trabajos en horas que menos afecten a los vecinos, trasladar constantemente la tierra y los residuos a botaderos autorizados; por último, proporcionar los servicios que sean interrumpidos temporalmente, por medio de instituciones o empresas privadas.

2.2.3.4. ¿Qué medidas de mitigación se pueden emplear?

Se le llama medidas de mitigación al conjunto de medidas destinadas a prevenir, reducir, minimizar, corregir o restaurar, la magnitud de los impactos negativos provocados al medio ambiente.

Las medidas de mitigación surgen del estudio de impacto ambiental y se incorpora su seguimiento en el plan de gestión ambiental. Pero también pueden tomar lugar durante la planificación, el diseño y la implementación. Este es un concepto generalizado que incluye:

- Evasión: evitar completamente los impactos al no tomar una acción particular.
- Disminución: rebajar la escala de magnitud de una propuesta, al reorientar los planos, o emplear tecnología que reduzca los factores generados del impacto ambiental indeseable.
- Rectificación: a través de la restauración de los ambientes afectados por la acción propuesta.
- Reducción: reducir los impactos poco a poco, al llevar a cabo actividades de mantenimiento durante toda la acción.

- Compensación: a través de la creación de ambientes similares a aquellos afectados por la acción propuesta.

2.2.3.5. ¿Qué resultados se esperan obtener?

Se espera obtener el estudio de la factibilidad o viabilidad que existe para poder realizar un paso a desnivel en la 14 avenida y calzada Roosevelt de la zona 11, de la ciudad de Guatemala y proporcionar la información necesaria a los proyectistas, evaluadores e investigadores, para que este proyecto se pueda realizar debido a que va a proporcionar gran ayuda a la locomoción.

Se realizará una comparación entre la situación que se vive actualmente y la situación que se dará al construir el puente vehicular (paso a desnivel), con el fin de poder visualizar las mejoras significativas que este traerá para la comunidad afectada.

El fin primordial es evitar los problemas que hasta el día de hoy se crean en este lugar y no han podido solventarse, proporcionando los estudios necesarios para demostrar que el proyecto va a beneficiar a muchas personas y que el mismo es viable.

2.3. Código Municipal, Decreto 12 - 2002

Este se enfoca en desarrollar principios constitucionales referentes a la administración, gobierno, organización y funcionamiento de los municipios y el contenido de competencias que correspondan a los municipios en cuanto a las materias que éstas regulan.

- Artículo 3. Autonomía: “En ejercicio de la autonomía que la Constitución Política de la República garantiza al municipio, este 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 contrariar, disminuir o tergiversar la autonomía municipal establecida en la Constitución Política de la República.”

- Artículo 5. Servicio a los intereses públicos: “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.”
- Artículo 67. Gestión de intereses del municipio: “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, y satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.”

- Artículo 68. Competencias propias del municipio: “Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:”
 - “Construcción y mantenimiento de caminos de acceso a las circunscripciones territoriales inferiores al municipio;”
 - “Regulación del transporte de pasajeros y carga y sus terminales locales;”
 - “Modernización tecnológica de la municipalidad y de los servicios públicos municipales o comunitarios.”

- Artículo 70. Competencias delegadas al municipio: “El municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y los convenios correspondientes, en atención a las características de la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del gobierno municipal, de conformidad con las prioridades de descentralización, desconcentración y el acercamiento de los servicios públicos a los ciudadanos.”

- Artículo 72. Servicios públicos municipales: “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.”

- Artículo 95. Oficina municipal de planificación: “El Consejo Municipal tendrá una oficina municipal de planificación, que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio. La oficina 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 (DMP) hoy es responsable de producir la información precisa y de calidad requerida para la formulación y gestión de las políticas públicas municipales. El coordinador de la oficina municipal de planificación deberá ser guatemalteco de origen, ciudadano en ejercicio de sus derechos políticos y profesional, o tener experiencia calificada en la materia.”

- Artículo 96. Funciones de la Dirección Municipal de Planificación: “Son atribuciones del coordinador de la oficina municipal de planificación:
 - Cumplir y ejecutar las decisiones del Concejo Municipal en lo correspondiente a su responsabilidad y atribuciones específicas.

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

 - Mantener actualizadas las estadísticas socioeconómicas del municipio, incluyendo la información geográfica de ordenamiento territorial y de recursos naturales.

- Mantener actualizado el registro de necesidades identificadas y priorizadas y de los planes, programas y proyectos en sus fases de perfil, factibilidad, negociación y ejecución.
 - Mantener un inventario permanente de la infraestructura social y productiva con que cuenta cada centro poblado; así como de la cobertura de los servicios públicos de los que gozan estos.
 - Asesorar al Concejo Municipal y al alcalde, en sus relaciones con las entidades de desarrollo públicas y privadas.
 - Suministrar la información que le sea requerida por las autoridades municipales u otros interesados con base en los registros existentes.
 - Otras actividades relacionadas con el desempeño de su cargo y aquellas que le encomiende el Concejo Municipal o el alcalde.
 - Mantener actualizado el catastro municipal.
 - Las municipalidades podrán contratar en forma asociativa los servicios de un coordinador de sus oficinas municipales de planificación.”
- Artículo 142. Formulación y ejecución de planes “La municipalidad está obligada a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio, en los términos establecidos por las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma 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, además de cumplir con las leyes que las regulan, 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:”

- “Vías, calles, avenidas, camellones y aceras de las dimensiones, seguridades y calidades adecuadas, según su naturaleza.”
- Artículo 147. Licencia o autorización de urbanización: “La municipalidad está obligada a formular y efectuar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio, en los términos establecidos por las leyes. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que pretendan realizar o realicen el Estado o sus entidades o instituciones autónomas y descentralizadas, así como personas individuales o jurídicas, deberán contar con licencia municipal. Tales formas de desarrollo deben cumplir con los requisitos que señalen otras leyes y, en todo caso, cumplir como mínimo con los servicios públicos siguientes:”
 - “Vías, avenidas, calles, camellones y aceras de las dimensiones, seguridades y calidades adecuadas, según su naturaleza.”

Los artículos anteriormente descritos señalan que es responsabilidad de la municipalidad de Guatemala, por medio de la Dirección de Planificación Urbana (DPU), que es la unidad municipal encargada de la planificación

estratégica de la ciudad, el atender temas de interés urbano, tales como el ordenamiento territorial, la movilidad urbana y los proyectos urbanos de iniciativa municipal, a través de una coordinación planificada y dentro de un marco integral con respaldo analítico.

Esta a su vez incluye la provisión de servicios públicos adecuados y eficientes para la población, con la potestad de ampliarlos y/o mejorarlos, cuando fuese necesario.

Dentro de los servicios públicos está la construcción de carreteras y puentes, por lo que le corresponde a esta unidad elaborar los perfiles, hacer un estudio de preinversión y verificar la factibilidad de desarrollar el proyecto, para así poder autorizar la construcción del puente vehicular ubicado en la 14 avenida y calzada Roosevelt zona 11.

3. PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS

3.1. Conceptos sobre ingeniería de tránsito que intervienen

La ingeniería de tránsito trata del planeamiento de calles, carreteras, zonas anexas a ellas, del proyecto, de sus características geométricas y de la circulación del tránsito en las mismas, en vistas a su empleo para transportar personas y cosas en forma segura, económica y cómoda.

En el estudio de la ingeniería de tránsito intervienen distintos elementos que a continuación se describen:

3.1.1. El automóvil

Corresponde a cualquier medio de transporte motorizado y no motorizado que transita por el sistema vial.

La tipología de los vehículos que transitan sobre una carretera, ya sea urbana o rural, se divide en un extremo en los vehículos livianos, que son los más numerosos en la corriente de tránsito, mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación vehicular.

Las características del diseño geométrico de una carretera, están relacionadas con el tipo de vehículos que predomina en el tránsito de la vía, ya que este diseño depende de las características del vehículo de diseño y de las exigencias en el tránsito que se desplaza por las calles y carreteras.

3.1.2. El peatón

Se denomina “peatón” a las personas que utilizan una zona de la vía ya sea esta urbana o rural. Recientemente este aspecto ha tenido relevancia en el estudio de la incidencia de accidentes, ya que gran cantidad de ellos se encuentran relacionados de alguna forma.

3.1.3. El conductor

Se denomina conductor a toda persona, hombre o mujer, que opere un vehículo motorizado o no motorizado.

El conductor representa uno de los factores más importantes en el estudio de los accidentes de tránsito, ya que este está influenciado por condiciones climáticas, emocionales, físicas y de la vía, debido a que el diseño tanto de las carreteras, puentes y el de los automóviles está dirigido a la seguridad, y comodidad de este.

3.1.4. Volumen de tránsito

Los estudios de volumen de tránsito se realizan para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto en una instalación de una carretera durante un periodo específico de tiempo. Este periodo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos.

Los datos recolectados también pueden clasificarse en subcategorías como: movimiento direccional, tasas de ocupación, clasificación de los vehículos y edad de los peatones.

3.1.5. Velocidad

Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera.

La velocidad de un vehículo se define como la rapidez del movimiento del vehículo; se expresa en kilómetros por hora (km/h). Un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico.

Las características de velocidad identificadas serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio.

3.1.6. Corredor urbano

Son vías importantes en las que diariamente transita gran cantidad de vehículos. Por medio de ellos se establece conexión entre las zonas residenciales y los centros de actividades industriales y comerciales, el tránsito es de paso y el transversal no es considerable; por su importancia se les debe dar la mayor capacidad y seguridad posible, diseñándose el menor número de intersecciones y si existiera una conflictiva, se hará un paso a desnivel; también se debiera prohibir el estacionamiento a lo largo del corredor principal.

Existen tres tipos de requisitos para que la vía pueda convertirse en un corredor urbano de transporte colectivo, estos son: geométricos, de condiciones de tránsito y ambientales.

Entre los requisitos geométricos se pueden mencionar los siguientes: la vía debe considerar la capacidad necesaria para que se pueda asignar uno o varios carriles para uso exclusivo del autobús.

Las condiciones de tránsito que justifican al corredor urbano de transporte colectivo son:

- Que el tránsito promedio diario tenga un significativo porcentaje de buses.
- Que se transporte un mínimo de tres mil personas por hora y por bus.
- El tránsito deberá ser solo de paso y existir vías paralelas que puedan absorber el paso de automóviles que opte por otras rutas.

Las condiciones ambientales se refieren a que en el corredor urbano se hagan actividades periódicas y constantes de arborización y limpieza y se dan facilidades para el usuario del transporte colectivo en el sentido de señalización de tránsito. En la ciudad de Guatemala hay una serie de corredores comunicados entre sí; los más importantes son:

- Calzada Roosevelt
- Calzada San Juan
- Calzada Aguilar Batres
- Calle Martí
- Boulevard Liberación
- Boulevard Vista Hermosa
- Avenida La Reforma
- Avenida Las Américas

- Avenida Petapa, avenida Bolívar
- Anillo periférico, entre otras.

3.2. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

Las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, es el compendio que norma en forma general, las relaciones entre la Dirección General de Caminos y los contratistas, para sus obras.

Los planos cuidadosamente elaborados para cada obra, las disposiciones especiales diseñadas especialmente para cada obra y las especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes, son un conjunto de documentos que se complementan entre sí.

Las especificaciones y demás documentos tienen por objeto comunicar al oferente, lo que la Dirección General de Caminos quiere construir. Son un medio de comunicación escrito. Aunque cuidadosamente preparados, los medios de comunicación escritos adolecen de fallas, que deben ser cuidadosamente corregidas.

El espíritu que prevalece en las especificaciones de construcción de carreteras y puentes es el de que cada elemento debe asumir la responsabilidad que le corresponde: el que diseña es responsable del diseño; el que construye es responsable de que la construcción se ejecute de conformidad con el diseño aprobado por la Dirección General de Caminos, y los participantes deben tener como objetivo primordial encauzar sus esfuerzos y colaboración hacia la construcción de la obra en el tiempo estipulado y con la calidad con que fuera concebida y aprobada.

3.2.1. Control de materiales

El contratista es responsable de la calidad de los materiales que se utilicen en la obra. Con ese propósito debe, a su costa, analizar las muestras representativas de los materiales, u obtener los certificados del productor del material de que se trate, para someterlos con la suficiente anticipación al conocimiento y aprobación del delegado residente. En cualquier momento o cuando el delegado residente considere necesario verificar los análisis, tomará conjuntamente con el contratista, quien las suministrará a su costa, las muestras representativas del tipo y cantidad prescritas en cada caso, para tal fin. El delegado residente puede, a su juicio, aceptar el o los certificados respectivos en vez de hacer los análisis.

A menos que se indique lo contrario, los materiales utilizados en la obra serán provistos por el contratista de fuentes de su elección. El contratista notificará al delegado residente sobre las fuentes de materiales propuestas, lo más pronto posible, para así facilitar la inspección y prueba de los materiales. Cuando las fuentes de abastecimiento para materiales previamente aprobadas no suministren productos uniformes y satisfactorios, o si el producto de cualquier fuente resulta inaceptable en cualquier momento, el contratista deberá proveer materiales de otras fuentes.

Las fuentes de materiales locales pueden ser mostradas en los planos y descritas en las disposiciones especiales. La calidad del material en dichos depósitos será generalmente aceptable previa confirmación de la supervisora, pero el contratista será responsable de la determinación de la cantidad y el tipo de equipo y trabajo requerido para producir un material que cumpla con las especificaciones dadas.

Se debe entender que no es factible predecir el comportamiento de la totalidad de la fuente por un número limitado de muestras y variaciones en los valores obtenidos; estos serán normales y han de esperarse.

El delegado residente podrá ordenar una selección especial de material de una porción dada de la fuente y podrá rechazar cualquier porción de la fuente por inaceptable.

Los materiales importados que se incorporen a la obra, deberán ampararse con un certificado de calidad del fabricante.

Adicionalmente, el fabricante deberá proporcionar al contratista los resultados de los ensayos hechos en fábrica, identificando claramente el lote del material que se trate.

El certificado de calidad debe venir firmado y autenticado por el fabricante del material o de las piezas ensambladas y estipular que todos los materiales incorporados cumplen con todos los requisitos de calidad especificados.

Todos los materiales están sujetos a inspección, muestreo, pruebas y repetición de pruebas y rechazo, en cualquier momento, antes de la aceptación del trabajo.

Cuando el contratista, bajo su riesgo use materiales que no han sido aprobados, lo hará bajo su responsabilidad; pero si se encuentra que estos son inaceptables, no serán pagados y tienen que ser removidos a expensas del contratista.

3.2.2. Equipo de construcción

El contratista debe proporcionar el equipo necesario para ejecutar el trabajo de acuerdo con su oferta, los planos, especificaciones, programa de trabajo aprobado y en el tiempo estipulado para la ejecución y entrega de la obra.

El equipo que use el contratista, en todas y cada una de las etapas de la obra, no debe dañar el camino, propiedades adyacentes u otras carreteras.

El contratista mantendrá disponible suficiente existencia de repuestos para el equipo que esté usando en la obra y tendrá a la disposición todos los medios necesarios para su reparación y mantenimiento, desde el principio hasta la terminación de la misma. Las bodegas de repuestos, lubricantes, combustibles y talleres de reparación del contratista, estarán sujetas a inspección, a discreción del delegado residente.

3.2.3. Consideraciones sobre el pavimento a emplear

Es importante comprender el comportamiento de los pavimentos. Mediciones realizadas muestran que las losas se encuentran siempre alabeadas con los bordes levantados.

Esta geometría de las losas es contraria a las consideraciones de diseño. Por esta condición de las losas, las cargas de los camiones generan las tensiones de tracción en la cara superior.

Otros factores importantes a tomar en cuenta, respecto del diseño del pavimento son: el tránsito y el clima.

Las solicitaciones del tránsito que recibe el pavimento dependen fundamentalmente de factores que afectan a la fatiga del terreno natural y a la producida en las distintas capas componentes del pavimento. Estas son:

- Volumen del tránsito
- Peso por eje de los vehículos comerciales
- Presión de inflado

Entre las solicitaciones del clima cabe mencionar:

- Régimen de agua caída: como es de conocimiento general no puede existir un buen diseño, cualquiera que este sea, si no se tiene un correcto drenaje y evacuación de aguas lluvias. Como regla general el escurrimiento superficial, debe mantener la napa freática a una distancia mínima de 1,5 m de la superficie del pavimento.
- Efectos producidos por la temperatura: la temperatura es el segundo factor climático que afecta en forma relevante a un pavimento flexible con capas asfálticas.

Los cambios de temperatura afectan al comportamiento de las capas asfálticas, ya que estas varían su estabilidad de acuerdo con las variaciones que producen los cambios de temperatura en la viscosidad del asfalto.

Por esta razón, las capas asfálticas se denominan termoplásticas y viscoelásticas.

3.2.3.1. Especificaciones de la subrasante

- Materiales adecuados para subrasante: son suelos de preferencia granulares con menos de 3% de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193, California Beating Radio, que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que además, no sean inadecuados para subrasante.
- Limpieza: el contratista debe proceder a limpiar la vegetación pequeña existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar.
- Delimitación de tramos a reacondicionar: el delegado residente debe delimitar los tramos que el contratista tiene que reacondicionar, indicando claramente por escrito las estaciones inicial y final de cada tramo.
- Reemplazo de material inadecuado: cuando en la subrasante aparezcan áreas con material inadecuado, el delegado residente debe delimitarlas y notificarlo por escrito al contratista, quien debe proceder a efectuar la remoción del material inadecuado. Durante estas operaciones el contratista debe señalizar dichas áreas para evitar accidentes. Según lo ordene el delegado residente, las excavaciones deben rellenarse con material de préstamo que sea apropiado para subrasante de acuerdo con la definición para material adecuado, efectuando la compactación, o con material de subbase.

- Escarificación, tendido y conformación: en las áreas que necesiten reacondicionamiento, el contratista debe proceder a escarificar el suelo de subrasante hasta una profundidad de 200 milímetros, eliminando las rocas mayores de 100 milímetros, acondicionándolas fuera del lecho del camino; seguidamente debe proceder a ajustar y conformar la superficie, efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 milímetros. El suelo de subrasante en toda el área a reacondicionarse, debe humedecerse adecuadamente antes de la compactación. El control de humedad puede efectuarse secando el material, o por el método con carburo AASHTO T 217, determinación del contenido de humedad en los suelos por medio de un probador de carburo de calcio gas-humedad-presión.
- Compactación: la subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de +/- 3% de la humedad óptima, hasta lograr el 95% de compactación respecto de la densidad máxima, AASHTO T 180, que se refiere a la relación de densidad de humedad en el suelo. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191, método estándar de prueba para densidad del suelo "*in situ*" por el método del cono de arena; con la aprobación escrita del ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.
- Para el caso de subrasantes arcillosas con un límite líquido superior al 45% y un índice plástico superior al 15%, se requerirá su compactación a una densidad del 90% respecto de la densidad máxima, AASHTO T 180 y con un contenido de humedad mayor, por lo menos en un 3%, que su correspondiente humedad óptima, siempre que no exceda en más de un 4% al valor correspondiente a su límite plástico.

- Deflexión: se establece una deflexión máxima para la capa de subrasante reacondicionada de 3.0 milímetros. El delegado residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de subbase y, en caso necesario, complementar estos trabajos con la construcción de subdrenajes adecuados.

3.2.3.2. Capa de subbase

La 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.

Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de subbase común; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas, una subbase del espesor compactado requerido, sobre la subrasante previamente aceptada de acuerdo con estas especificaciones: todo de acuerdo con lo indicado en los planos u ordenado por el delegado residente, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas especificaciones generales:

- Espesor de la subbase: la subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las disposiciones especiales o lo ordenado por el delegado residente con autorización previa del ingeniero 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.

- Colocación: el contratista 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 volteo en pilas, formando camellones o con máquina especial esparcidora.
- Tendido: 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 suelto de subbase colocado, debe corresponder en cantidad, al espesor de la capa a tender en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación.

- Mezcla: 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. Cuando se use equipo especial que permita tender el material sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

- Riego de agua: el material de subbase debe esparcirse, homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para lograr su compactación.
- Compactación: la capa de subbase debe conformarse, 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.

3.2.3.3. Capa de base de grava

La capa de base de grava es la formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes.

- Colocación y tendido: el material de base triturados debe ser depositado sobre la subrasante o 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.
- Mezcla: 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.

- Riego de agua: 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.
- Compactación: la capa de base triturada 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.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos. 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.

3.2.3.4. Riego de imprimación

Es la aplicación de un asfalto líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la subbase o sobre la base y hombros de un pavimento, para protegerlo, impermeabilizarlo, unir entre sí las partículas minerales existentes en la superficie y endurecer la misma, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

Este trabajo consiste en la delimitación y preparación de la superficie a imprimir, barriéndola y humedeciéndola previamente; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento cuando sea requerido de acuerdo con el tipo de asfalto líquido utilizado, y su riego por medio de tanque distribuidor a presión, el control de tránsito, protección y señalización del área imprimada, el suministro, transporte, esparcimiento y distribución del material secante; el mantenimiento de la superficie imprimada y el barrido del exceso de material secante, previo al riego o a la colocación de la capa inmediata superior que corresponda.

Todo lo anterior ocurre de conformidad con lo indicado en los planos, alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas, dentro de las tolerancias establecidas y de conformidad con estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

- Asfalto líquido: el tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación para el asfalto líquido, debe ser uno de los establecidos en la tabla siguiente; a menos que lo indiquen de otra forma las disposiciones especiales.

Tabla VI. **Requisitos para el asfalto líquido**

Tipo y grado del asfalto líquido	Especificaciones	Temperatura de aplicación ° C
MC-30	AASHTO M 82	>30
MC-70		>50
MC-250		>75

Continuación de la tabla VI.

Se han indicado las temperaturas mínimas para proporcionar la viscosidad adecuada para el riego de los asfaltos líquidos. Debido a que las temperaturas de aplicación pueden estar arriba del punto de llama para los asfaltos líquidos, deben tomarse precauciones de seguridad incluyen pero no están limitadas a lo siguiente:

- No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
- Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se haya almacenado estos materiales.
- Todos los vehículos que transporten materiales deben ser ventilados adecuadamente.
- Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf. Consulta: 12 de enero de 2013.

- Barrido de la superficie: previo a la aplicación de la imprimación, debe de removerse de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño por medio de barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico. Tanto la escoba como el fuelle deben ser adecuados para lograr una limpieza eficiente, sin dañar la superficie. El *fuelle* debe ser capaz de ajustarse para que sople, del centro al borde exterior de la carretera. Todo este equipo debe de estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas.

- Revisión de la superficie: después de que la superficie ha sido barrida, se procede a inspeccionarla visualmente, a fin de observar si no presenta grietas, descascarados o excesos de material fino o humedad, que puedan perjudicar la penetración uniforme del asfalto líquido.
- Delimitación de la superficie: para delimitar la superficie a imprimir, se usa un cordel o se marca con pintura la línea que indique el borde de la misma, y que sirve de guía para el operador de la distribuidora de asfalto para alinear la barra de distribución de esta unidad.

En los extremos del tramo a imprimir, se debe colocar una faja de papel de construcción en todo el ancho, sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de asfalto líquido no la perjudique.

3.2.3.5. Carpeta de rodadura

Es la construida por los últimos centímetros del pavimento, debe resistir las presiones verticales de contacto aplicadas por los neumáticos que pueden llegar, teniendo en cuenta los impactos a 15 bares, las tensiones tangenciales de frenado, las succiones debidas al comportamiento de los neumáticos, etc. La calidad de los materiales que constituyen la capa de rodadura, deben estar en consonancia con la gran importancia de las solicitaciones a que se ve sometida.

El material para conformar la capa de rodadura debe ser capaz de resistir, sin deformaciones, las solicitaciones que le impone el tránsito y transmitir las hacia la subrasante. En consecuencia, la resistencia final depende en gran parte de la capacidad de soporte del suelo de la subrasante; a medida que se aumenta el espesor de la capa, disminuyen las tensiones sobre el suelo de la subrasante.

La seguridad a la rodadura de los vehículos debe proporcionarla la capa de rodadura mediante una textura que asegure una buena resistencia al deslizamiento de los neumáticos, la resistencia al deslizamiento de los neumáticos se compone de dos sumandos:

- Rozamiento por adherencia: debido a las interacciones moleculares que se producen en el área real de contacto entre los neumáticos y el pavimento.
- Rozamiento por histéresis: producido por las pérdidas de energía elástica, por efecto de las irregularidades de la superficie que obliga al caucho a deformarse. Solo en casos particulares se pueden separar los dos componentes de rozamiento neumático - pavimento, ya que ambos son manifestaciones del mismo proceso de disipación de energía.

4. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

4.1. Procedimiento constructivo

En la actualidad, en la República de Guatemala se emplean distintos métodos y sistemas constructivos en la construcción de puentes de hormigón, en particular utilizando elementos de hormigón prefabricados.

Se hace mención del material hormigón en su sentido más amplio, si bien es sabido que la técnica de pretensado tiene mucha aplicación especialmente en estructuras de puentes. Es decir la utilización del hormigón estructural como un material que comprende el abanico de posibilidades que van desde el uso del hormigón simple (sin armaduras) hasta su uso con armaduras activas, pasando por toda combinación posible de armaduras pasivas y activas.

Se destaca cómo se interrelacionan las etapas del proyecto con la de construcción; esta última, desde el punto de vista de la elección del procedimiento constructivo.

Es decir, se define la relación entre el grado de complejidad de la obra con la posibilidad de utilización de un sistema constructivo previamente utilizado, o como contrapartida definir previamente cuáles son las posibilidades constructivas para luego supeditar a ellas el diseño estructural de las distintas partes de la obra.

A partir de una clasificación básica de los procedimientos constructivos (hormigonado “*in situ*”, prefabricación total o parcial, otros), se plantea una relación entre los distintos sistemas y los tipos estructurales, relacionándolos con la luz principal a salvar.

Luego, definiendo qué se entiende por prefabricación, se plantean diversos criterios que avalan su uso en la construcción de puentes.

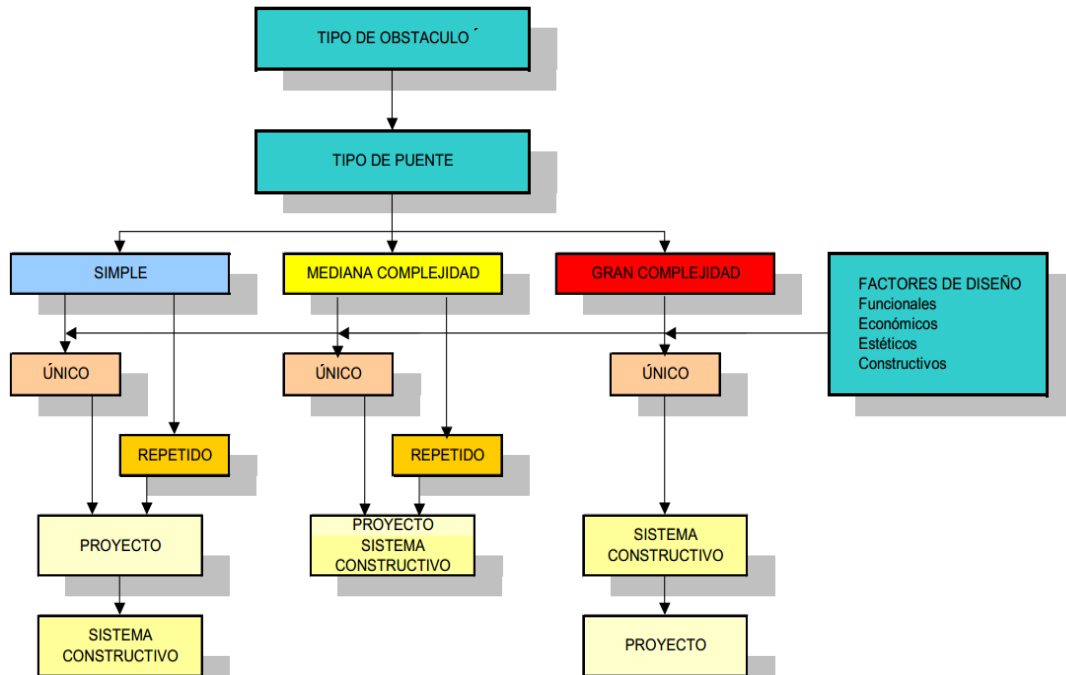
Por último, se describen distintos sistemas constructivos utilizados recientemente en el país.

El método define el procedimiento en general. Se prepara el hormigón en sitio o se usan prefabricados. Se pretensa o postensa.

En cambio, el sistema suele referirse a un conjunto de dispositivos que aplicados con determinada tecnología, permiten lograr un método constructivo. Por ejemplo, un sistema de postensado, o bien un sistema de transporte y colocación de vigas premoldeadas, mediante una viga de lanzamiento.

En la siguiente figura se ha tratado de esquematizar, en función del tipo estructural, cómo se interrelacionan las etapas de proyecto con la de construcción; esta última desde el punto de vista de la elección del procedimiento de construcción. El tipo de obstáculo a salvar define el tipo de puente a proyectar. Dependiendo de lo que aquí he definido como grados de complejidad de la obra, cabe la posibilidad de realizar el proyecto sin tener previamente definido un método de construcción (simple) o en el otro extremo, tener que definir previamente cuáles son las posibilidades constructivas para luego adaptar el diseño estructural de las distintas partes de la obra a aquellas.

Figura 13. **Relación entre el diseño estructural y los métodos y sistemas constructivos**



Fuente: www.fi.uba.ar/materias/7405/apuntes/SIABE0039.pdf. Consulta: 4 de febrero de 2013.

La clasificación básica de los sistemas constructivos de puentes de hormigón resulta muy sencilla, definiendo tres sistemas básicos para construir un puente que, con excepción del último, son aplicables tanto a la realización de la superestructura como a la infraestructura:

- *In situ*: ejecución de la estructura colando el hormigón fresco sobre un encofrado que aloja las armaduras, activas o pasivas que han sido previamente dispuestas. Es el método constructivo de estructuras de hormigón más antiguo. Desde el punto de vista de la ejecución de un puente, no siempre es aplicable, teniendo en cuenta los requerimientos de apuntalamiento del encofrado (cimbra) que dependen del

emplazamiento y de la geometría del puente. Hoy en día se cuenta con sistemas de encofrados y cimbras metálicas que permiten lograr notables reducciones en los tiempos de montaje y amortización de los equipos al posibilitarse reutilizaciones de los mismos.

- Prefabricación: partes estructurales o la estructura completa son elaboradas en un lugar distinto al del emplazamiento del puente. Se pueden eliminar costosos apuntalamientos y cimbras y sortear obstáculos para la obra. Como contrapartida, se requieren equipamientos auxiliares para transporte y colocación. En la actualidad, la tecnología aplicada a estos equipos ha permitido lograr notables avances en cuanto a las magnitudes de premoldeo. Por lo tanto, en función del alcance de la prefabricación en la construcción del puente, se podrá definir:
 - Prefabricación parcial (vigas, dovelas, losetas, cenefas, defensas, etc.).
 - Prefabricación total
- Otros: se agrupan aquí sistemas constructivos especiales, que en algunos casos pueden mezclar las características de los anteriores.

Es el caso de los tableros de puentes "empujados", son estructuras hormigonadas en sitio, pero posteriormente trasladadas a una posición definitiva distinta de la de su elaboración.

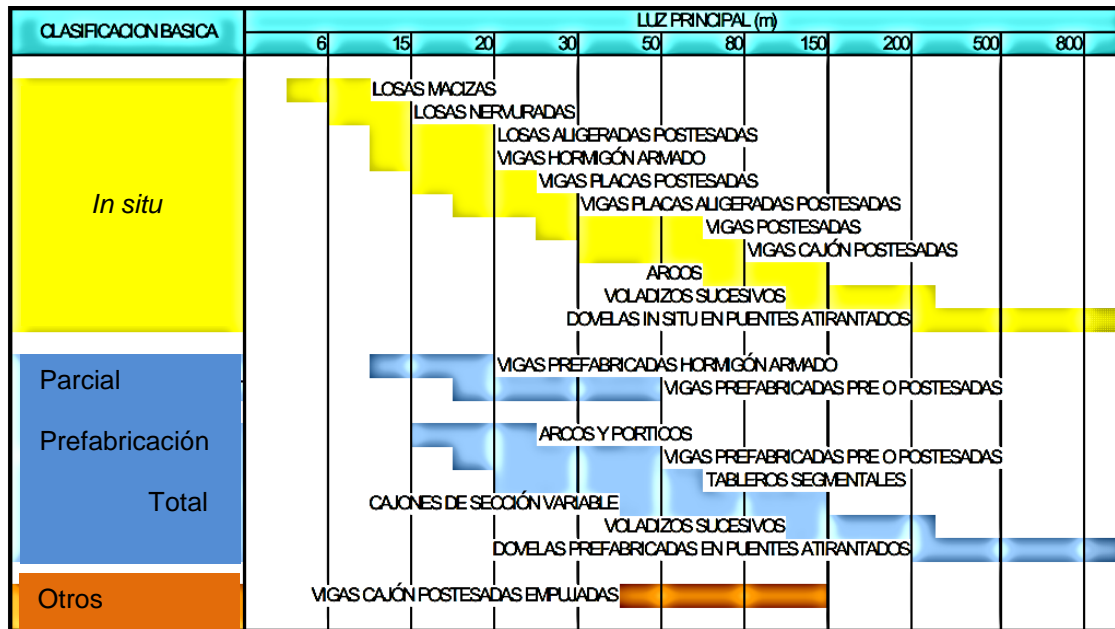
En otros casos, se trata de los puentes "rotados" y "desplazados". Luego de construidos en una determinada posición, son rotados o trasladados a su posición definitiva.

Existen factores que inciden en la elección del sistema constructivo; en el punto anterior se mencionaron algunos aspectos que condicionan la elección del tipo constructivo. Se pueden resumir de la siguiente manera:

- Obstáculo a salvar
- Magnitudes de la obra
 - Volumen
 - Repetitividad
 - Geometría
- Emplazamiento de la obra
 - Distancia a centros de producción o abastecimiento
 - Accesibilidad
- Equipamiento
 - Medios de transporte, izaje y montaje

Es posible correlacionar el sistema constructivo con la luz principal a salvar, a través, fundamentalmente, del tipo estructural que mejor se acomoda para cada rango de luz. En el siguiente cuadro, se intenta resumir este concepto, partiendo de la clasificación básica antes mencionada.

Figura 14. Relación entre el sistema constructivo y la luz principal del puente



Fuente: www.fi.uba.ar/materias/7405/apuntes/SIABE0039.pdf. Consulta: 4 de febrero de 2013.

En esta sección se mencionan los resultados esperados al realizar una correcta prevención de riesgos en la construcción de viviendas unifamiliares, y se analiza cómo prevenir el riesgo puede eliminar o reducir las pérdidas en el presupuesto inicial del proyecto.

4.1.1. Requerimientos del proyecto

Antes de proceder con el diseño del proyecto de un puente, es indispensable realizar los estudios básicos que permitan tomar conocimiento pleno de la zona, que redunde en la generación de información básica necesaria y suficiente que concluya en el planteamiento de soluciones

satisfactorias, plasmadas primero en anteproyectos y luego en proyectos definitivos reales, y ejecutables.

El proyectista deberá informarse adecuadamente de las dificultades y bondades que le caracterizan a la zona antes de definir el emplazamiento del puente. Emplazamiento que deberá ser fruto de un estudio comparativo de varias alternativas, y que sea la mejor respuesta dentro las limitaciones (generación de información) y variaciones de comportamiento de los cambios naturales y provocados de la naturaleza.

Debe igualmente especificar el nivel de los estudios básicos y los datos específicos que deben ser obtenidos. Si bien es cierto que los datos naturales no se obtienen nunca de un modo perfecto, estos deben ser claros y útiles para la elaboración del proyecto.

Las especificaciones y metodología a seguir para la realización de los estudios básicos no son tratados en este trabajo de graduación.

Los estudios básicos deben ser realizados de acuerdo con los requerimientos del proyectista, por personal especializado con experiencia, y según los procedimientos que se establecen en los manuales especializados de ingeniería de puentes, que en general son más exigentes que lo requerido para las edificaciones.

Como parte de los estudios básicos, es igualmente recomendable realizar un estudio y el inventariado de disponibilidad de materiales, infraestructura instalada, mano de obra especializada, equipos, y otros que el proyectista considere de utilidad.

4.1.1.1. Replanteo y levantamiento topográfico

Este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, del equipo necesario y del material para efectuar levantamientos y replanteos topográficos, cálculos y registros de datos para el control del trabajo. En relación con el personal, equipo y material, deberá cumplirse con lo siguiente:

- Personal: el contratista debe suministrar cuadrillas de topografía técnicamente calificadas, capaces de ejecutar el trabajo en tiempo y con la exactitud requerida. Siempre que se estén realizando trabajos topográficos de replanteo, deberá estar presente en el proyecto un supervisor calificado para la cuadrilla.
- Equipo: el contratista debe suministrar instrumentos de topografía y equipo de soporte, capaces de alcanzar las tolerancias especificadas.
- Material: el contratista debe suministrar herramientas e insumos aceptables del tipo y de la calidad utilizada normalmente en los trabajos de levantamientos topográficos efectuados en carreteras, y adecuados para el uso indicado. Debe suministrar estacas y mojones de una longitud tal, que provean un empotramiento sólido en el terreno y con un área superficial afuera del terreno suficiente para colocar las marcas legibles necesarias.

Al efectuar el replanteo de la línea central, el personal de supervisión colocará las referencias de los puntos de control horizontal y vertical, establecidos en los planos, consistentes en monumentos de concreto y corresponderá al contratista hacer el replanteo en detalle a cada 20 metros de la línea central.

El personal de la empresa supervisora también suministrará los datos a utilizarse en el establecimiento de controles de los principales elementos del proyecto. Para el trazo de curvas horizontales se debe usar la definición arco (grado de curva horizontal: es el ángulo en el centro que subtiende un arco de 20 metros). En el lugar de construcción del puente o bóveda, el personal de la supervisora deberá colocar como mínimo dos monumentos de concreto debidamente referenciados y ubicados convenientemente, los que indicarán la exacta localización de la estructura y su elevación (BM).

En adición a la información dada en los planos, el personal de la supervisora entregará los datos de rasante, pendientes, etc. El contratista debe realizar los cálculos adicionales para el uso conveniente de los datos suministrados por el personal de la supervisora. El contratista debe dar aviso al personal de la supervisora inmediatamente, al notar discrepancias o errores encontrados, así como error o discrepancia en los planos y disposiciones especiales para que se resuelva lo procedente.

En relación con los levantamientos topográficos para construcción, el contratista, con las referencias entregadas por la supervisora y la información suministrada en los planos y/o programas o archivos computarizados del diseño geométrico, colocará las estacas de construcción. Antes de efectuar un levantamiento topográfico para construcción, el contratista deberá discutir y coordinar con el delegado residente lo siguiente:

- Métodos a utilizar para el levantamiento topográfico
- Referencias para el replanteo
- Control de niveles para capas de materiales
- Control de estructuras

- Cualquier otro procedimiento y control necesarios para ejecutar el trabajo

Antes de iniciar los trabajos de construcción, el contratista deberá notificar al delegado residente la falta de puntos de control o referencias. El delegado residente restablecerá dichos puntos de control y referencias, antes de que se inicie los trabajos de construcción. El contratista deberá conservar todas las referencias iniciales y los puntos de control. Después de iniciar los trabajos de construcción, deberá reponer todas las referencias o puntos de control iniciales que hayan sido destruidos o perturbados y que sean necesarios para la ejecución del trabajo. Se deberá efectuar el levantamiento topográfico y establecer controles dentro de las tolerancias mostradas en el siguiente cuadro:

Tabla VII. **Tolerancias para los levantamientos y replanteos topográficos**

Descripción puntos de control	Horizontal	Vertical ± 5 mm
Puntos sobre la línea central (PC), (PT), (POT) y (POC) incluyendo referencias, así como (PB)	± 50 mm	± 10 mm
Otros puntos sobre la línea central	± 50 mm	± 100 mm
Puntos de las secciones transversales	± 50 mm	± 100 mm
Referencias para el replanteo de estacas de talud	± 50 mm	± 20 mm
Alcantarillas, cunetas, y estructuras menores de drenaje	± 50 mm	± 20 mm
Muros de retención	± 20 mm	± 10 mm
Subestructuras de puentes	± 20 mm	± 10 mm
Superestructuras de puentes	± 50 mm	± 10 mm
Límites de limpia, chapeo y destronque	± 500 mm	-
Estacas finales para la subrasante de la carretera	± 50 mm	± 10 mm
Estacas finales para la rasante de la carretera	± 50 mm	± 10 mm
<ul style="list-style-type: none"> • Puntos sobre la línea central: PC: principio de curva, PT: principio de tangente, POT: punto sobre tangente, POC: punto sobre curva, PB: punto de balance. • Obtener las secciones transversales normales a la línea central $\pm 1^\circ$. 		

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf. Consulta: 23 de enero de 2013.

Las notas de campo deberán ser presentadas por el delegado residente en un formato aprobado. Se deberán suministrar todas las anotaciones topográficas y los cálculos que respalden las cantidades de pago. Las anotaciones de campo y los documentos de soporte pasarán a ser propiedad del Estado.

Los trabajos de levantamiento topográfico para la construcción deberán ser revisados para verificar su exactitud y se podrán rechazar partes inaceptables del trabajo. Se corregirá el trabajo que no esté dentro de las tolerancias permitidas. La aceptación del levantamiento topográfico para la construcción no exime al contratista de la responsabilidad de corregir errores descubiertos durante la ejecución del trabajo y de cubrir todos los costos adicionales causados por dicho error.

Todo levantamiento topográfico para medida y pago será hecho conjuntamente por la supervisora y el contratista, los cuales aprobarán con su firma cada hoja de la libreta de campo, las secciones y los cálculos analíticos de cada área topográfica que pueda contabilizarse, cuando se usen equipos tradicionales. El replanteo y levantamiento topográfico lo efectuará el contratista, con la supervisión del delegado residente, quien avalará lo realizado.

- Puntos de control: el contratista podrá trasladar las referencias iniciales de control horizontal y vertical que interfieran con la construcción a lugares que no serán perturbados por las operaciones de construcción. El contratista deberá suministrar al delegado residente las coordenadas y las elevaciones de los puntos trasladados antes de perturbar los puntos iniciales.

- Secciones transversales: estas se levantarán conjuntamente por el contratista y la supervisora y deberán obtenerse normales a la línea central. Su espaciamiento no deberá exceder de 20 metros. Cuando haya cambios muy notorios en la conformación del terreno, se tomarán secciones transversales adicionales donde el terreno lo requiera. Las secciones transversales se deberán tomar en un ancho hasta la intersección del pie o la corona de talud proyectado con el terreno natural. Todas las distancias de las secciones transversales deberán ser proyecciones horizontales a partir de la línea central. Para cada sección se levantarán puntos de control en cada punto de ruptura, pero no menos de 5 metros entre ellos.
- Estacas de talud y auxiliares: se deberán colocar estacas de talud y auxiliares, a ambos lados de la línea central, en las ubicaciones de cada sección transversal. Las estacas de talud deberán colocarse en los puntos de intersección de la pendiente del talud con la línea del terreno natural. Se colocarán estacas auxiliares del pie de talud afuera de los límites establecidos para la limpia. Toda la información relacionada con las estacas de talud deberá ser incluida en las estacas auxiliares. Las estacas de talud en cualquier sección, que no coincidan con el levantamiento topográfico de las tolerancias establecidas, deberán ser trasladadas. También se deben colocar estacas indicando los puntos de balance del movimiento de tierras.
- Límites de limpia, chapeo y destronque: el contratista deberá colocar estacas para delimitar los límites de limpia, chapeo y destronque, a ambos lados de la línea central, en las estaciones de las secciones transversales.

- Restablecimiento de la línea central: el contratista deberá colocar estacas de línea central, cada 20 metros como mínimo, a partir de las referencias entregadas por la supervisora y restablecer estas estacas cuantas veces sea necesario para la construcción de la obra.
- Estacas finales para la rasante: el contratista deberá colocar estacas finales al nivel de subrasante, a lo largo de la línea central y a ambos lados de la misma. Así también en la parte superior de la subrasante y en la parte superior de cada capa del pavimento. Cuando el replanteo haya sido aceptado, se podrán iniciar las operaciones de construcción. En la intersección de la carretera con otro camino, el contratista deberá colocar estacas a lo largo de la línea central, de ambos ejes centrales, así como las correspondientes estacas de los hombros. Cuando existan carriles de aceleración o desaceleración, deberá colocar estacas de línea central de ambos ejes, así como sus estacas en los hombros, de acuerdo con las rasantes correspondientes.
- Puentes: con base en las referencias entregadas por la supervisora, el contratista debe establecer en el campo la localización y ejes de todos los elementos de la subestructura, de acuerdo con lo mostrado en los planos.
- Bancos de préstamo: el contratista deberá efectuar los trabajos especiales para el replanteo inicial y las medidas de los bancos de préstamo. Deberá establecer una línea de base referenciada, límites del sitio y límites de limpieza. Asimismo, se deberá efectuar un levantamiento topográfico y registrar las secciones transversales iniciales y finales.

- Monumentos y marcadores permanentes: el contratista deberá efectuar todos los levantamientos topográficos necesarios para establecer la localización de los monumentos y los marcadores permanentes.

4.1.1.2. Señalización y mantenimiento

Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos temporales, para control y mantenimiento de la seguridad del tránsito dentro del proyecto y carreteras adyacentes, el mantenimiento de la sección abierta y destinada al tránsito durante el período constructivo.

El trabajo deberá ser ejecutado de manera que se garantice la conveniencia y la seguridad del público y se proteja a los residentes y a la propiedad adyacente al proyecto. El tránsito público deberá ser acomodado en las calles o sitios adyacentes al proyecto y dentro del mismo, hasta que este sea aceptado.

Para el mantenimiento del tránsito, se prevén los siguientes casos:

4.1.1.2.1. Tránsito dentro de la obra

Cuando la obra consista en efectuar mejoras a una carretera existente o haya construcción nueva en la misma y no existan caminos paralelos o desvíos para encauzar por ellos el tránsito público, la carretera existente debe conservarse abierta al mismo, debiendo el contratista mantenerla en condiciones de transitabilidad cómoda, entendiéndose por esta sin baches ni obstáculos, cumpliendo con los requisitos de seguridad y con el mínimo de obstrucciones o retrasos para los usuarios.

La seguridad deberá garantizarse por medio de elementos de señalización que garanticen el tránsito seguro y fluido sobre la carretera. Cuando el paso del tránsito público perjudique las operaciones del contratista, este podrá cerrarlo durante las horas y en los tramos que el ingeniero le autorice por escrito.

En este caso y por lo menos con tres días de anticipación, antes de cerrar determinado tramo, el contratista debe publicar por lo menos en dos diarios de mayor circulación, un aviso en que se informe al público el tramo o tramos que estarán cerrados durante las horas autorizadas, indicando las horas en que serán abiertos al tránsito público y las precauciones que este debe tomar.

El contratista debe poner barricadas claramente visibles con pintura reflectiva, y en los períodos en que se abra al tránsito y sea necesario; un carro piloto del contratista debe guiarlo a lo largo del tramo en construcción, para asegurar que se mantenga una velocidad restringida, cumpliendo con lo mencionado anteriormente. Para lograr estos objetivos, el contratista empleará todos los recursos necesarios que aseguren el tránsito ordenado dentro de la zona de construcción. Se recomienda el uso de radiodifusoras locales al lugar de la obra, para la difusión de las horas en que permanecerá cerrado el tramo.

4.1.1.2.2. Desvío del tránsito

Cuando existan veredas o caminos en uso, el contratista podrá desviar por ellos el tránsito público, debiendo en tal caso, habilitarlos y mantenerlos. Para el efecto, el contratista debe tener la aprobación previa del delegado residente. El contratista podrá aprovechar los tramos del derecho de vía para desviar el tránsito público, donde esto sea factible.

Al terminar de usarlos debe dejar todos estos desvíos por lo menos en un estado igual o mejor a como se encontraban originalmente.

En casos de fuerza mayor y cuando el delegado residente ordene trabajos especiales o imprevistos que sean indispensables para el mantenimiento del tránsito público, el contratista recibirá compensación adicional por estos trabajos, con cargo a los renglones de contrato y si no los hubiera, por medio de un acuerdo de trabajo extra.

Cuando se trate de una obra nueva, donde anteriormente no ha habido camino en servicio público, el contratista no está obligado a mantener el tránsito, pero si se le ordenare efectuarlo, será compensado económicamente.

Durante la conferencia de preconstrucción, y en un tiempo que no supere los 30 días de iniciada la obra, el contratista deberá presentar el plan de seguridad, control del tránsito y mantenimiento de la obra, que se aplicará durante todo el tiempo contractual, incluyendo los períodos de descanso y de paros en el proyecto, a efecto de que no se cause molestias e inconvenientes a los usuarios, el cual deberá aprobarse por el ingeniero. El plan incluirá lo siguiente:

- Detalle de las actividades de mantenimiento a efectuar, con la frecuencia respectiva, estableciendo el tiempo de inicio y de ejecución de las mismas.
- Enumerar y detallar los dispositivos de señalización a implementar especificando su localización.

- Establecer y definir los desvíos, los caminos auxiliares y todo canal de tránsito previsto durante la obra.

Además, las acciones que se deben considerar para la ejecución del plan serán las siguientes:

- La implementación del programa.
- Coordinar las operaciones de control de tránsito, incluyendo aquellas de los subcontratistas y los proveedores.
- Corregir inmediatamente las deficiencias en el control del tránsito.
- Coordinar las operaciones para el mantenimiento del control del tránsito, con el personal de la supervisora.
- Verificar que los dispositivos para el control del tránsito que no estén en uso, sean manejados y almacenados adecuadamente.
- Organizar reuniones periódicas para tratar aspectos relacionados con la seguridad del tránsito, en la que participe el delegado residente.
- Suministrar un reporte mensual en el que conste que las inspecciones y las revisiones fueron realizadas y que los dispositivos para el control del tránsito cumplen con los requerimientos contractuales. Incluir el número y tipo de dispositivos en uso. Informar en este reporte semanal todos los cambios o las acciones correctivas tomadas, para garantizar el paso seguro del tráfico público dentro del proyecto.

El contratista debe proporcionar y mantener, a su costa, las barricadas, señales de precaución y dirección, banderas rojas y luces de prevención, que a juicio del delegado residente sean necesarias para la protección del trabajo y la seguridad y conveniencia del público.

Las carreteras cerradas al tránsito serán protegidas por el contratista, por medio de barricadas efectivas, en las que se colocarán señales de precaución y dirección; en todos los cierres, intersecciones y a lo largo de las rutas de desvío, señalando el tránsito alrededor de las partes cerradas de la carretera. Todas las barricadas y obstrucciones deben estar iluminadas durante la noche y todas las luces deben permanecer encendidas desde la puesta del sol hasta el amanecer, o en su defecto, tener señales reflectivas.

El contratista deberá tener como mínimo las siguientes señales para la protección de la obra: señales reversibles de “DETENCIÓN/PASO”; señales de velocidad máxima; señales de estrechamiento de calzada para ambos lados (derecho e izquierdo, según sea el caso); señales de fin de prohibiciones; vallas de cierre de carril; conos de balizamiento y señales luminosas.

- Colocación de la señalización en la carretera: será en el siguiente orden: las señales de obras se colocarán 500, 300 y 100 metros antes de la zona de trabajo; las señales de estrechamiento de calzada a 100 metros de la zona de trabajo; las señales de velocidad máxima, 300 metros, 100 metros y al inicio del área de trabajo; los conos de balizamiento en la embocadura de llegada a la zona de trabajo y luego a lo largo del tramo con un espaciamiento máximo de 10 metros, limitando la zona de trabajo y las señales de fin de prohibiciones, 50 metros más allá de la zona de trabajo. Todas las señales se colocarán al inicio y al final de la zona de trabajo.

- Señalización nocturna: se deberá tener en cuenta las consideraciones siguientes: antes de ser colocadas las lámparas, estas deberán tener baterías eléctricas debidamente cargadas y limpias; las lámparas que utilicen queroseno o cualquier otro tipo de combustible, deberán tener el tanque lleno y con la mecha adecuada. La señalización se deberá observar a lo largo de toda la sección en construcción y usar pintura reflectiva en las secciones ya terminadas. Los tramos que no se encuentren dentro de los grupos mencionados anteriormente, deberán contar con la señalización especificada para uno o el otro caso expuesto, de acuerdo con los requerimientos para la correcta visualización del usuario.
- Abanderados: deberán utilizar el equipo de protección personal descrito anteriormente; el abanderado deberá estar de pie cerca de las vallas para moverlas de acuerdo con la orden de paso o de detención que corresponda; el abanderado entrante decidirá el momento de parar el flujo de tránsito y dar paso al tránsito de la otra dirección. Entre los abanderados la comunicación se efectuará por medio de sistemas de radio.
- Zona de trabajo: el contratista es responsable durante la ejecución de la obra, de cumplir con todas las leyes y demás disposiciones de seguridad. Si durante la ejecución de los trabajos, el delegado residente considera peligrosa cualquier operación, trabajo o condición derivada de los mismos, lo notificará al contratista para que este haga las correcciones necesarias en forma inmediata. Para conservar los trabajos que se efectúen en la carretera y la seguridad de los usuarios y trabajadores, se deberán observar las consideraciones siguientes:

- No se debe dejar cordón de material de arrastre al borde de la carretera durante la obra; todo el material de trabajo se debe volcar en un lugar adyacente y a un lado de la carretera, comenzando su volcamiento desde el extremo alejado del tramo, para que el material no impida la descarga del nuevo.
- No se debe limitar las zonas de trabajo con piedras, piezas con espigas de maleza o tablas con clavos; durante la noche, la zona de trabajo debe quedar en condiciones de seguridad; es necesario hacer desaparecer todos los obstáculos de la carretera.
- El contratista deberá llevar a cabo un control del polvo durante la fase constructiva. Este trabajo deberá incluir el abastecimiento, acarreo y aplicación de agua para el control de polvo causado por las operaciones del contratista y el tránsito de los usuarios de la carretera.
- Las fuentes de agua deberán ser suministradas por el contratista. El agua deberá estar libre de materiales dañinos y razonablemente limpia.
- El agua deberá ser aplicada en los lugares, en las cantidades y durante las horas, incluyendo noches, que sean indicadas por el delegado residente. El agua deberá ser aplicada por medio de distribuidores a presión o tuberías equipadas con un sistema de rocío o mangueras con boquilla que aseguren una aplicación de agua en las cantidades ordenadas.

- Vehículos y maquinaria: las medidas mínimas de seguridad que deben observarse en la obra, referentes a la maquinaria y los vehículos, son las siguientes: todos los vehículos deben trabajar con faros encendidos, además de contar con luces de ráfagas amarillas; si no se dispone de estas últimas, deberán llevar banderines de color rojo, en un lugar visible. Toda la maquinaria debe llevar delante y detrás, zonas ocupadas por franjas en color rojo y blanco de pintura o papel reflectante. La maquinaria debe trabajar en la misma dirección en que circula el tráfico y el conductor de la maquinaria no debe estacionarse en intersecciones ni en curvas.

La maquinaria deberá ser operada de acuerdo con las velocidades máximas y mínimas permisibles, que no pongan en riesgo la seguridad de usuarios de la carretera y trabajadores de la obra. Se deberá contar con operarios de dirección, los cuales deberán atender a las máquinas dirigiendo el tráfico y los giros de las máquinas.

Cuando el contratista no esté utilizando su equipo, debe estacionarlo fuera de la carretera hasta una distancia de tres metros de la vía de tránsito. Cuando esto no sea posible, debe colocar señales reflectoras que indiquen claramente la presencia de este obstáculo.

El contratista deberá cumplir con todas las restricciones legales sobre las cargas, en relación con el acarreo de materiales en las carreteras fuera de los límites del proyecto. Será responsable por todos los daños causados por las actividades de construcción y deberá reparar o reponer aquellas obras dañadas de una manera aceptable al delegado residente y sin costo alguno al Estado.

Estando la obra a cargo del contratista, este será responsable por el mantenimiento de la carretera autorizada para el tránsito público, en toda su longitud, incluyendo las intersecciones con senderos, carreteras, calles, negocios, parqueos, residencias, garajes, fincas u otros elementos.

Los trabajos incluirán el bacheo, perfilado, conformado, la limpieza del derecho de vía, tuberías y obras de arte y todas las tareas que sean necesarias para mantener la vía de tránsito libre de todo accidente u obstáculos que puedan perturbar un cómodo y seguro paso vehicular.

El contratista también será responsable de dar mantenimiento al tramo en que no esté laborando. Si en opinión del delegado residente, el mantenimiento de la carretera efectuado por el contratista no es satisfactorio, aquel podrá emitir una orden de campo, solicitando el incremento de maquinaria, equipo y mano de obra y darle las instrucciones necesarias para la adecuada ejecución del trabajo. En este caso, el contratista deberá ejecutarla de forma inmediata.

Si el contratista tiene discrepancia, lo hará saber por escrito al delegado residente, el que lo someterá a la consideración del ingeniero, quien resolverá después de oír a ambas partes, sin interrumpir la referida orden, tomando en cuenta lo siguiente:

- Uso de caminos locales para acarreo: en obras en que sea necesario el acarreo de material y la movilización de equipo por caminos y calles públicas, el contratista debe mantener tales caminos y calles, dejándolos en igual o mejor estado al encontrado cuando se inició el acarreo; todo ello a su costa. Las molestias que ocasione el polvo, debido a las operaciones de acarreo del contratista por los caminos y calles públicas, debe reducirlas en la forma más satisfactoria posible.

- Acceso a propiedades adyacentes: el contratista debe construir todos aquellos accesos a la propiedad adyacente a la carretera, siguiendo las indicaciones del delegado residente para cada caso. Cuando ya exista un acceso en uso, este no podrá cerrarse sino hasta que se habilite el nuevo.

Cuando el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda resuelva la intervención de la obra, el mantenimiento de la misma correrá a cargo de la entidad interventora o según se estipule en el documento de intervención.

En relación con las operaciones nocturnas, se deberá suministrar un sistema de iluminación previamente aprobado por el delegado residente. Para obtener dicha aprobación, es necesario indicar los tipos de luces, intensidad, altura, localización y la manera en que se moverán las luces. Esta información se deberá presentar por lo menos 14 días antes de utilizar el sistema. Puede utilizarse una fuente independiente distinta a los faros de los vehículos y del equipo de construcción. No se deberá utilizar luces incandescentes.

Se debe suministrar e instalar el sistema aprobado para iluminar toda el área de trabajo. Las luces se ubicarán de tal forma que no alumbren directamente a los conductores de vehículos que viajen en cualquier dirección. Si la operación del equipo de construcción es movable, las luces se deberán mover junto con el equipo. Es necesario proveer iluminación en las localizaciones de los abanderados.

Todos los vehículos deberán ser equipados con una luz amarilla intermitente colocada en el techo. Todos los avisos de precaución también serán obligatorios.

Para el mantenimiento de la carretera durante los periodos de suspensión y descanso, el contratista dará mantenimiento al tránsito en aquellas partes del proyecto y caminos provisionales o partes de los mismos, que sean necesarios para acomodar el tránsito durante períodos de suspensión parcial de trabajo o períodos de suspensión total.

Antes de las suspensiones de trabajo, el contratista deberá dar el mantenimiento y abrir al tránsito a las partes del proyecto y caminos provisionales o partes de los mismos, para acomodarlo en tal condición, que el camino utilizado por el tránsito se pueda mantener con mantenimiento rutinario.

El contratista debe planear su trabajo para que no cause inconveniencias al público, ni dañe la carretera.

4.1.2. Movimiento de tierras

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria. Las operaciones del movimiento de tierras en el caso más general son:

- Excavación o arranque
- Carga
- Acarreo
- Descarga
- Extendido
- Humectación o desecación
- Compactación
- Servicios auxiliares (refinos, saneos, etc.)

Los materiales se encuentran en la naturaleza en formaciones de muy diverso tipo, que se denominan bancos en perfil, cuando están en la traza de una carretera, y en préstamos, fuera de ella. La excavación consiste en extraer o separar del banco porciones de su material. Cada terreno presenta distinta dificultad a su excavabilidad y por ello en cada caso se precisan medios diferentes para afrontar con éxito su excavación.

Los productos de excavación se colocan en un medio de transporte mediante la operación de carga. Una vez llegado a su destino, el material es depositado mediante la operación de descarga.

Esta puede hacerse sobre el propio terreno, en tolvas dispuestas para tal efecto. Para su aplicación en obras públicas, es frecuente formar, con el material aportado, capas de espesor aproximadamente uniforme, mediante la operación de extendido.

De acuerdo con la función que van a desempeñar las construcciones hechas con los terrenos naturales aportados, es indispensable un comportamiento mecánico adecuado, una protección frente a la humedad, etc. Estos objetivos se consiguen mediante la operación llamada compactación, que debido a un apisonado enérgico del material, consigue las cualidades indicadas.

4.1.2.1. Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos

- Estructuras existentes: son casas, edificios, pavimentos, aceras, puentes, alcantarillas y otras estructuras.

- Servicios existentes: son los servicios públicos y privados, tales como de telecomunicaciones, ferroviarios, de energía eléctrica, tuberías de agua potable, drenajes domiciliarios y otros.
- Obstáculos: son árboles, arbustos, cultivos, plantas, postes, cercas, señales, indicadores, monumentos y otros.

Este trabajo consiste en el retiro total o parcial y en la satisfactoria disposición de las estructuras, servicios existentes y obstáculos, las excavaciones y rellenos compactados que sean necesarios, la recuperación y utilización de los materiales, artefactos u otros bienes, cuando así se indique en las disposiciones especiales, y la protección de las estructuras, servicios existentes y obstáculos que deban permanecer en su lugar. Todo de conformidad con lo que se muestre en los planos y/o describa en las disposiciones especiales.

El retiro de estructuras existentes se debe efectuar como sigue:

- Retiro de casas o edificios. El contratista debe retirar y disponer de las casas o edificios, incluyendo cimientos, equipo, artefactos, muebles, enseres u otros bienes, como se indique en los planos y/o describa en las disposiciones especiales. Las excavaciones que queden como resultado del retiro de los cimientos o de la estructura, se deben rellenar hasta el nivel del terreno circundante, y si estas están dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe compactar de acuerdo con los requisitos aplicables.
- Cimientos, materiales y escombros: cuando el trabajo incluya la demolición de casas o edificios, el contratista debe previamente tomar

las precauciones necesarias, para evitar daños a las propiedades adyacentes y proteger la vida de las personas. Los cimientos se deben demoler hasta una profundidad mínima de 30 centímetros. Los materiales y escombros deben ser retirados del derecho de vía y ser colocados en donde se haya indicado en los planos y/o disposiciones especiales o lo autorice el delegado residente. No se debe permitir que los desechos de demolición ingresen en las vías pluviales, carriles abiertos al tráfico o en áreas designadas como no perturbables.

- Retiro de pavimentos, aceras y otros: los pavimentos, aceras y bordillos, bases de cemento y otros designados en los planos y/o descritos en las disposiciones especiales para su remoción, deben ser quebrados en pedazos de tamaño apropiado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el delegado residente. En la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no debe exceder de $2/3$ del espesor de la capa en que se vayan a colocar. En ningún caso el volumen de los fragmentos debe exceder de 28 dm^3 , debiendo ser apilados en los lugares que hayan sido designados en los planos y/o disposiciones especiales, a menos que el delegado residente autorice otro lugar.

En relación con el retiro de servicios existentes, el contratista debe retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño los servicios públicos o privados existentes, según se indique en los planos y/o describa en las disposiciones especiales. El retiro, cambio o restauración, debe efectuarlo el contratista con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa, o si esto es inevitable, reducir la interrupción al mínimo de tiempo necesario para efectuar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el contratista debe proporcionar e instalar las defensas apropiadas que sean indicadas en los planos y/o disposiciones especiales o que sean autorizadas por escrito por el delegado residente.

El contratista debe eliminar, retirar, recolocar o proteger los obstáculos, según se muestre en los planos y/o describa en las disposiciones especiales. Cuando no se deban remover, el contratista debe tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que sean indicadas en los documentos citados, o autorizadas por escrito por el delegado residente.

4.1.2.2. Limpieza y chapeo

La limpia, chapeo y destronque se refieren a las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.

Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar, o que tenga que ser removida.

El trabajo también incluye la debida preservación de la vegetación que se deba conservar, a efecto de evitar cualquier daño que se pueda ocasionar a la carretera o a cualquier propiedad.

Los límites del área del derecho de vía que deba ser limpiada, chapeada y destroncada son los indicados en las disposiciones especiales o en los planos. Las operaciones de limpia, chapeo y destronque se deben efectuar previamente a la iniciación de los trabajos de terracería. Con el objeto de evitar la erosión, el delegado residente ordenará qué vegetación debe permanecer en su lugar, de la que esté dentro de los límites del derecho de vía pero fuera del área de construcción; asimismo puede ordenar la preservación de árboles u otra vegetación que estén fuera del área de construcción.

En áreas donde se deba efectuar la excavación no clasificada, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de 600 milímetros debajo de la superficie de la subrasante; el área total debe ser limpiada de matorrales, troncos carcomidos, raíces y otras materias vegetales u orgánicas susceptibles de descomposición.

Las áreas que se deban cubrir con terraplenes, se deben desraizar a una profundidad no menor de 300 milímetros, o a 600 milímetros cuando los troncos estén deteriorados; en ambos casos, debajo del terreno original. Los troncos en buen estado, se pueden dejar en su lugar, siempre que se corten por lo menos a 1 metro debajo de la subrasante terminada, o a no más de 150 milímetros sobre el terreno original.

Todos los troncos que estén fuera del área de excavación o de terraplenes, deben ser desraizados a una profundidad no menor de 300 milímetros debajo de la superficie del terreno original. Se deben retirar del lugar de la obra, todos los troncos de árboles, tocones, ramas y cualesquiera otros residuos removidos durante las operaciones de limpia, chapeo y destronque, las que se deben efectuar antes de que principien las operaciones de terracería.

El área del derecho de vía, así como las áreas adyacentes, deben quedar completamente limpias de desechos, materias inflamables y con la mejor apariencia.

En ningún caso, se deben dejar desechos o troncos a la vista en la carretera, ni depositarlos en lugares adyacentes al derecho de vía.

4.1.2.3. Excavación y relleno

La excavación estructural se refiere a las operaciones de excavar y rellenar y demás trabajos necesarios para cimentar o colocar las estructuras que conforman al puente vehicular.

Este trabajo consiste en la excavación y relleno para la construcción de estructuras. Incluye la limpia, chapeo y destronque del lugar de la obra, excepto que se indique de otra manera en las disposiciones especiales; remoción de todo el material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones, la construcción del embreizado, apuntalamiento, tablestacado y encofrado que fueren necesarios, así como su retiro posterior; el bombeo, reducción del agua, drenaje y colocación de un sello de concreto, si es necesario; la compactación del relleno, acondicionamiento del material sobrante o inadecuado, y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

Se exceptúan las excavaciones y rellenos que se deban efectuar con cargo a otras secciones de estas especificaciones generales.

El contratista debe suministrar material granular permeable, libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped u otro material deletéreo.

El contratista debe notificar, con suficiente anticipación, al delegado residente, que iniciará los levantamientos topográficos necesarios para la localización de la excavación estructural en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate.

En las áreas donde se vaya a efectuar la excavación estructural, se debe realizar previamente el trabajo de limpia, chapeo y destronque.

Cuando dentro de los límites de la excavación, se encuentren estructuras y cimientos antiguos que no constituyan patrimonio cultural, rocas, trozas y cualquier obstáculo imprevisto, deben ser retirados por el contratista.

La excavación se debe efectuar hasta la profundidad mostrada en los planos o hasta donde lo ordene el delegado residente.

Cuando se complete la excavación, el contratista deberá solicitar al delegado residente la aprobación relativa al carácter y adecuación del material de cimentación. El suelo de cimentación deberá estar firme y ser uniforme a lo largo de todo el ancho y de toda la longitud.

En caso de que al llegar a las cotas de cimentación mostradas en los planos, el material sea inadecuado, el delegado residente puede ordenar por escrito al contratista que excave a mayor profundidad, a efecto de obtener material adecuado para la cimentación; o que excave a mayor profundidad y rellene con material adecuado. Los lugares para cimentaciones, se deben de excavar conforme las líneas de pago mostradas en los planos, para permitir la construcción de los mismos a todo su ancho y longitud y dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando la cimentación tenga que asentarse sobre una superficie excavada que no sea roca, se debe tener especial cuidado de no disturbar el fondo de la excavación y preparar la fundición del cimiento a efecto de no exponer el fondo de la misma.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se debe efectuar de tal forma, que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto.

Debe removerse la roca suelta o desintegrada y los estratos delgados; las grietas y cavidades que queden expuestas, deben ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero. El concreto utilizado para este propósito, se debe agregar al volumen de concreto de los cimientos.

Se realizará un relleno para estructuras; este trabajo consiste en la excavación, remoción y transporte del material apropiado, excavación del material inadecuado y su reemplazo, colocación del material con la humedad requerida, conformación y compactación del relleno, y la limpieza final que sea necesaria para la adecuada terminación del trabajo.

El contratista debe notificar con suficiente anticipación, al delegado residente que iniciará los levantamientos topográficos que sean necesarios y proporcionará las pruebas de laboratorio que comprueben la calidad del suelo para la cimentación del relleno, los materiales a utilizar y los lugares de donde serán extraídos.

No se medirá ni pagará ningún material de relleno que se haya colocado antes de que lo autorice el delegado residente.

Cuando dentro de los límites del relleno, se encuentre fango u otro material inadecuado para la cimentación del relleno, el contratista debe excavar tal material por lo menos 300 milímetros debajo de la superficie del terreno original o a la profundidad que indique el delegado residente. Este material debe ser retirado por el contratista y depositado donde autorice el delegado residente.

El contratista debe rellenar la excavación efectuada, con el material especificado, el cual debe ser debidamente conformado y compactado a la misma densidad especificada para el relleno.

Cuando el relleno a construir tenga 1 metro o menos de altura y el terreno original requiera ser escarificado, este debe ser compactado a la misma densidad especificada para el relleno.

No se debe colocar ningún relleno contra cualquier estructura de concreto, antes de que el concreto haya adquirido la resistencia para soportar los esfuerzos producidos por la construcción del relleno.

El relleno debe ser construido en capas sucesivas horizontales y de tal espesor, que permita la compactación especificada en esta sección. Los espesores de las capas a ser compactadas, deben ser determinados por el contratista, con la aprobación del delegado residente, de conformidad con la capacidad de la maquinaria o equipo que se vaya a utilizar, debiéndose efectuar ensayos para determinar el espesor máximo en cada caso, siempre y cuando se llenen los requisitos de compactación que se indican en estas especificaciones generales.

Al terminar el trabajo, el contratista debe dejar la estructura, lugar de la obra y áreas adyacentes que hayan sido afectadas por sus operaciones, completamente limpias y en condiciones presentables, retirar todas las estructuras provisionales, escombros, basura y material sobrante y no dejar obstrucciones que puedan ocasionar la acumulación de material arrastrado o socavaciones.

Todo el material procedente de las estructuras existentes que retire el contratista, debe apilarlo adecuadamente en los lugares más cercanos, sin causar obstrucciones ni afectar la apariencia de la obra. La madera de la obra falsa debe ser quitada cuidadosamente.

4.1.3. Estructuras

Una estructura consiste en una serie de partes conectadas con el fin de soportar una carga. Ejemplos de ellas son los edificios, los puentes, las torres, los tanques y las presas. El proceso de crear cualquiera de estas estructuras requiere planeación, análisis, diseño y construcción.

Al crear una estructura para que cumpla una función específica de uso público, primero debe considerarse la selección de una forma estructural que sea segura, estética y económica. Esta es usualmente la fase más difícil y a la vez más importante de la ingeniería estructural.

A menudo se requiere de varios estudios independientes con diferentes soluciones, antes de decidir cuál es la forma (arco, armadura, marco, etc.) más apropiada. Una vez tomada esta decisión se especifican las cargas, materiales, disposición de los miembros y sus dimensiones de conjunto.

Está claro que la habilidad necesaria para llevar a cabo esas actividades de planeación se adquiere normalmente después de varios años de experiencia en el arte y ciencia de la ingeniería.

Este trabajo precisamente es de la planificación de un puente vehicular, por lo que como se ha mencionado antes, es fundamental que se elabore objetivamente.

Para analizar apropiadamente una estructura, deben hacerse ciertas idealizaciones sobre cómo están soportados y conectados los miembros entre sí. Una vez que se ha determinado esto, se han especificado las cargas; las fuerzas en los miembros y sus desplazamientos pueden encontrarse utilizando la teoría de la mecánica estructural.

Una vez obtenidas las cargas internas de un miembro, el tamaño de este puede determinarse de manera que se satisfagan los criterios de resistencia, estabilidad, y deflexión, como está asentado en las normas y códigos en vigor.

Además, las conexiones entre los miembros pueden diseñarse por resistencia y las dimensiones detallarse de manera que todas las partes queden ajustadas entre sí en forma apropiada.

En relación con la construcción, la fase final requiere ordenar diversos componentes de la estructura y planear las actividades que implican el montaje real de esta.

Respecto de esto, todas las fases de la construcción deben inspeccionarse para garantizar que la estructura está siendo construida de acuerdo con los planos de diseño especificados.

4.1.3.1. Concreto estructural

Es el concreto de calidad especificada para uso estructural producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos, en las proporciones adecuadas.

El trabajo consiste en la fabricación, suministro en el lugar de la obra, manejo, colocación, curado y acabado del concreto estructural, para puentes, alcantarillas, pavimentos y otras estructuras de concreto o partes de ellas, de conformidad con el trazado, alineación y niveles requeridos en los planos y lo prescrito en las distintas secciones de estas especificaciones generales, que cubren construcciones de concreto hidráulico. Las clases de concreto se indican a continuación se deben emplear de acuerdo a lo indicado en los planos, disposiciones especiales y en las distintas secciones de estas especificaciones generales que cubren construcciones de concreto.

Tabla VIII. Clases de concreto

Clases de concreto	Resistencia a 28 días	
	MPa	Lb/pulg ²
42 (6 000)	42	(6 000)
38,5 (5 500)	38,5	(5 500)
35 (5 000)	35	(5 000)
31,5 (4 500)	31,5	(4 500)
28 (4 000)	28	(4 000)
24,5 (3 500)	24,5	(3 500)
21 (3 000)	21	(3 000)
17,5 (2 500)	17,5	(2 500)
14 (2 000)	14	(2 000)

A menos que en las disposiciones especiales se estipulen otra duración de días.

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf.

Consulta: 12 de febrero de 2013.

Los cementos hidráulicos 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 595 o COGUANOR NG 41001 y ASTM C 1157, para cementos hidráulicos mezclados y debiendo indicarse su clase de resistencia en MPa o en lbs/pulg².

En Guatemala se comercializan los cementos hidráulicos, asignándoles una clase de resistencia de 21, 28, 35 y 42 MPa (3 000, 4 000, 5 000 y 6 000 lb/pulg²), que corresponde a una resistencia mínima de 28 días en morteros de cemento normalizados AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10.

Cuando no se especifique el cemento a usar, pueden emplearse indistintamente los siguientes cementos: el cemento *portland* ordinario tipo I o II, el cemento *portland* modificado con puzolanas (IPM), el cemento *portland* puzolánico (IP), el cemento *portland* modificado con escorias de alto horno (ISM) y el de escorias de alto hornos (IS). Todos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4 000 lb/pulg²) o mayor.

Cuando se utilicen cementos de los tipos IV, V, P y PA, se deberán tener en cuenta debidamente, los efectos de la ganancia de resistencia más lenta en la dosificación del concreto y las prácticas de construcción. Para todos los cementos puzolánicos, la sustitución por ceniza fina deberá limitarse a un 10-20 por ciento en peso del cemento puzolánico.

Los cementos de los tipos S y SA solamente serán permitidos cuando sean mezclados con cemento *portland* en las proporciones aprobadas por el delegado residente.

Si se propone el uso de cemento mezclado (AASHTO M 240), se deberán aplicar todos los requisitos especificados para cemento modificado con ceniza fina en las secciones aplicables.

El empleo de otros tipos de cemento debe estar establecido en los planos o en las disposiciones especiales, o ser aprobado previamente por el delegado residente.

No deben mezclarse cementos de diferentes tipos o de diferentes plantas cementeras, sin la aprobación del delegado residente.

En relación con el agregado fino, de acuerdo con AASHTO M 6, clase B, incluyendo el requisito suplementario de reactividad potencial del agregado, excepto lo siguiente: no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio, la pérdida de masa, será no mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T 104.

Las cantidades de sustancias perjudiciales permisibles serán las establecidas para clase B y cuando el caso lo amerite, serán fijados en las disposiciones especiales.

El porcentaje permisible en masa de material de baja densidad constituido por pómez y otros materiales piroclásticos debe ser fijado por el delegado residente, para cada caso particular.

Cuando el material de baja densidad sea carbón, lignito o mica u otro mineral liviano no piroclástico, el porcentaje máximo permisible en masa será de 1.0.

La arena de mar, podrá usarse únicamente en concreto no reforzado, cuando además de llenar los requisitos aquí establecidos, no produzca un cambio de más de 25% del tiempo de fraguado del cemento, o una reducción de más del 10% de la resistencia a compresión en morteros de cemento hidráulico a 7 y 28 días, en relación con la resistencia obtenida de morteros hechos con arena normalizada, de acuerdo con AASHTO T 106 (ASTM C 109).

La graduación del agregado debe estar dentro de los límites de la siguiente figura:

Tabla IX. **Graduación de los agregados**

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje en masa que pasa
9,500 mm 3/8''	100
4,750 mm No. 4	95-100
2,360 mm No .8	80-100
1,180 mm 16	50-85
0,600 mm 30	25-60
0,300 mm 50	10-30
0,150 mm 100	2-10
0,075 mm 200	0-5
Para concreto de pavimentos estos límites pueden quedar: de 5-30 para tamiz 0,300 mm (No. 50) y de 0-10 para tamiz 0,150 mm (No. 100). Para concreto sujeto a desgaste superficial, estos límites se reducen a 0-3.	

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf.

Consulta: 12 de febrero de 2013.

- Para arena triturada, si el material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No.200) consiste en el polvo de la trituración, libre de arcilla o esquistos arcillosos, el límite de material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No. 200) puede ser elevado a 5%, en concretos sujetos a desgaste superficial y a 7% en otros concretos.

- El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto.
- El agregado fino deberá tener un equivalente de arena mínimo de 75. cuando sea ensayado de acuerdo con lo establecido en AASHTO T 176, alternativa 2.

El módulo de finura de un agregado se determina de la suma de los porcentajes por masa, acumulados retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, dividida entre 100: 75 mm (3"), 38,1 mm (1½"), 19 mm (¾"), 9,5 mm (⅜"), 4,75 mm (No.4), 2,36 mm (No.8), 1,18 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), y 0,150 mm (No. 100).

Agregado grueso: debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C 33; excepto que no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio, la pérdida de masa debe ser no mayor de 15% después de cinco ciclos, conforme AASHTO T 104 o ASTM C 88. Además, el porcentaje de desgaste debe ser no 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 porcentaje de partículas planas (relación de ancho a espesor mayor de 3) y de partículas alargadas (relación de largo a ancho mayor de 3) o alternativamente, el porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor de 3), según se establezca en las disposiciones especiales, no debe sobrepasar de 15% en masa.

El porcentaje de partículas friables (o desmenuzables) y/o de terrones de arcilla no debe exceder del 5% en masa, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en masa. Los límites para otras sustancias perjudiciales serán fijados para cada caso en las disposiciones especiales.

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, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o aguas salobres y de pantanos no debe usarse para concreto reforzado.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse de forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

Los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa del delegado residente y de acuerdo con 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 contengan elementos galvanizados o de aluminio.

Previo a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo, utilizando los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. 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 muy rápido del concreto.

Los aditivos permisibles son los siguientes:

- Aditivos incorporadores o inclusores de aire: estos deben cumplir con lo prescrito en AASHTO M 154, ASTM C 260 o COGUANOR NGO 41069.
- Aditivos retardantes: estos deben cumplir con los requisitos para aditivos tipo B o tipo D, establecidos en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NGO 41070.
- Aditivos acelerantes: estos deben cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipo C, establecidos en ASTM C 494, AASHTO M 194 o COGUANOR NGO 41070, excepto que no deberán contener cloruros.
- Aditivos reductores de agua, reductores de agua y retardantes, reductores de agua y acelerantes, reductores de agua de alto rango y reductores de agua de alto rango y retardantes. Deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos A, D, E, F y G, respectivamente, en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NG 41070.
- Aditivos plastificantes, plastificantes y retardantes: deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos I y II en ASTM C 1017 o COGUANOR NG 41047.

- Cloruro de calcio: cuando se especifique su empleo como aditivo acelerante, debe usarse solo para concreto simple sin refuerzo que no tenga aluminio ahogado, o que no sea fundido contra formaletas de metal galvanizado.
- Ceniza volante de carbón y otras puzolanas naturales o artificiales: al emplearse como aditivos minerales en el concreto, deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 295, ASTM C 618 o COGUANOR NG 41045.
- Escoria granulada de alto horno: cuando se les emplee como aditivo mineral en el concreto, deben cumplir con lo indicado en AASHTO M 302 y ASTM C 989, para grados 100 y 120.
- Humo de sílice: al emplearse como aditivo mineral en el concreto, debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 307 y ASTM C 1240. Los aditivos como ceniza volante de carbón, escoria granulada de alto horno y humo de sílice pueden ser utilizados en casos especiales como reemplazo parcial del cemento, siempre que no existan en el mercado cementos hidráulicos mezclados o adicionados que contengan estos aditivos, en cuyo caso se especificará preferentemente el empleo de dichos cementos.
- Aditivos expansivos y reductores de contracción: cuando se especifique el uso de estos aditivos (para cementos expansivos o cementos de contracción compensada), estos materiales deben cumplir con ASTM C 845 y no producir efectos nocivos secundarios en el concreto.

Los ensayos de los aditivos deben hacerse, en lo posible, utilizando el mismo cemento y agregados propuestos para el trabajo de que se trate.

El contratista puede seleccionar el o los aditivos a usar, de la lista de aditivos aprobados por el ingeniero, o bien presentar al delegado residente, las certificaciones de un laboratorio reconocido por el ingeniero, en las que se haga constar que el aditivo que se propone emplear cumple con los requisitos arriba establecidos.

4.1.3.2. Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para concreto y el acero estructural y tubos de acero que se utilicen como refuerzo del concreto, deben ajustarse a los requisitos estipulados a continuación.

Puede sin embargo, aceptarse el uso de otros tipos de acero de refuerzo, de acuerdo con otras especificaciones equivalentes, para lo cual el contratista debe presentar al delegado residente, copia traducida al idioma español de dichas especificaciones, así como los resultados de las pruebas y los certificados de laboratorio pertinentes, con su correspondiente traducción.

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.

Tabla X. **Acero de refuerzo**

TIPO DE REFUERZO	ESPECIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Barras corrugadas de acero de lingotes grados 300 (40), 400 (60) y 500 (75). 	AASTHTO M 31, ASTM A 615 o COGUANOR NGO 3601.
<ul style="list-style-type: none"> Barras corrugadas de acero de riel grados 350 (50) y 400 (60). 	AASTHO M 42, ASTM A 616 o COGUANOR NGO 36011.
<ul style="list-style-type: none"> Barras corrugadas de acero de eje grados 300 (40) y 400 (60). 	AASTHO M 53 o ASTM A 617.
<ul style="list-style-type: none"> Barras corrugadas de acero de baja aleación grados 300 (40) y 400 (60). 	ASTM A 706.

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf.

Consulta: 19 de febrero de 2013.

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% y las barras cumplan con una de las especificaciones indicadas anteriormente.

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”) de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society). El tipo y ubicación de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas de las barras de refuerzo, deberán indicarse en los planos o en las disposiciones especiales.

El acero de refuerzo debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros, bloques u otros soportes de madera u otro material adecuado y ser protegido hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

En el caso de acero de refuerzo recubierto con epóxico, se deberán soportar los haces de barras sobre soportes acolchonados. En su levantado y manipuleo, debe evitarse que las barras se doblen o rocen entre sí. Los haces de barras tampoco deben golpearse, ni dejarse caer o arrastrarse. Antes de usarse, deben inspeccionarse las barras, para determinar visualmente defectos del recubrimiento epóxico. Todas las áreas dañadas del revestimiento epóxico deben ser reparadas en obra por el contratista, con un material de reparación aprobado y que cumpla con la norma AASHTO M 284.

Las áreas a ser reparadas deben ser limpiadas del recubrimiento dañado, óxido y contaminantes superficiales. La resina de reparación debe ser aplicada prontamente para evitar oxidación. El grosor de la película aplicada debe ser no menor de 200 micrones y el traslape sobre el recubrimiento original, mayor de 50 mm o como se recomiende por el fabricante.

Deben tomarse las medidas necesarias para minimizar el daño al recubrimiento epóxico de las barras ya colocadas. No se permitirán reparaciones en obra a las barras con revestimiento severamente dañados, que son aquellas cuyas superficies dañadas excedan del 5% de la superficie total, en cualquier largo de barra de 50 mm o más. El contratista deberá remover y reemplazar las barras con revestimientos severamente dañados.

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 dispositivos adecuados para tal trabajo. Las barras parcialmente empotradas en el concreto, no deben ser dobladas en obra, a menos que los planos o las disposiciones especiales así lo indiquen, o el delegado residente lo permita.

Se podrá usar bajo control de la supervisora, la aplicación de calor para el doblado de las barras en el lugar de la obra, pero deben adoptarse precauciones para asegurar que las propiedades físicas y mecánicas del acero no sean alteradas sustancialmente.

En este caso, la temperatura de calentamiento debe estar entre 590° a 650°C y aplicarse de manera que se logre un calentamiento uniforme de la porción de la barra que será doblada en una longitud de barra de por lo menos 5 diámetros de la misma, a cada lado del centro del doblado.

La temperatura de la barra en la interface del concreto no debe exceder de 260°C. La temperatura de calentamiento se debe mantener hasta terminar el doblado o enderezado de la barra. La operación debe hacerse en ambiente protegido de lluvia, llovizna, corriente de aire u otros efectos que puedan ocasionar cambios bruscos de temperatura. Debe dejarse que las barras dobladas se enfríen lentamente, permitiéndose el uso de agua, aire u otro medio de enfriamiento rápido, hasta que la temperatura de la barra sea menor de 315°C

A menos que los planos lo muestren en otra forma, los dobleces deben hacerse de acuerdo con los requisitos siguientes:

- Los estribos de barras número 3 o menor, del grado 300 o menor, y las barras de amarre o sujeción del refuerzo, deben doblarse alrededor de un pasador de un radio no menor del diámetro del estribo o barra.
- Los dobleces para las otras barras, tendrán radios en el interior de la barra no menores de los indicados a continuación, salvo que se indique de otra forma en los planos y las disposiciones especiales. Además, el inicio del doblado no debe estar más cerca de la superficie de concreto que la distancia del diámetro mínimo del doblado.

Tabla XI. **Barras de acero**

Número de la barra	Radio mínimo del doblado interior
3 al 8	6 diámetros de barra
9, 10 y 11	8 diámetros de barra
14 y 18	10 diámetros de barra

Fuente: www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf.

Consulta: 5 de marzo de 2013.

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.

El óxido e irregularidades superficiales, no serán causa de rechazo, siempre que las dimensiones mínimas, área de la sección transversal y propiedades a tracción o tensión de una muestra cepillada a mano con cepillo de alambre, reúna los requisitos de tamaño y calidad especificados para dicho acero. Todo el mortero seco debe quitarse del acero. El acero de refuerzo debe estar colocado en el lugar indicado en los planos y aprobado por el delegado residente, antes de principiar a colocar el concreto.

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. No se permite el soldado de las intersecciones de barras de refuerzo.

El empalme de las barras, salvo donde lo indiquen los planos, no será permitido sin la aprobación escrita del delegado residente. Hasta donde sea factible, los empalmes en tensión deben localizarse alejados de los puntos de momento máximo o de las zonas de altos esfuerzos de tensión, de acuerdo con los cálculos de diseño. Las longitudes de traslape en tensión y compresión serán las que se indiquen en los planos y deben basarse en las longitudes de desarrollo del refuerzo y cumplir con los demás requisitos de espaciamientos y escalonamientos requeridos en ACI 318.

4.1.3.3. Estructuras de concreto

Son las subestructuras y superestructuras de concreto para puentes, las losas y aceras de concreto para puentes de acero, las estructuras de alcantarillas de concreto, muros de contención, losas de concreto para accesos de puentes y, en general, todas aquellas estructuras de obras viales que se construyan empleando concreto estructural.

Este trabajo consiste en la construcción de las estructuras de concreto requeridas para la obra, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto colado “*in situ*”, así como de los elementos prefabricados de concreto requeridos para la obra y que no estén específicamente cubiertos por otras secciones de estas especificaciones generales.

El contratista debe proveer el equipo necesario, adecuado y de la capacidad requerida para permitir que la fundición o colado máximo previsto se complete monolíticamente y dentro del tiempo estipulado. El equipo propuesto debe ser inspeccionado y/o ensayado y aprobado previamente por el delegado residente. Todo el equipo debe conservarse limpio y libre de costras de concreto o de mortero endurecido, lavándolo cuidadosamente con chorro de agua después de cada operación, o con más frecuencia, si fuere necesario.

El equipo de colocación consiste en bombas y tuberías, baldes o cubos, cucharones, tolvas, ductos de descarga, vagonetas, carretillas, canaletas, bandas transportadoras, *tremies*, etc.; debe permitir que el concreto sea colocado sin segregación y pérdida de agua. Es necesario tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- Tanto los baldes o cubos, movidos normalmente con grúas, como las tolvas y cucharones deben ser del tipo de descarga inferior, de sección circular y terminados en un cono a 60°, para permitir la descarga adecuada del concreto. Los ductos de descarga deben ser también de sección circular con pendiente de uno (1) vertical a dos (2) horizontal, en secciones de 600 mm a 1 m de largo. Para caídas largas se podrá combinar varios ductos de descarga.

- Las canaletas deben ser de metal o con revestimiento metálico, de sección circular y se les debe utilizar solamente para distancias cortas, preferiblemente de menos de 6 metros. Cuando se requiera distancias mayores, estas deben cubrirse para minimizar la pérdida de asentamiento y su pendiente debe ser tal, que permita que el concreto del asentamiento requerido fluya con la rapidez suficiente para mantener la canaleta limpia, pero no con tanta que produzca segregación. Para mezclas secas se podrá usar pendientes superiores, de uno (1) vertical a dos (2) horizontal. La longitud de la canaleta debe ser tal que la caída libre del concreto al final de la misma no sea mayor de 500 mm.
- En tiempo caluroso, las bandas transportadoras deben ser protegidas adecuadamente para prevenir la evaporación de agua. La segregación en los puntos de descarga debe evitarse, efectuándola a través de tolvas o tubos de descarga adecuados.
- Las vagonetas manuales y las carretillas de mano, preferiblemente provistas con ruedas de neumáticos, se deben usar para volúmenes pequeños de concreto y distancias cortas. Las vagonetas autopropulsadas se pueden utilizar convenientemente para distancias hasta de 300 m como máximo.
- Las bombas, ya sean de pistón, rotatorias o neumáticas y las plumas para sostén y guía de mangueras y tuberías, deben ser previamente aprobadas por el delegado residente. Las tuberías, mangueras y accesorios deben tener un diámetro interno mínimo de 100 mm (4 pulgadas).

Los vibradores internos de inmersión, de superficie o de formaleta, deben ser del tipo y capacidad adecuados para la compactación del concreto. En lugares estrechos donde no se pueda usar el vibrador, el vibrado puede ser complementado con apisonado manual. En secciones angostas y muy reforzadas, se puede usar vibradores de formaleta, siempre que el delegado residente lo autorice.

El equipo para alisado y acabado puede consistir en terminadores autopulsados para losas de puentes, con maestras o plantillas oscilantes para el enrasado transversal, entre las guías de borde o en rodillos, planchas o mangas terminadoras. Se puede asimismo, emplear equipos portátiles montados en puentes livianos o sobre ruedas tales como: esparcidores, enrasadoras, alisadoras, terminadoras o texturizadoras, del tipo apropiado. También incluirá el equipo y los utensilios manuales que sean necesarios para el acabado de losas y otros elementos constructivos.

El equipo para ranurado o texturizado de losas de puentes debe ser de un diseño aprobado y capaz de producir el tipo de ranurado o la textura superficial indicada en los planos.

Todo el concreto debe ser fundido o colado en horas de luz diurna, y su colocación en cualquier parte de la obra, no debe ser iniciada cuando el delegado residente considere que no se puede completar en dichas condiciones, a menos que se disponga de un sistema adecuado de iluminación.

El concreto debe colocarse lo más cercano a su posición final que sea posible; no se debe depositar un gran volumen en un punto determinado para luego extenderlo o manipularlo a lo largo de las formaletas, manualmente o con vibradores.

Si la uniformidad o calidad del concreto fresco, cuando llegue a su posición final es insatisfactoria, se debe interrumpir, suspender o ajustar el método usado para la colocación, hasta que se compruebe que el concreto cumple con los requisitos establecidos.

El concreto debe depositarse en seco y no exponerse a la acción del agua, antes de su fraguado final.

Todas las superficies de concreto deben mantenerse completa y continuamente húmedas después de haber sido colocado el concreto. Inmediatamente después del retiro de las formaletas y de la terminación del acabado superficial, el concreto debe ser curado por alguno de los métodos indicados a continuación, durante un período de por lo menos siete (7) días.

El contratista debe tomar las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra la acción de temperaturas altas y/o vientos fuertes que puedan acelerar el secado de la superficie y originar la formación de agrietamientos superficiales. En caso necesario, debe colocar cortinas protectoras contra el viento y/o sombras contra el sol y aplicar un rociado de agua finamente pulverizada para mantener la humedad del aire circundante. Además, debe mantenerse baja la temperatura de los materiales y equipos de manejo del concreto.

Pueden aplicarse los métodos siguientes:

- Métodos de curado con agua: consisten en mantener la superficie de concreto continuamente mojada por inundación o lámina de agua, rociado con agua finamente pulverizada, por riego continuo, o por aplicación de cubiertas o materiales que se mantienen empapados

durante el período de curado. Se recomienda cubrir estas cubiertas con membranas impermeables de polietileno u otro material aprobado, para prevenir la evaporación del agua. Todo el material debe asegurarse contra su posible desplazamiento por acción del viento. Para superficies que deban recibir un acabado especial, las cubiertas pueden ser retiradas temporalmente para permitir el acabado, debiendo ser repuestas tan pronto como sea posible. Otras superficies de concreto deben ser mantenidas húmedas.

- Método de curado por compuestos líquidos formadores de membranas de curado: a todas las superficies se les deben dar el acabado superficial especificado y se les deben mantener mojadas por rociado continuo de agua o aplicación de cubiertas mojadas antes de proceder a la aplicación del compuesto líquido. Este debe tener una consistencia que permita regarlo a las temperaturas existentes durante la construcción, para formar una película o membrana continua y uniforme.

Debe además estar libre de materias en suspensión resultantes de las condiciones de almacenamiento o de temperatura, ser relativamente antitóxico y de tal naturaleza que no reaccione al contacto con el concreto.

Si es del tipo transparente o translúcido, debe contener una tintura temporal que asegure una cobertura uniforme; el color, generalmente blanco, debe permanecer visible cuando menos durante cuatro (4) horas, al cabo de las cuales debe esfumarse, dejando la superficie del concreto libre de cualquier cambio pronunciado de color, salvo algún ligero oscurecimiento. En tiempo caluroso, las superficies de concreto se deben conservar húmedas por curado continuo con agua, posterior al acabado de las mismas durante un período no menor de 24 horas.

Transcurrido este período, se puede aplicar el compuesto líquido de curado, preferiblemente con pigmento blanco, o continuar el curado con agua. Cuando se registren temperaturas ambientales de 32° C o mayores y vientos secos, es recomendable suspender el uso del compuesto líquido de curado y aplicar el curado con esterillas de algodón o brines mojados complementados con rociado de agua finamente pulverizada, previa aprobación del delegado residente.

4.1.4. Estructuras de drenaje

El objetivo de las obras de drenaje es el de conducir las aguas de escorrentía o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final.

En su diseño existen tres componentes básicas:

- Entrada a la red de drenaje
- Conducción
- Entrega al dispositivo final

Las condiciones de diseño de estas componentes dependen de las características propias de cada sistema de drenaje.

La correcta prevención del riesgo básicamente ayudará a reducir recursos, basado en que se cumplen las normas de calidad previamente establecidas para la prevención del riesgo, se minimizará la vulnerabilidad de ocurrencia de los mismos; con esto se evitarán gastos en materiales de construcción, herramientas, u otro material para sobrellevar y concluir el proyecto.

Su control sistemático deriva del involucramiento del ingeniero civil con el estudio del riesgo, ya que un potencial desastre traería consigo una inevitable rehabilitación y reparación del proyecto, y esto a su vez conllevaría al desembolso monetario con el propósito de minimizar los daños del riesgo.

El riesgo para ser considerado en términos del impacto económico en el presupuesto de la construcción, deberá ser considerado como un evento físico en sí; así se entenderá con mayor claridad el nivel de peligrosidad que transmitirá, es decir que es de suma importancia que se realice una guía de prevención del riesgo, porque con esta se contará con un plan estratégico para sobreponerse a un potencial riesgo, evitando aumentos en los recursos, y a su vez manteniendo el presupuesto de la construcción tal y como se había planteado al inicio del proyecto, evitando pérdidas y endeudamientos para poder concluir con la vivienda unifamiliar.

En síntesis, con una adecuada, planificación, programación, dirección, ejecución y control en los proyectos constructivos de viviendas unifamiliares, se aprovecharán significativamente los recursos financieros, humanos, físicos y materiales.

4.1.4.1. Tubos para drenaje de estructuras

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.

Este trabajo consiste en la fabricación y/o suministro, acarreo, almacenaje, manejo y colocación de los tubos, de acuerdo con los planos, especificaciones generales y disposiciones especiales.

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.

4.1.4.2. Alcantarillas de metal corrugado

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.

Las alcantarillas, por su forma, pueden ser tubos circulares o elípticos, tubos de arco (con fondo metálico) o arcos (con cimentación de concreto), todos fabricados con planchas estructurales.

Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, acarreo y colocación de las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridas en los planos; debiendo colocarse sobre una cama adecuadamente preparada, de acuerdo con los planos, estas especificaciones generales, disposiciones especiales y localizadas de conformidad con la orden que el delegado residente emita para cada línea de alcantarilla.

La tubería 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:

- 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).

Según se especifique en los planos o en las disposiciones especiales, el recubrimiento de la tubería o tubería de arco debe cumplir con uno de los siguientes:

- Recubrimiento bituminoso: la alcantarilla debe tener una capa asfáltica en toda la superficie exterior y en la interior con un espesor mínimo de 1.27 mm, que cumpla con lo indicado en AASHTO M 190M, tipo A.

- Recubrimiento bituminoso con *invert* pavimentado: adicional al recubrimiento indicado en el inciso anterior, la alcantarilla debe tener un recubrimiento asfáltico en el 25% inferior de los tubos y, en el caso de tuberías de arco, en el 40% inferior. Este recubrimiento asfáltico puede ser aplicado en el sitio del proyecto y cubrir 3.2 mm sobre las crestas de las corrugaciones, formando en esa forma una superficie lisa en el fondo, cumpliendo con lo establecido en AASHTO M 190M, tipo C.
- Invert cubierto con concreto hidráulico: el invert puede ser cubierto con concreto simple o reforzado después de instalar la tubería o tubería de arco, de conformidad con lo establecido en ASTM A 849.
- Recubrimiento con *mastique* asfáltico o con polímero: cuando no se requiera un invert pavimentado con material asfáltico, el recubrimiento a que se hace referencia en el primer inciso puede ser substituido por un recubrimiento de *mastique* asfáltico o un recubrimiento con polímero. Este debe ser colocado en la superficie exterior de la tubería y no se necesita recubrir los interiores, a menos que se establezca en las disposiciones especiales. El *mastique* asfáltico debe estar de acuerdo con AASHTO M 243 y tener un espesor mínimo de 1.27 mm. La capa de polímero debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 246 y se debe aplicar a la plancha galvanizada antes de la corrugación; el espesor no debe ser menor de 0.25 milímetros.

Además de cumplir con todos los detalles de fabricación especificados anteriormente, la alcantarilla completa debe mostrar un acabado cuidadoso en todos los aspectos.

Se rechazarán las alcantarillas en las cuales el revestimiento galvanizado haya sido dañado en la fábrica o durante el transporte o que muestre una fabricación defectuosa.

Como tal, puede ser causa de rechazo, de no corregirse, la alcantarilla que tenga, entre otros, los siguientes defectos:

- Traslapes desnivelados
- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta centra
- Bordes dañado
- Pernos flojos o pernos y agujeros mal alineados o mal espaciados
- Marcas ilegibles
- Láminas o planchas de metal doblado o abollado

El sello de identificación debe ser puesto por el fabricante de las láminas o planchas, de tal manera que cuando se coloquen las alcantarillas, la identificación aparezca en el exterior de cada sección de alcantarillas anidables y en el interior de la alcantarilla de planchas estructurales. La clase de metal básico debe ser designada independientemente de la marca de fabricación, en forma tal que permita identificarlo claramente.

Ninguna alcantarilla será aceptada, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante de las láminas o planchas
- Marca y clase del metal básico
- Calibre o espesor
- Peso del galvanizado

El contratista debe entregar al delegado residente, un certificado de garantía del fabricante, estableciendo que todo el metal suministrado satisface las especificaciones requeridas, que el mismo llevarán marcas de identificación y que reemplazará sin costo alguno para la DGC, cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, con el espesor o calibre y recubrimiento galvanizado, especificados.

Ningún metal será aceptado dentro de estas especificaciones generales, sino hasta que el certificado de calidad y garantía del fabricante haya sido entregado al delegado residente y aprobado por él.

4.1.4.3. Alcantarillas de material plástico

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 y profundas.

Este trabajo consiste en el suministro, acarreo, almacenaje, manejo y colocación de las alcantarillas de material plástico de pared lisa, corrugada o nervurada, y todos los accesorios necesarios de acuerdo con los planos, estas especificaciones generales y disposiciones especiales.

Las alcantarillas de material plástico pueden ser: tipo C corrugada de polietileno, tipo S corrugada de polietileno, celular o nervurada de polietileno, celular o nervurada de cloruro de polivinilo (PVC), o de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS). Cuando en los planos se especifique el uso de alcantarilla de material plástico del tipo de pared interior corrugada, se debe usar el tipo C, corrugada de polietileno.

Cuando en los planos se especifique el uso de alcantarilla de material plástico de pared interior lisa, a opción del contratista, se debe usar ya sea la tipo S corrugada de polietileno, la nervurada o celular de polietileno, la nervurada o celular de cloruro de polivinilo (PVC) o la de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS). Cuando en los planos no se especifique el tipo de alcantarilla a usar, la alcantarilla plástica puede ser, a opción del contratista, de pared interior lisa o corrugada.

Los materiales para la fabricación de las tuberías de material plástico deben cumplir con lo establecido a continuación:

- Tuberías corrugadas de polietileno tipo C y S: debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 294, excepto si se indica de otra manera en estas especificaciones. Las tuberías deben ser fabricadas de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE).
- Tuberías de polietileno nervuradas o celulares: deben cumplir con los requisitos de ASTM F 894 y ser fabricadas utilizando compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE), excepto que se indique de otra forma en estas especificaciones.
- Tuberías nervuradas o celulares de cloruro de polivinilo: deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 304 y ser fabricadas utilizando compuestos vírgenes de cloruro de polivinilo (PVC), excepto que se indique de otra forma en estas especificaciones.
- Tuberías de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS): es necesario que cumplan con los requisitos de AASHTO M 264. Los compuestos de ABS

utilizados en la fabricación de las alcantarillas deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 1788.

- **Empaques elastoméricos:** deben cumplir con los requisitos para las aplicaciones de salto bajo descritos en ASTM F 477.
- **Lubricante:** el lubricante utilizado para el ensamblaje no debe tener defectos en el empaque o en la alcantarilla. Solo se deben utilizar lubricantes recomendados por el fabricante, los cuales deberán cumplir con lo indicado en ASTM D 2564.

El contratista debe suministrar al delegado residente un certificado de calidad para cada tipo de alcantarilla utilizada. Este documento debe certificar que la alcantarilla de material plástico cumple con los requerimientos de la correspondiente especificación AASHTO o ASTM y debe indicar la resina, el peso unitario, la rigidez promedio de la alcantarilla y la fecha de fabricación.

4.1.4.4. Subdrenajes

Es el drenaje de aguas subterráneas, que se construye de tuberías perforadas, geotextil y materiales pétreos para filtro, geocompuestos o simplemente de materiales pétreos (drenaje francés).

El geocompuesto consiste en dos planchas interceptoras del agua subterránea conformadas por geotextiles no tejidos y georredes de polietileno. La georred es el medio drenante encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro (geotextil). El agua interceptada por las planchas interceptoras desciende y es interceptada en el fondo por una tubería envuelta en geotextil que la conduce a una caja o cabezal para sacarla al exterior.

En algunos casos no se usa la tubería sino que el agua es conducida directamente por todo el sistema del geocompuesto.

Este trabajo consiste en la fabricación o suministro, transporte y colocación de tubería perforada; en la extracción, elaboración y transporte de todos los materiales pétreos necesarios; en la colocación, compactación y acabado final de la capa impermeable, donde esta se requiera, hasta la superficie del terreno original donde se ejecutó la excavación estructural; y en la colocación del geotextil o geocompuesto en la forma que se indique en los planos, en estas especificaciones generales y en las disposiciones especiales.

El subdrenaje de tubería perforada está integrado por:

- Tubería de concreto poroso: esta debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 176M.
- Tubería perforada de arcilla: debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 65, excepto que se puede utilizar la tubería con extremo liso que cumpla con todos los requisitos de dicha norma. Se podrán efectuar modificaciones en el diseño del extremo con campana, para facilitar el posicionamiento de las perforaciones o la colocación de la tubería. Dichas modificaciones deben ser aprobadas por el delegado residente. La tubería modificada debe cumplir con todos los requisitos relativos al comportamiento y a los ensayos indicados en AASHTO M 65. Si se utiliza tubería con extremo liso, se deben usar acoples en las juntas, capaces de mantener la tubería en la alineación especificada.
- Tubería perforada de concreto simple: esta tubería y sus acoples deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 175 (ASTM C 14).

- Tubería perforada corrugada de acero. Esta tubería y sus bandas de acoplamiento deben cumplir con los requisitos de las normas AASHTO M36 y AASHTO M 218, con las modificaciones siguientes: la tubería debe cumplir con cualquiera de los tipos circulares especificados en AASHTO M 36 y los agujeros deben ser perforados o punzonados. Las perforaciones deben ser localizadas en las crestas interiores. El contratista debe suministrar al delegado residente un certificado de calidad emitido por el fabricante de las tuberías.

Para unir los tubos se pueden usar anillos de acoplamiento o encamisados con tornillos. Los anillos pueden ser de plástico o de acero galvanizado, adecuados para sostener firmemente la tubería en la alineación especificada, sin el uso de compuestos selladores o empaques. Las propiedades mecánicas de las uniones deben ser tales que no permitan su distorsión bajo condiciones normales de uso.

- Tubería perforada de material plástico: esta debe ser de pared exterior e interior lisa de cloruro de polivinilo (PVC), corrugada de cloruro de polivinilo (PVC) con pared interior lisa, corrugada de polietileno o de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS). Es necesario que las tuberías de pared lisa de cloruro de polivinilo (PVC) cumplan con los requisitos de la norma AASHTO M 278. La tubería corrugada de PVC con pared interior lisa debe cumplir con los requisitos del material y estructurales de AASHTO M 278. La tubería corrugada de polietileno debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 252 o M 294 y la tubería de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), con los requisitos de la norma AASHTO M 264.

- Las perforaciones de la tubería corrugada de PVC y de polietileno: deben estar localizadas en la mitad inferior y contener ranuras que llenen los requisitos de tamaño y de área, indicados en AASHTO M 252. El diámetro interior y las tolerancias en el diámetro deben cumplir con AASHTO M 252 o AASHTO M 278; las perforaciones de la tubería de ABS, con los requisitos de AASHTO M 278. La tubería de PVC debe ser conectada con extremos de campana y espiga o con anillos de acoplamiento o de tope, que cumplan con AASHTO M 278. La tubería de polietileno debe ser conectada con accesorios y acoples de traba, de rosca o encamisada, que cumplan con AASHTO M 252 o AASHTO M 294. El contratista suministrará al delegado residente un certificado de calidad emitido por el fabricante de las tuberías.
- Tubería perforada de aluminio: la tubería y sus acoples deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 196 con las siguientes modificaciones. La tubería debe ser tipo III y los agujeros deben ser perforados o punzonados. El espesor mínimo de la lámina debe ser de 1.52 mm. Se puede utilizar encamisado en vez de los anillos de unión requeridos en AASHTO M 196. Los acoples pueden ser plásticos o de aluminio, capaces de sostener la tubería en su posición, sin el uso de compuestos selladores o empaques. Las propiedades mecánicas de los acoples deben ser tales que no permitan su distorsión bajo condiciones normales de uso. El contratista debe suministrar al delegado residente un certificado de calidad emitido por el fabricante de las tuberías.
- Salidas y sifones para subdrenaje: las salidas y los sifones terminales para subdrenaje, los sifones de 90° y los de 45°, consistentes en cubiertas, tubería, bandas de acoplamiento, codos, T's y Y's, deben ser suministrados e instalados de acuerdo con los detalles mostrados en los

planos, según estas especificaciones generales y las disposiciones especiales. Las salidas y sifones deben ser fabricados con el mismo material que la tubería de subdrenaje. Excepto por las cubiertas y las bandas de acoplamiento, en ninguna instalación se debe combinar tubería de aluminio con acero. Las salidas y sifones y sus accesorios no deben ser perforados. Se debe colocar y fijar inmediatamente sobre los extremos de las salidas y de todos los tubos expuestos, una malla de alambre galvanizado de 1.4 mm de diámetro con aberturas de 13 x 13 mm.

4.1.5. Obras complementarias

Se refieren al conjunto de elementos necesarios para la funcionalidad de los pavimentos y puentes.

Cuando se planifica la urbanización exterior a una vivienda o comunidad de propietarios, es importante la planificación de las canalizaciones y las arquetas de registro, así como de la alineación de los bordillos entre otros.

4.1.5.1. Líneas, marcas y marcadores de tráfico

Son el conjunto de indicadores que se aplican en el pavimento para el control y ordenamiento del tráfico de la carretera.

Este trabajo consiste en el transporte, almacenamiento, suministro de materiales y equipo y manejo de materiales para la aplicación al pavimento, de las líneas y marcas de tráfico. Las líneas y marcas deben ser del ancho, largo, dimensiones y colores indicados en los planos.

Los materiales que se van a utilizar deben llenar los siguientes requisitos:

- Pintura: esta debe ser reflectiva. Su composición y propiedades deben llenar los requisitos indicados en la especificación AASHTO M 248 para el tipo F. La pintura debe ser suministrada en envases resistentes originales, claramente marcados con el peso por litro, el volumen del contenido de pintura en litros, color y el uso propuesto. Deben también mostrar una declaración fiel de la composición del pigmento en porcentaje, de la proporción del pigmento al vehículo y el nombre del fabricante. Cualquier envío que no esté marcado en la forma indicada, no será aceptado para su uso, según estas especificaciones generales.
- Esferas de vidrio: deben cumplir con los requisitos de la especificación AASHTO M 247, Tipo 1.
- Material termoplástico para las líneas: debe cumplir con los requisitos de la especificación AASHTO M 249, para el tipo moldeado a presión en caliente.
- Marcas plásticas preformadas: deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 4505 Tipo I, V, VI o VII grado A, B, C, D o E. Las superficies sobre las cuales se van a aplicar las marcas tienen que ser superficies limpias, secas y libres de partículas sueltas, lodo, acumulaciones de alquitrán o grasa u otros materiales nocivos. La demarcación para el caso de líneas de tráfico se debe hacer por lo menos cada 2 metros en tramos rectos y cada metro en las curvas, por el método más conveniente. Para el caso de las marcas, se debe hacer de acuerdo con las dimensiones indicadas en los planos. Las líneas

longitudinales centrales tienen que tener un ancho mínimo de 100 milímetros.

Si los planos no lo indican de otra manera, las líneas longitudinales discontinuas tienen que tener 5 metros de largo con intervalos de 10 metros. Las líneas centrales se aplican en el pavimento de las carreteras, cuya calzada tiene únicamente dos carriles en diferente sentido. Se traza en forma continua para indicar que los vehículos no pueden rebasar y discontinua, cuando sí se puede. La maniobra de rebasar es restringida por curvas horizontales de radios mínimos, cambios de pendiente, o cruces a nivel con otros caminos. La localización de los lugares, las dimensiones de los tramos discontinuos y los espaciamientos deben estar indicados en los planos.

4.1.5.2. Señales de tráfico

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 tráfico.

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de todas las señales de tráfico. 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 tiene que usar paneles de aluminio.

Los postes fabricados de tubos de aluminio se deben ajustar a los requisitos de la norma ASTM B 221.

El contratista debe suministrar postes de acero de lingote o relaminado que cumplan con lo indicado en ASTM A 499. Los agujeros deben ser punzonados a lo largo de la línea central del poste antes de galvanizarlo. La perforación o el punzonamiento deben iniciarse a 25 milímetros de la parte superior del poste y proceder con una separación de 25 milímetros entre centros, a lo largo de toda la longitud del mismo. Los postes deben ser galvanizados de acuerdo con lo indicado en ASTM A 123. Los postes deben tener como mínimo 50 milímetros de diámetro.

La fabricación de los paneles, incluyendo el corte, perforación y 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.

No se permitirá el taladrado de agujeros en la obra, en cualquier parte del montaje de la estructura, sin la previa autorización del delegado residente.

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. Cuando se monten las señales antes de que su mensaje sea expuesto, el contratista tiene que cubrir la cara de la señal en forma aceptable para el delegado residente, de modo que el mensaje no pueda ser leído y tiene que mantener dicha cubierta en buen estado, hasta que el delegado residente ordene el retiro de la misma o hasta la aceptación final, lo que corresponda.

El material de cobertura tiene que ser duradero y resistente a los efectos de la exposición a la intemperie durante el período de uso.

4.1.5.3. 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, estas 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 deben estar de acuerdo con lo establecido en las siguientes subsecciones:

- Concreto hidráulico: de acuerdo con lo indicado anteriormente.
- Acero de refuerzo: de acuerdo con lo indicado anteriormente.

- Mezcla asfáltica: los materiales para las aceras de mezcla asfáltica deben estar de acuerdo con lo establecido en las disposiciones especiales.
- Ladrillos: los ladrillos de arcilla o de esquisto para las aceras 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 de tipo y peso aceptables para el delegado residente. 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. La capa no debe desviarse de la línea recta en más de 50 milímetros en 9.2 metros.

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.

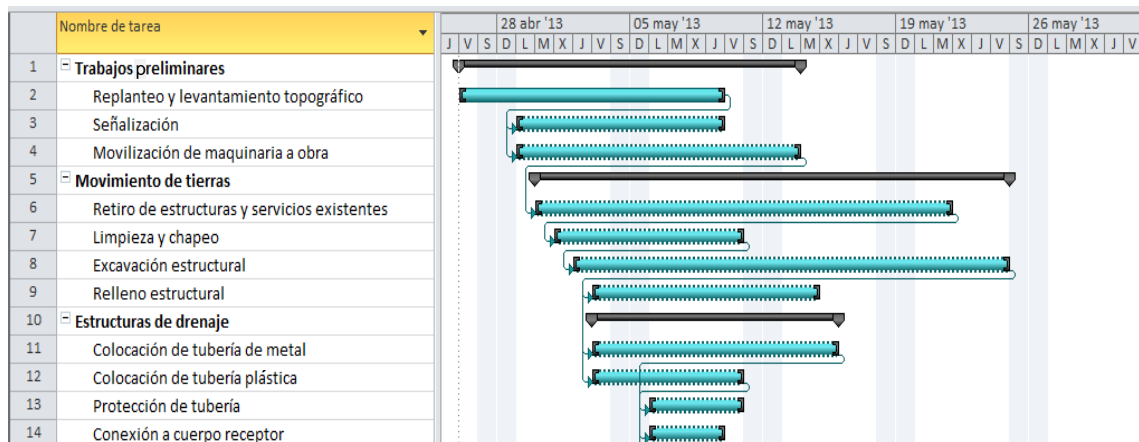
4.2. Programa de ejecución

Antes de comenzar con la ejecución del proyecto del puente vehicular (paso a desnivel), es necesario tomarse el tiempo para desglosar el proyecto en tareas, de manera que se pueda programar la ejecución de estas tareas y determinar los recursos que se emplearan. Para esto se implementará Microsoft Project que es un programa para creación, seguimiento y gestión de proyectos, a los que se puede dar seguimiento por medio de diagramas de Gantt, calendarios, etc. Project es una herramienta que se puede aplicar en cualquier área en donde se trabaje por planeación de proyectos.

4.2.1. Implementación de Project 2007

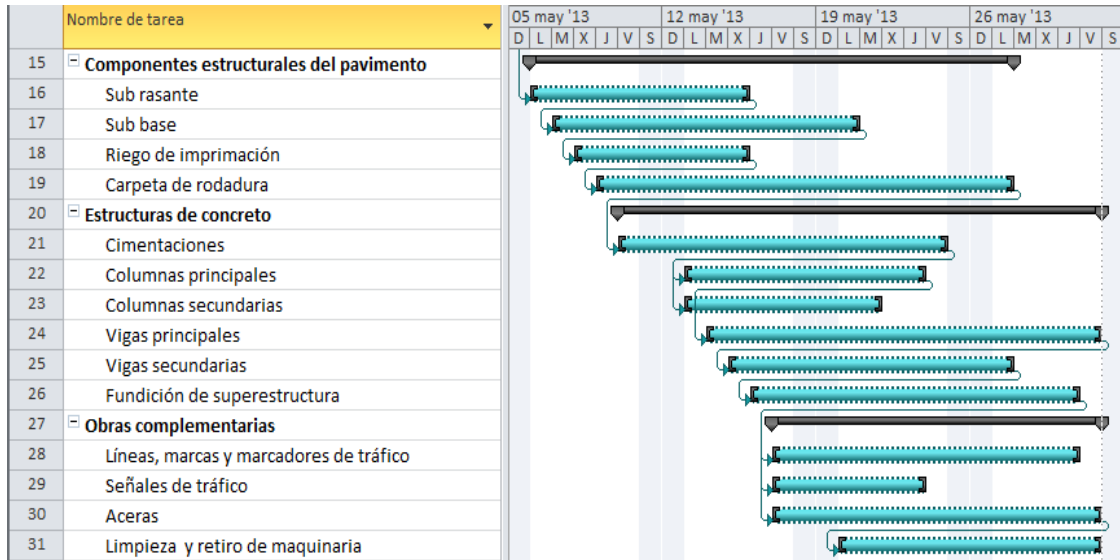
A continuación se presentan gráficamente las diferentes fases para la implementación del Project 2007.

Figura 15. Proyecto (fases 1-3)



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Project 2007.

Figura 16. Proyecto (fases 4-6)



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Project 2007.

4.2.2. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

Una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto.

Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

4.2.3. Ruta crítica

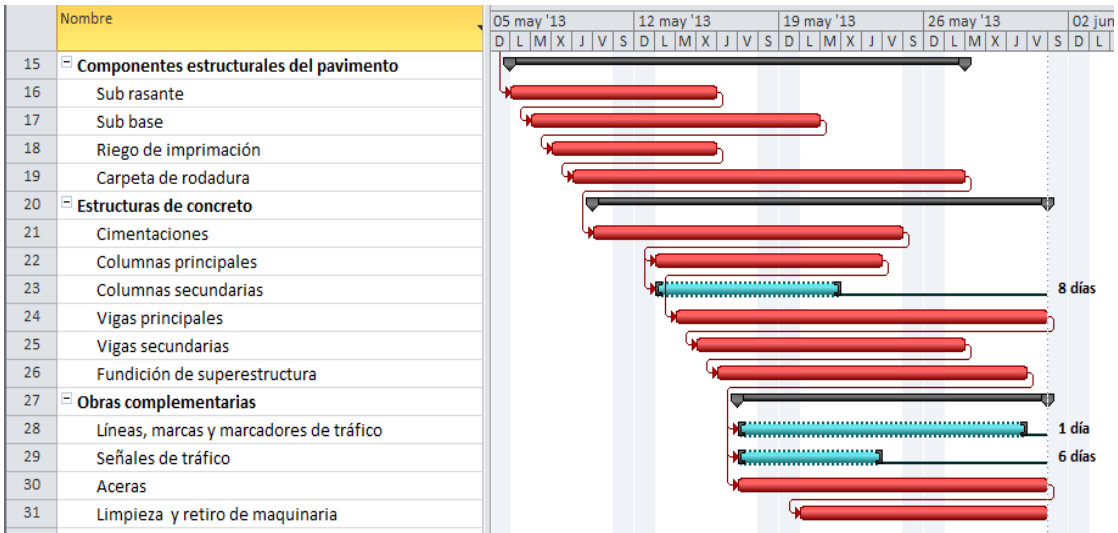
Es un algoritmo utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos. Este sistema de cálculo conocido por sus siglas en inglés CPM (*Critical Path Method*), fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto.

Figura 17. Ruta crítica proyecto (fases 1-3)



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Project 2007.

Figura 18. Ruta crítica proyecto (fases 4-6)



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Project 2007.

4.2.4. Cronograma de ejecución

A continuación se presenta el programa de ejecución propuesto.

Tabla XII. Cronograma de ejecución

Programa de obra													
NO.	NOMBRE DEL RENGLON	MES 1				MES 2				MES 3			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Replanteo y levantamiento topográfico	■	■										
2	Señalización	■											
3	Movilización de maquinaria a obra	■	■										
4	Retiro de estructuras y servicios existentes		■	■									
5	Limpieza y chapeo		■	■									
6	Excavación y relleno estructural			■	■	■							
7	Colocación de tubería de metal y plástico					■	■						
8	Protección de tubería						■						
9	Conexión a cuerpo receptor						■						
10	Sub rasante y sub base						■	■					
11	Riego de imprimación y carpeta de rodadura							■	■				
12	Cimentaciones								■	■			
13	Columnas principales y secundarias								■	■			
14	Vigas principales y secundarias								■	■			
15	Fundición de superestructura								■	■	■		
16	Líneas, marcas y marcas de tráfico											■	
17	Señales de tráfico											■	
18	Aceras											■	
19	Limpieza final y retiro de maquinaria												■

Fuente: elaboración propia.

5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Situación anterior

El incremento en la densidad de la población tanto en la ciudad de Guatemala como en el territorio nacional generó a su vez la adquisición masiva de vehículos, lo que con el tiempo ha repercutido en la sociedad, ocasionando aglomeración de automóviles. Su complejidad se deriva del hecho de que municipios como Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Sacatepéquez y otros colindantes a la capital, son denominados “ciudades dormitorio”.

En intersección entre la 12 y 14 avenida de la zona 11, para poder desplazarse a la zona 7 y viceversa, existe únicamente un semáforo de ida y dos para retorno, y uno de estos lo habilitan hasta altas horas de la noche; los otros necesitan una reprogramación de tiempos para permitir el paso.

Ante la desesperación que se produce en las horas pico, en esta ubicación se han generado choques y atropellado peatones por la imprudencia y desesperación de las personas de llegar a su destino, como consecuencia y efectos, se han perdido valiosas vidas.

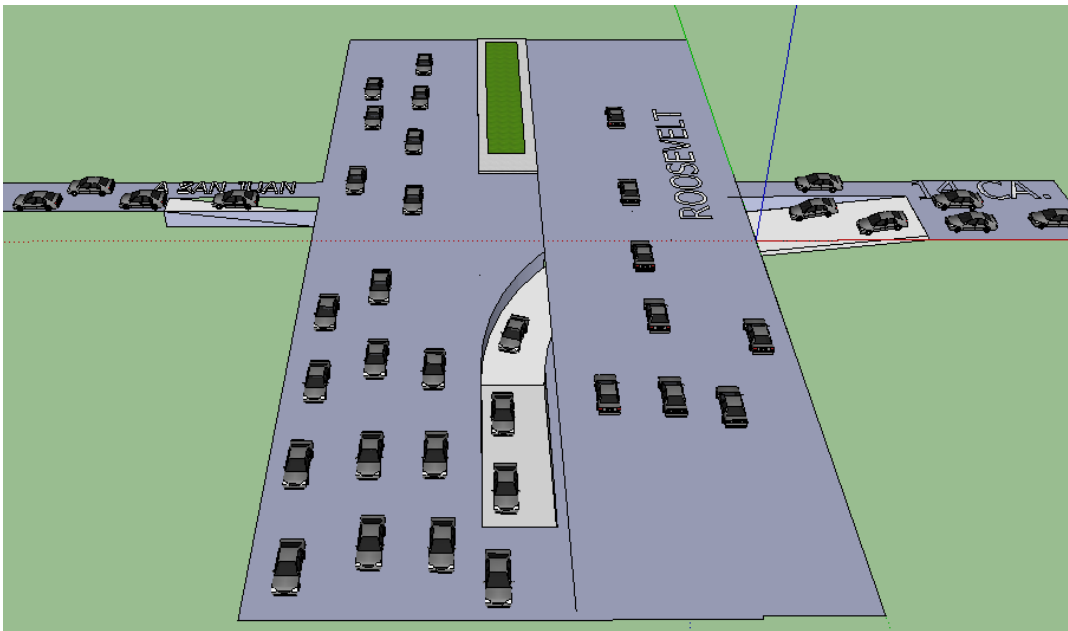
5.2. Situación actual

La calzada Roosevelt es una arteria por donde a diario circula la mayoría del parqueo vehicular de la ciudad capital, razón por la cual implementar un puente vehicular (paso a desnivel) en esta ubicación, será de gran utilidad y ayuda tanto como para los lugareños, como para las personas que están de

paso y que usan esta ruta para llegar a su destino, ya sean las ciudades dormitorio, como la región occidente del país.

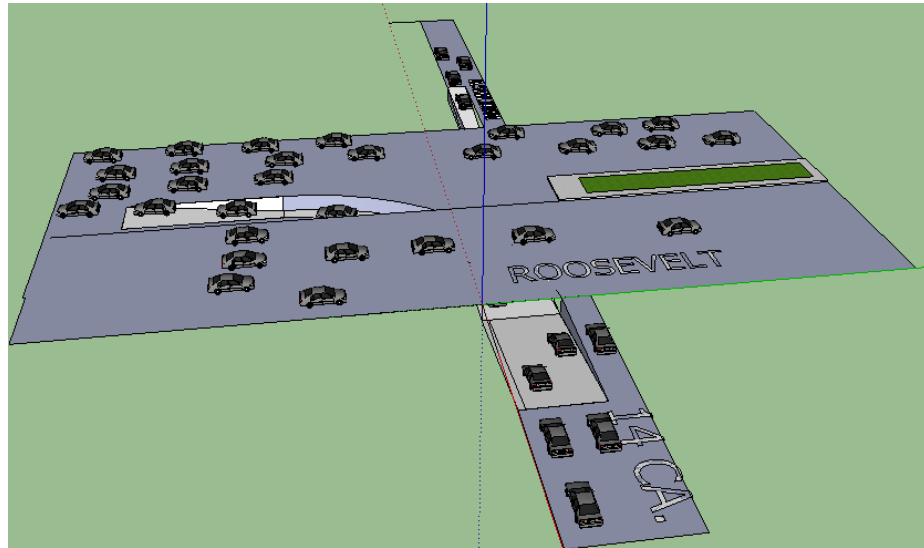
La construcción de un puente vehicular (paso a desnivel) en la intersección indicada, permitirá un reordenamiento vehicular, que optimice el uso del suelo, la movilidad vehicular y peatonal.

Figura 19. **Puente vehicular visto desde calzada Roosevelt**



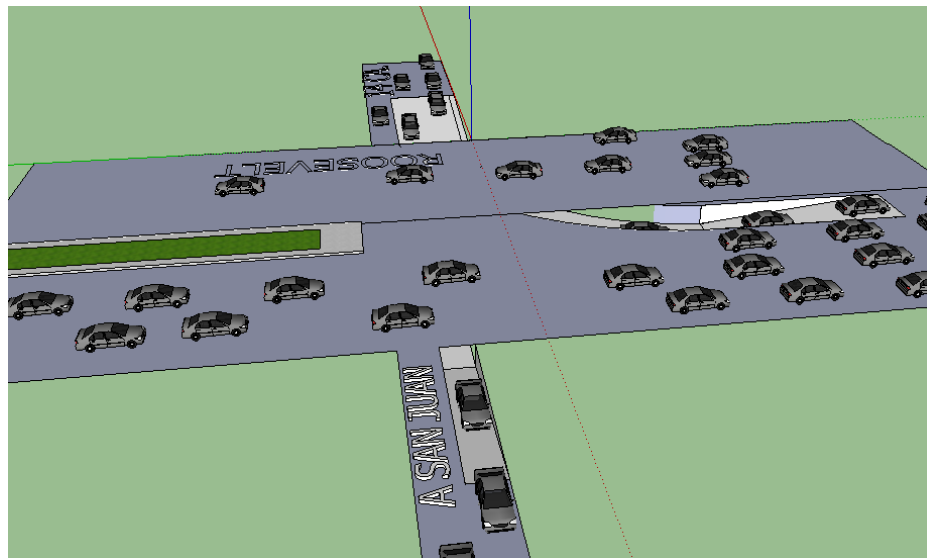
Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Sketchup 2008.

Figura 20. **Puente vehicular visto desde 14 avenida**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Sketchup 2008.

Figura 21. **Puente vehicular visto desde calzada San Juan**



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Sketchup 2008.

5.3. Contraste

La situación que se presentaba anteriormente en el lugar donde se encuentra localizado el puente vehicular (paso a desnivel), era tediosa para todos los transeúntes, debido a que, aparte de la aglomeración vehicular producida, también ocasionaba accidentes que ponían en peligro la vida humana.

Una vez implementado el puente vehicular, el tráfico tendrá una reducción considerable, debido a que, en estos días se regula el tráfico por medio de un semáforo y ya con el paso a desnivel el flujo de tráfico va a ser constante, es decir no se va a detener en ningún momento.

Los accidentes serán evitados por medio del acondicionamiento de espacios destinados al tránsito peatonal, con señalización entendible para que las personas no corran el riesgo de ser lastimadas, atropelladas o cualquier otra acción que hiciera peligrar su vida.

5.4. Avances y logros

La construcción del puente vehicular eliminará el congestionamiento producido por los automóviles, por lo que las personas que transitan en él ahorrarán el tiempo que perdían en dicho lugar. La desesperación se eliminará tanto de las personas que únicamente pasan en esta ubicación, como de las que viven en la colonia Roosevelt.

La infraestructura de la calzada Roosevelt se mejorará al implementar este paso a desnivel.

La reprogramación de los semáforos ubicados en esta intersección no será necesaria debido al tránsito constante de vehículos.

Con la implementación del paso a desnivel se verificará que, es viable, factible, ayuda al descongestionamiento y al ordenamiento vehicular, por lo que a su vez servirá para demostrar que se pueden construir otros pasos a desnivel que son necesarios en la calzada Roosevelt.

CONCLUSIONES

1. La calzada Roosevelt es uno de los corredores más importantes en el departamento de Guatemala, ya que dicha vía tiene promedio de tránsito diario que asciende a valores mayores de 50 000 vehículos; de los cuales un buen porcentaje corresponde al tránsito pesado colectivo, lo que no permite que esta vía funcione adecuadamente.
2. El factor más importante que puede justificar una intersección a desnivel es el volumen de tránsito, ya que dichas intersecciones son necesarias en aquellos lugares en donde una intersección a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos que en ella ocurren.
3. Las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes proporcionan parámetros constructivos que deben de seguirse para lograr que el proyecto funcione de manera eficiente y preste un servicio satisfactorio a la población, así como que cumpla con el periodo de diseño estipulado.
4. Con la planificación del puente vehicular (paso a desnivel) en la calzada Roosevelt, los automovilistas evitarán congestionamientos, la fluidez de los vehículos será constante tanto para los que se dirigen a la calzada Roosevelt sur, como para la calzada San Juan y zona 7; proveerá también seguridad y comodidad a los peatones que allí transiten.

5. La construcción del puente vehicular debe ser autorizada por la Municipalidad de Guatemala junto con la Dirección General de Caminos (DGC), que a su vez contratará los servicios de una empresa privada para ejecutar el proyecto.

RECOMENDACIONES

1. En la medida de lo posible y de acuerdo con la capacidad financiera de la Municipalidad de Guatemala, ejecutar el proyecto que solucione la problemática del tránsito en la 14 avenida zona 11, y calzada Roosevelt, con la implementación del paso a desnivel.
2. Se hace imperativo implementar las medidas necesarias a efecto de solucionar a corto plazo el problema de congestión que actualmente padece la intersección analizada.
3. Al ejecutar el proyecto, cumplir con las normas y especificaciones establecidas a través de la supervisión de un profesional calificado, para garantizar la calidad y buen funcionamiento del mismo.
4. Puesto que el buen uso de una intersección a desnivel se logra utilizando una adecuada señalización, se recomienda mantenimiento de las señales de tránsito durante el tiempo que la intersección preste servicio.
5. Al momento de realizar el proyecto, se insta a contratar una empresa privada responsable, que cumpla con lo establecido en las especificaciones y que presente un análisis de costos detallado por el bien de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAL Y MAYOR, Rafael. *Ingeniería de tránsito*. 6a ed. México: Alfaomega, 2007. 479 p.
2. *Carpetas de rodadura: antecedentes generales*. [en línea]. <<http://carreterasvias.blogspot.com/2009/01/carpetas-granulares-de-rodadura.html>>. [Consulta: 23 de enero de 2013].
3. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. [en línea]. <<http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/libro.pdf>>. [Consulta: 8 de noviembre de 2012].
4. HIBBELER, Russell C. *Análisis estructural*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 2001. 843 p.
5. *Métodos y sistemas constructivos de puentes de hormigón*. [en línea]. <<http://materias.fi.uba.ar/7405/apuntes/SIABE0039.pdf>> [Consulta: 3 de marzo de 2013].
6. *Obras complementarias*. [en línea]. Disponible en web: <http://www.urbasport.es/es/pavimentos_obrascomplementarias.asp> [Consulta: 5 de abril de 2013].

7. *Obras de drenaje*. [en línea]. <<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoencanales/inundaciones/page10.html>>. [Consulta: 12 de febrero de 2013].