UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCESO CONSTRUCTIVO DEL RETORNO VEHICULAR ELEVADO VADO II, EN EL KM 12+839.823 DE LA AUTOPISTA GUADALAJARA – ZAPOTLANEJO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

GUILLERMO LUCIANO ESCOBAR BRAVO

ASESOR DE TESIS: OSCAR ENRIQUE MARTÍNEZ JURADO

MÉXICO 2014

VNIVERSIDAD NACIONAL AVTONOMA DE MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/4/2014

Señor
GUILLERMO LUCIANO ESCOBAR BRAVO
P r e s e n t e

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. OSCAR ENRIQUE MARTINEZ JURADO que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

"PROCESO CONSTRUCTIVO DEL RETORNO VEHICULAR ELEVADO VADO II, EN EL KM 12+839.823 DE LA AUTOPISTA GUADALAJARA - ZAPOTLANEJO"

INTRODUCCIÓN
I. GENERALIDADES
II. ENTRONQUES Y RETORNOS CARRETEROS
III. PROYECTO EJECUTIVO
IV. TRABAJOS PRELIMINARES
V. PROCESO CONSTRUCTIVO
VI. CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 20 de Enero de 2014
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
JLTS/MTH

Dedicatorias

A mi madre y a mi padre por haberme apoyado durante toda mi vida para alcanzar mis metas y haberme educado para luchar por lo que se quiere.

A mi hermana por haberme enseñado cosas que no vienen en los libros.

A mi novia por tu paciencia, amor y sobre todo tu apoyo durante la realización de esta tesis.

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería por haber contribuido de gran manera en mi formación.

Al Ing. Oscar Enrique Martinez Jurado por haberme apoyado en la realización de esta tesis.

A Freyssinet Sustainable Technology.

Proceso constructivo del retorno vehicular elevado Vado II, en el km 12 +839.823 de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo

ÍNDICE

Introducción……..1

Capítulo 1. Generalidades…….3

1.1 Descripción de las carreteras en México……3
1.2 Importancia de la infraestructura carretera en México……6
1.3 Corredores troncales nacionales……8
1.4 Niveles de servicio de las carreteras en México……11
1.5 Infraestructura carretera de México y su panorama en el mundo……13
1.6 Objetivos y metas de la infraestructura carretera del país……16
1.7 Inhibidores de los proyectos de infraestructura carretera……17
1.8 Compromisos de la actual administración (2013 – 2018)……18

Capítulo 2. Entronques y retornos carreteros……..21

2.1 Entronques carreteros……21
2.2 Retornos carreteros……31
2.3 Retornos y entronques en México…… 35

Capítulo 3. Proyecto ejecutivo……..45

3.1 Ubicación geográfica……45
3.2 Características de la zona……..48
3.3 Tránsito de la autopista……...49
3.4 Características generales del proyecto……53
3.5 Condición actual del sitio, objetivo y meta del nuevo retorno……...56

Capítulo 4. Trabajos preliminares……59

4.1 Trazo topográfico y nivelación……59
4.2 Trabajos de desmonte y despalme ……..62
4.3 Preparación del sitio……63
4.4 Sondeos a cielo abierto …… 69

Capítulos 5. Proceso constructivo……...73

5.1 Cimentación……..75
5.2 Pavimentos…….....83

5.3 Subestructura……....88
5.4 Superestructura…….....92
5.5 Obras de drenaje……..96
5.6 Dispositivos de seguridad y control de tránsito ……..99

Capítulo 6. Conclusiones…….....103

Anexo…….105

Bibliografía……107

INTRODUCCIÓN

Los problemas de tránsito en muchos lugares aún persisten a pesar de que en los últimos tiempos, con los avances tecnológicos, se ha logrado proyectar y construir sistemas viales más acordes con el entorno urbano y a los requerimientos operacionales de los vehículos que los utilizan. Debido a los problemas de tránsito se ha construido el retorno vehicular elevado Vado II localizado en el kilómetro 12+839.823 de la autopista Guadalajara - Zapotlanejo. En esta tesis se muestra el proceso constructivo del retorno que da solución a los problemas que se presentan en ese lugar.

El objetivo de este trabajo de Tesis es documentar el proceso de construcción del retorno vehicular elevado “Vado II” localizado en la autopista Guadalajara – Zapotlanejo, que es uno de los nuevos retornos a desnivel que existen en el país dando solución a diferentes problemas de tránsito que ahí tienen lugar. El proceso constructivo que aquí se expone abarca todas sus etapas describiendo las tecnologías, materiales, maquinaria y procedimientos empleados. Además de interpretar y comentar el proceso constructivo para poder llegar a una conclusión.

En el capítulo 1, Generalidades, se describe la red carretera del país haciendo una comparativa con los demás modos de transporte, se clasifica esa red vial explicando cada componente. Se explican las razones sobre la importancia de la infraestructura carretera en México, los objetivos y metas de la misma. Se hace una breve reseña acerca de los corredores troncales. También se aborda el tema de los niveles de servicio de la red carretera de México. Se muestran cuales son los principales inhibidores para los proyectos de infraestructura carretera y finalmente los compromisos de la actual administración 2013- 2018.

En el capítulo 2, Entronques y retornos carreteros, se explica qué son los entronques y retornos carreteros, así como su clasificación y el uso de cada uno de ellos. Posteriormente se muestran los entronques y retornos que se encuentran en el país, para finalmente poder clasificar al retorno Vado II y explicar la razón de su construcción.

En el capítulo 3, Proyecto ejecutivo, se presenta la localización, las características de la zona (topografía y zonificación, geología del lugar, economía, población, áreas urbanas cercanas al retorno), la ingeniería de tránsito como es el TDPA de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo, accidentalidad, corredor troncal al que pertenece la autopista, tipo de autopista, casetas y longitud. Las características generales del proyecto, en específico la geometría del proyecto incluyendo planos y finalmente la razón por la que se planeó la construcción de este retorno, haciendo una comparativa entre el retorno vehicular elevado Vado II y el retorno que actualmente se utiliza llegando a explicar su objetivo y la meta de este nuevo retorno.

En el capítulo 4, Trabajos preliminares, se expone todo lo referente a las previsiones, adecuaciones del tramo y actividades necesarias para la ejecución de la obra, como la localización de los bancos de material, la limpieza del lugar, así como todas las instalaciones necesarias para llevar a cabo la construcción y nivelación del terreno.

En el capítulo 5, Proceso constructivo, inicia con la cimentación de la obra, el tipo de cimentación empleada y su proceso de construcción, desde la excavación hasta el uso de elementos para cimentar la construcción, además se explica el proceso de construcción de los muros mecánicamente estabilizados y el proceso de la tierra armada. Posteriormente se describe el proceso constructivo del camino y del retorno, explicando los pavimentos, la base y sub base. Después se explica el proceso constructivo de la subestructura que son las columnas mostrando sus dimensiones y planos y la descripción de los estribos para después definir el proceso constructivo de la superestructura que es la losa, trabes y juntas mostrando el montaje de cada uno de ellos. Después se describen las obras de drenaje que se emplearon en el retorno indicando todos sus elementos y su proceso de construcción. Y finalmente la señalización que se utilizó en el retorno tanto señalamientos verticales como señalamientos horizontales, incluyendo en estos los informativos.

Finalmente, se presentan las conclusiones acerca del trabajo mostrado y también se incluyen algunas recomendaciones acerca del proceso constructivo, del uso del retorno y de las tecnologías utilizadas en la construcción del retorno vehicular elevado Vado II, y de esta forma se verifica el cumplimiento del objetivo o en caso de no cumplirse totalmente se explican las razones.

Capítulo 1

Generalidades

1. Generalidades

La infraestructura es condición necesaria y motor principal del desarrollo. El sistema carretero mexicano ha permitido comunicar los grandes centros de población con la frontera y los puertos, conformando así lo que se llamó la red carretera troncal actualmente conocido como los corredores troncales nacionales. La modernización del sistema carretero es el punto clave para el desarrollo del país en donde el principal medio de transporte es el terrestre.

El ritmo de crecimiento de la inversión pública y privada destinada a la ejecución de infraestructura, ha contribuido a satisfacer las necesidades de transporte de la población y potenciar las actividades productivas del país. Sin embargo, la cobertura y accesibilidad de esta infraestructura se encuentra aún por debajo de estándares competitivos a nivel internacional.

En este capítulo se describirá el estado actual de la infraestructura carretera de nuestro país, haciendo una comparativa con los demás modos de transporte y de esta manera se podrá explicar la importancia que tiene la infraestructura carretera. Una vez que se haya visto la clasificación de la red nacional de carreteras se explicará una de sus partes más importantes como son los corredores troncales nacionales y analizar su funcionamiento mediante los niveles de servicio que proporcionan. Ya que se haya explicado la condición actual de la infraestructura carretera mexicana, se podrá hacer una comparativa con la del resto del mundo y con base en esa comparativa se podrán describir los objetivos y metas a los que se aspira alcanzar con la infraestructura de nuestro país. Después se explicarán los inhibidores de los proyectos de infraestructura que no permiten alcanzar esas metas y objetivos. Y por último se expondrán los compromisos referentes a la infraestructura del país de la actual administración (2013-2018) y al mismo tiempo se expondrán los de la pasada administración.

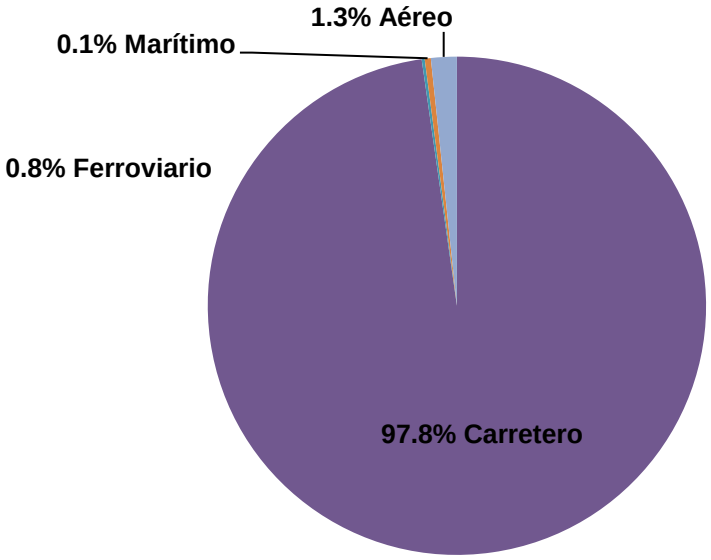
1.1 Descripción de las carreteras en México

México tiene una superficie territorial de más de dos millones de kilómetros cuadrados y una población de ciento doce millones trescientos treinta y seis mil quinientos treinta y ocho habitantes (112´336,538 habitantes dato INEGI 2010), de los cuales la mayor parte de ellos se desplazan por medio del transporte carretero, siendo este el principal medio de comunicación para los mexicanos y de movimiento de mercancías.

Durante el 2012, el movimiento doméstico de pasajeros en los diferentes modos de transporte fue de 3,334 millones de personas. La mayor parte del movimiento doméstico de personas se realiza a través de las carreteras. En 2012, se estimó la siguiente distribución de pasajeros: 97.8% a través de las carreteras, 1.3% para el

aéreo; 0.8 ferroviario y 0.1 para el marítimo. La figura 1.1 muestra la distribución del movimiento doméstico de pasajeros.

Figura 1.1.Movimiento de pasajeros.



Modo	Millones de pasajeros
Carretero	3260.7
Ferroviario	26.7
Marítimo	3.3
Aéreo	43.3

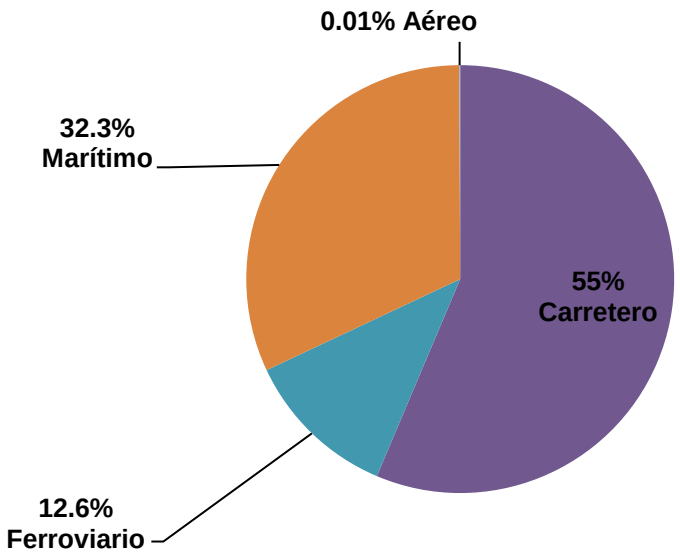
Fuente: Manual estadístico del sector transporte 2012 e infraestructura de transporte 2013-2018, SCT.

Durante 2012, se estimó que el movimiento doméstico de carga en los modos que conforman el sistema de transporte nacional fue del orden de 555 millones de toneladas. El movimiento por carretera sigue siendo clave en la distribución de mercancías a las diversas regiones del país, dada la gran flexibilidad del servicio de autotransporte para adaptarse a las necesidades de los clientes, y la extensa cobertura alcanzada por la red carretera. En 2012, se estima que el monto manejado por este modo de transporte fue de 305.3 millones de toneladas, equivalente al 55% del movimiento doméstico total. La carga restante se repartió mayoritariamente entre los modos de transporte ferroviario y marítimo. El primero manejó alrededor de 69.9 millones de toneladas, equivalente al 12.6% del total; mientras que el segundo transportó 179.3 millones de toneladas, que representan el 32.3% del total. Finalmente el modo aéreo registro tan solo el 0.1% del movimiento de la carga total. La figura 1.2 muestra la distribución del movimiento doméstico de carga.

Considerando lo anterior se comprende la importancia estratégica que tiene para la economía y competitividad del país la conservación en buen estado de su infraestructura carretera.

En la medida en que la red opere en condiciones más favorables de fluidez y de seguridad del tránsito, aumentará su capacidad de proporcionar un transporte eficiente y seguro, con los consecuentes beneficios adicionales a la sociedad.

Figura 1.2. Movimiento de carga.



Modo	Millones de toneladas
Carretero	305.3
Ferroviario	69.9
Marítimo	179.3
Aéreo	0.6

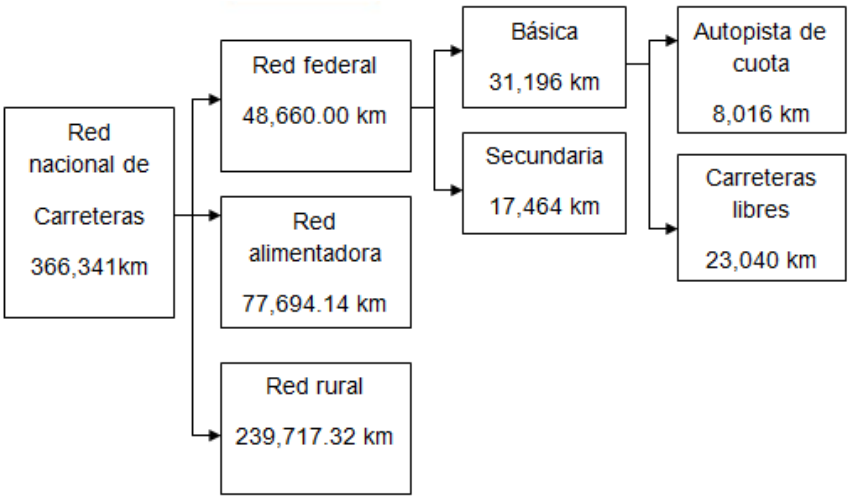
Fuente: Manual estadístico del sector transporte 2012 e infraestructura de transporte 2013-2018, SCT.

En la actualidad México cuenta con un importante patrimonio vial de 366,341 kilómetros de carreteras. La clasificación de la red nacional de carreteras se muestra en la figura 1.3 y se explica a continuación:

- Red federal con 48,660 kilómetros de carreteras. Está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), es atendida en su totalidad por el gobierno federal. Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional. La red federal se divide en básica y secundaria.
    - En la red básica se ubican los 15 corredores troncales con una longitud de 31,196 kilómetros, a lo largo de los cuales circula la mayoría del tránsito carretero. Dentro de la red federal básica operan 8,016 kilómetros de autopistas de cuota, esta red de cuota está concesionada a particulares, Gobiernos Estatales o instituciones financieras.
    - La red secundaria se compone de 17,464 kilómetros que cubren las diferentes regiones del país.
- Red alimentadora con 77,964.14 kilómetros de carreteras. Responsabilidad de los gobiernos de los estados. Cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.
- Red rural con 239,717.32 kilómetros. Responsabilidad de los estados. Son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico,

pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

Figura 1.3. Clasificación de la red nacional.



Fuente: Carreteras, SCT. 2012.

La red carretera mexicana presenta necesidades de inversión en construcción, conservación, modernización y ampliación de carreteras, que permitan atender carreteras federales, carreteras alimentadoras, caminos rurales y autopistas de cuota.

Actualmente México está viviendo una etapa donde se están aprovechando las nuevas tecnologías y mejorando los procesos constructivos, con criterios en la conceptualización de proyectos acordes a la modernidad.

1.2 Importancia de la infraestructura carretera de México

La infraestructura juega un rol central en el desarrollo de los países, tanto en el ámbito económico como en el social. Ante una cierta mejora en la provisión de infraestructura es esperable encontrar avances en la economía, producto de una mejor conectividad, reducción de los costos de transporte y mejorías. La infraestructura básica y la provisión eficiente de servicios de infraestructura son vehículos de cohesión territorial, económica y social porque integran y articulan el territorio, lo hacen accesible desde el exterior y permiten a los habitantes conectarse con el entorno, además de dotarlo de servicios fundamentales para la producción y para el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las personas. La infraestructura, por lo tanto, no solamente incrementa la competitividad y reduce los costos de producción, expandiendo con ello la actividad comercial, la inversión privada y la acumulación de capital, sino que también facilita el desarrollo social de las regiones más desamparadas económica y socialmente.

La importancia de la infraestructura carretera en México radica en que:

- Es un factor determinante para el desarrollo económico.
- Brinda comunicación permanente entre los centros de población con los polos regionales de desarrollo, centros de producción y consumo.
- Es un factor para elevar la competitividad: reduce costos y tiempos de transporte, facilita el acceso a mercados e integra cadenas productivas.
- Contribuye a fortalecer la paz social y la seguridad.
- El bienestar de la nación está relacionado con el grado de desarrollo de su infraestructura.
- Facilita el acceso a servicios de educación, salud y varios más.
- Contribuye a eliminar desequilibrios regionales.
- Le da un sentido de unidad a todo el país.

Por lo que es importante contar con una infraestructura moderna y una destacada plataforma logística para fomentar una mayor competitividad, desarrollo económico, generación de empleos y mejor calidad de vida para los mexicanos. Logrando los siguientes beneficios para México:

- Un país comunicado y competitivo en donde las personas, bienes y servicios transiten de manera segura y a un menor costo.
- Un país con desarrollo económico, sustentable y mejor calidad de vida.

Como se puede ver la infraestructura es fundamental para el desarrollo económico y social. México tiene rezagos en infraestructura que afectan la calidad de vida de la población y reducen la competitividad de su economía debido a que durante muchos años no se invirtió lo suficiente en ella. En la actualidad, en nuestro país coexisten necesidades de conservación, modernización y expansión de la infraestructura que deben ser atendidas, la inversión pública no alcanza para atender la totalidad de los requerimientos de la infraestructura, por lo que debe ser complementada con recursos privados.

Al construir una carretera no sólo aumenta la capacidad de traslado de pasajeros y bienes, sino que se crean nuevas oportunidades de desarrollo entre las poblaciones que conecta. En lo que respecta a la búsqueda de un país con mejores condiciones de vida para todos sus habitantes, el desarrollo de infraestructura fomenta la igualdad de oportunidades.

Para que nuestra infraestructura carretera funcione apropiadamente se debe evaluar de acuerdo con los siguientes atributos:

- Ubicación. Es el grado de accesibilidad al sistema, facilidad de rutas directas entre puntos extremos y facilidad para acomodar un tránsito variado.
- Movilidad. Cantidad de tránsito que puede acomodar el sistema (capacidad) y la rapidez con la que éste se puede transportar.

- Eficiencia. Relación entre los costos totales (directos más indirectos) del transporte y su productividad.

La movilidad es un factor detonante del desarrollo de un país y los tres anteriores atributos deben ayudar a que la infraestructura carretera nacional trabaje adecuadamente, debido a la importancia que como ya se explicó tiene en nuestro país.

1.3 Corredores troncales nacionales

Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituye el conjunto de los 15 principales corredores troncales, con una longitud total de 19,245.3 kilómetros, que representa cerca del 62% de esta red. Los 15 corredores están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria así como los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional. Cada uno de ellos en su mayoría se han denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia, que en su conjunto aseguran la cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

Los corredores troncales son:

- Transversales:
  1) Mazatlán – Matamoros
  2) Manzanillo – Tampico con ramales a Lázaro Cárdenas
  3) Altiplano
  4) México – Tuxpan
  5) Acapulco – Veracruz
  6) Circuito Transístmico

- Longitudinales:
  7) Transpeninsular Baja California
  8) México – Nogales con ramal a Tijuana.
  9) Querétaro – Ciudad Juárez
  10) México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras
  11) Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros
  12) Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo
  13) México – Puebla – Progreso
  14) Peninsular Yucatán
  15) Costera Pacífico

Los ejes carreteros son las vías de comunicación más importantes del país, ya que atienden el tránsito por el que circulan la gran mayoría de mercancías y personas. En la figura 1.4 se muestra el trazo de los corredores troncales de la red básica nacional del patrimonio vial de México.

Figura 1.4. Corredores troncales de México.

Fuente: Carreteras, SCT, 2012.

Estos corredores interconectan las cinco mesorregiones en que se divide el país, además de proporcionar el acceso y comunicación permanente a las principales ciudades, fronteras, centros turísticos y puertos marítimos.

Las cinco mesorregiones en que se encuentra dividido el país se describen brevemente a continuación y se muestran en la figura 1.5.

Figura 1.5. Mesorregiones de México.

Fuente: Los enfoques regionales y su sustentabilidad, SCT.2006.

- Noroeste: Esta mesorregión se localiza en la parte noroeste de la República Mexicana; está integrada por Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y abarca una superficie de 384,417 kilómetros cuadrados.
- Noreste: La mesorregión del Noreste comprende cinco estados del norte del país, los cuales son Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Durango y es la más extensa puesto que abarca una superficie de 663,797 kilómetros cuadrados.
- Centro-Occidente: La centro-occidente integra ocho de los estados de la parte central del país: Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato y San Luis Potosí, y abarca una superficie de 344,150 kilómetros cuadrados.

- Centro país: Esta mesorregión se compone por seis estados, los cuales son Hidalgo, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, Estado de México y Distrito Federal, y abarca una superficie de 64,735 kilómetros cuadrados.
- Sur-Sureste: Por último la mesorregión sur-sureste, abarca nueve estados de la República Mexicana, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; abarca una superficie de 502,149 kilómetros cuadrados.

La importancia de cada corredor se basa en diversos indicadores (veinte) como son los de operatividad y competitividad, los cuales cubren aspectos relacionados con las características geométricas de cada tramo, la intensidad de uso en función de su tránsito diario promedio anual (TDPA), la cobertura, el estado de conservación y la seguridad, entre otros.

Estos corredores comunican a todas las capitales estatales, las principales concentraciones metropolitanas, las ciudades medias, los puertos marítimos de relevancia y los accesos a los puentes fronterizos internacionales de mayor movimiento tanto con los Estados Unidos en el norte, como con Belice y Guatemala en el sur del país. Además de su impacto socio-económico en la integración del territorio, la definición de estos corredores ha permitido dar prioridad a las inversiones federales en la materia en los últimos sexenios, tanto para la modernización de algunos tramos faltantes, como para elevar sus especificaciones y niveles de seguridad.

La autopista Guadalajara – Zapotlanejo dentro de la cual se encuentra el retorno Vado II que aquí se estudiará, se encuentra en el corredor troncal Manzanillo – Tampico.

Este corredor troncal (Manzanillo – Tampico), es una vialidad carretera que enlaza diversas zonas de Colima, Jalisco, San Luis Potosí, Tamaulipas y dos de los puertos marítimos más importantes, en ambos litorales.

1.4 Niveles de servicio de las carreteras en México

Un sistema vial, funciona aceptablemente cuando la magnitud de flujo, circulando a la velocidad recomendada, es menor que la capacidad del sistema; en otras palabras, cuando el sistema tiene la suficiente capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), sin demoras excesivas para los usuarios. Igualmente, cuando los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente. Más aún, los flujos vehiculares inferiores, que circulan a velocidades bajas y densidades altas, presentan condiciones de operación forzada, que incluso pueden llegar a detenciones momentáneas del tránsito, produciendo niveles bajos de servicio.

La calidad del flujo vehicular toma en cuenta el nivel de servicio. La calidad del flujo vehicular se vincula con una apreciación subjetiva que cada usuario realiza en función de su valoración relativa de aspectos tales como rapidez, comodidad y seguridad en el viaje. Sin duda, cualquier variable que restrinja la velocidad de circulación respecto a la de diseño de la carretera, o genere incomodidad o inseguridad en el manejo, estará atentando contra la calidad del viaje y, por lo tanto, la calidad del servicio. Para medir la calidad de flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por lo motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

En la tabla 1.1 se mostrarán los niveles de servicio de las carreteras federales.

Tabla 1.1 Nivel de servicio.

Nivel de servicio	Longitud [km]	%
A	6,658.44	13.68
B	17,839.86	36.66
C	12,846.45	26.40
D	5,851.90	12.03
E	3,695.49	7.60
F	1,767.86	3.63
Total	48,660	100.00

Fuente: Carreteras, SCT.2012.

- Nivel de servicio A. Representa circulación a flujo libre, el nivel de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.
- Nivel de servicio B. Está aún dentro del rango del flujo libre, aunque se empieza a observar otros vehículos integrantes de la circulación, el nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
- Nivel de servicio C. Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones de otros usuarios. El nivel de comodidad y conveviencia desciende notablemente.
- Nivel de servicio D. Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. El usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.
- Nivel de servicio E. El funcionamiento está en el, o cerca del límite de su capacidad. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores.
- Nivel de servicio F. Representa condiciones de flujo muy forzado.

Referente a la tabla 1.1, el nivel de servicio es estable en el 76.74% de la red carretera. Niveles de servicio A,B y C.

En el 12.03% de la red el flujo vehicular se aproxima a inestable, donde la velocidad de operación aun es satisfactoria. Nivel de servico D.

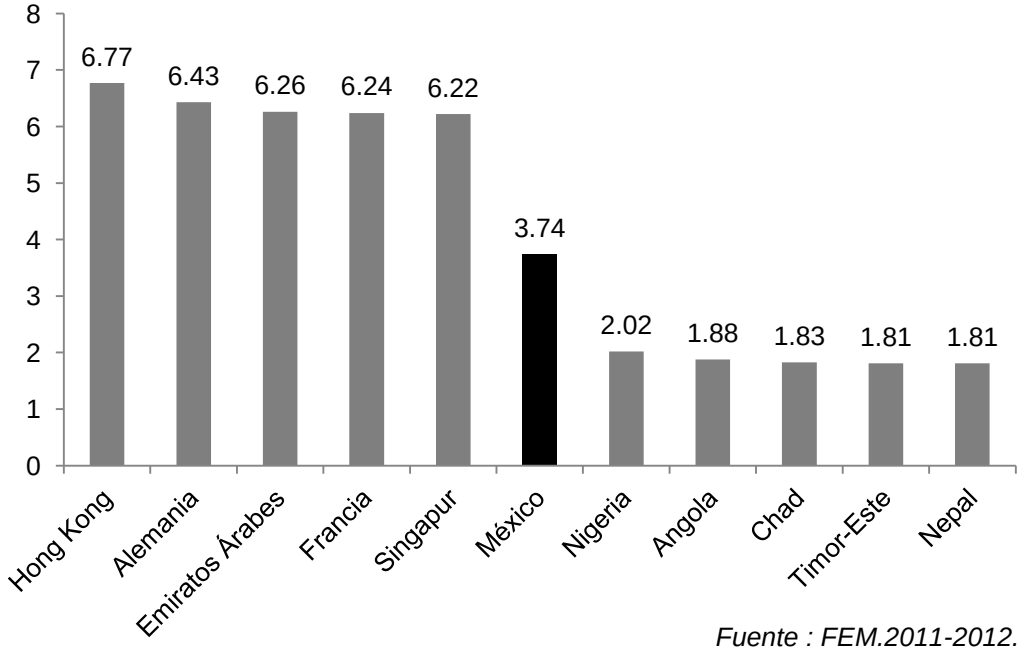
En el 11.23% de la red restante, el flujo vehicular es inestable, con problemas de saturación y de congestionamiento. Niveles de servicio E y F.

1.5 Infraestructura carretera de México y su panorama en el mundo

Las carreteras son un elemento fundamental del sistema nacional de trasporte y su influencia impacta a todo el esquema productivo y logístico nacional. Repercute por supuesto en el desarrollo e integración social y territorial, así como en la política pública relacionada con la movilidad. La suficiencia y calidad de la infraestructura y servicios de transporte, promueven tanto el desarrollo interno del país como su crecimiento e intercambio con otras acciones. Por eso es importante conocer, modernizar, preservar y gestionar de la mejor manera posible este valioso patrimonio de México.

Por lo tanto aquí se mostrará una comparativa de la infraestructura carretera de México con el mundo. El índice de competitividad 2011- 2012, elaborado por el Foro Económico Mundial (FEM) evalúa a 144 países, por su infraestructura México ocupa el sitio 66 a nivel mundial y se muestra en la figura 1.6 y en calidad de caminos ocupa el lugar 62 mostrada en la figura 1.7.

Figura 1.6. Competitividad en Infraestructura.

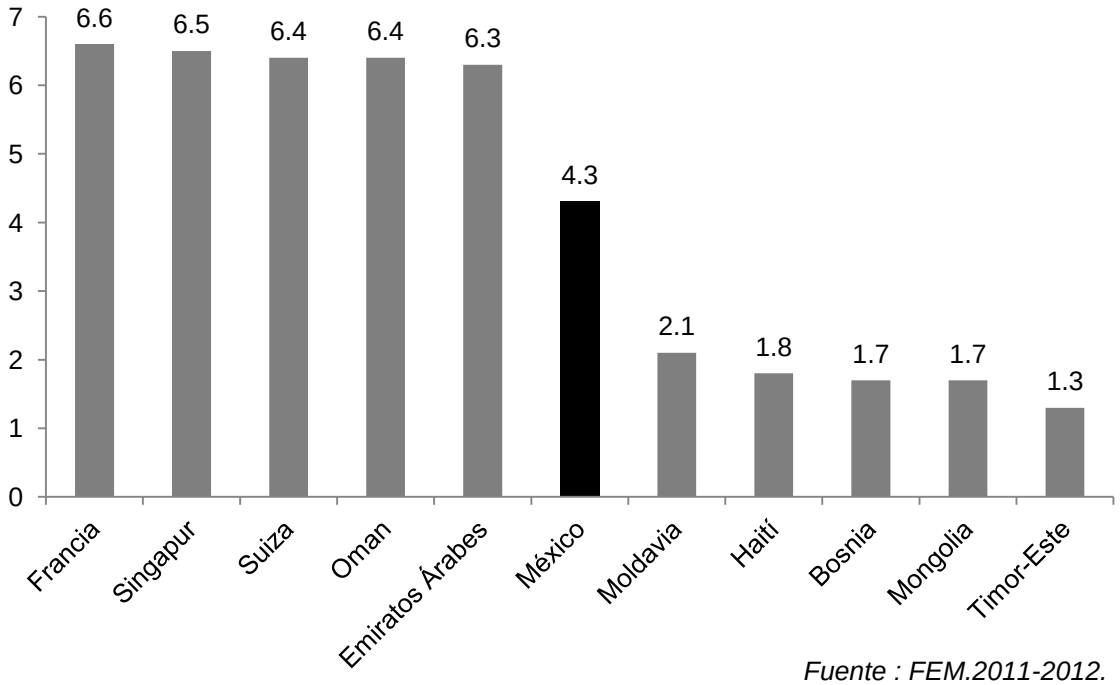


Fuente : FEM.2011-2012.

En calidad de caminos ocupa el lugar 62 con una calificación de 4.3 sobre siete.

Una infraestructura suficiente y eficiente es crucial para el correcto funcionamiento de una economía. Es un factor relevante que determina la ubicación y jerarquía de las actividades económicas que pueden desarrollarse en una economía en particular. Una infraestructura bien desarrollada impulsa incluso la integración y el desarrollo regional y disminuye los efectos de dispersión poblacional.

Figura 1.7. Competitividad en Calidad de Caminos.



Fuente : FEM.2011-2012.

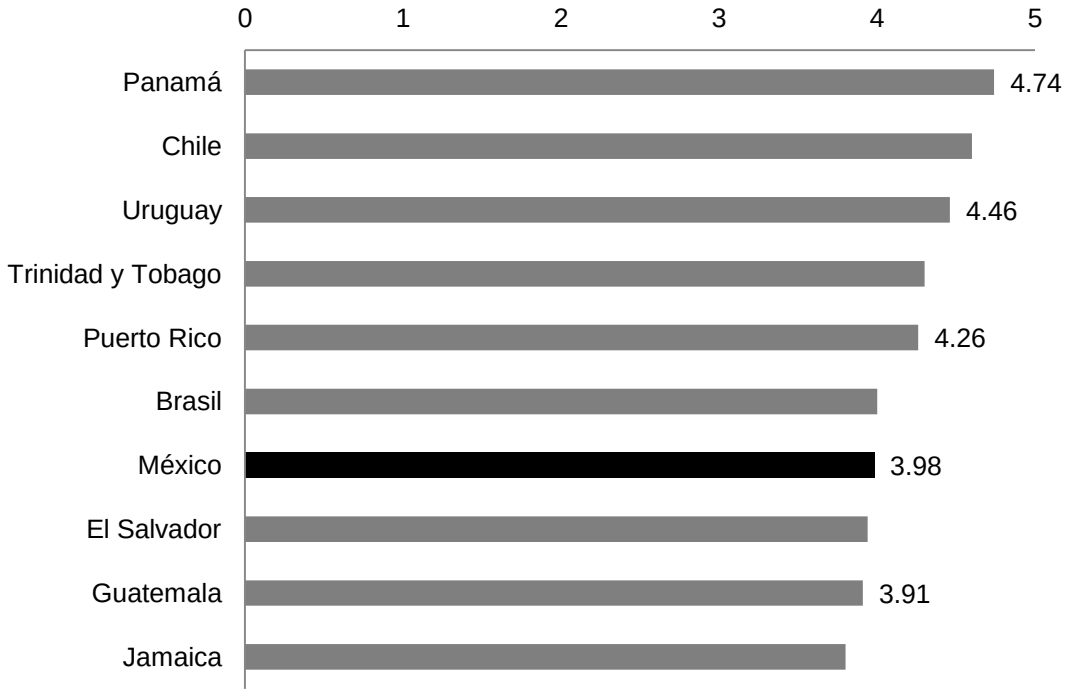
Las figuras 1.6 y 1.7 muestran los primeros cinco lugares, México y los cinco países peor calificados.

El índice de competitividad del Foro Económico Mundial (FEM) se elabora desde hace más de 30 años y examina los factores que permiten a una nación alcanzar los niveles de crecimiento y prosperidad a largo plazo. Este índice es una herramienta que utilizan los empresarios e inversionistas interesados en identificar las fortalezas y debilidades de un país para tomar la mejor decisión en cuanto a dónde establecer un negocio o invertir, conociendo las condiciones competitivas de cada país estudiado.

En América Latina México ocupa la séptima posición en infraestructura figura 1.8, pero en el rubro de calidad de caminos sustenta la cuarta mejor calificación figura 1.9.

Se espera que la inversión en infraestructura carretera mejore la eficiencia del país en transporte terrestre y éste sector funcione como un precursor del crecimiento económico y la movilidad social del país.

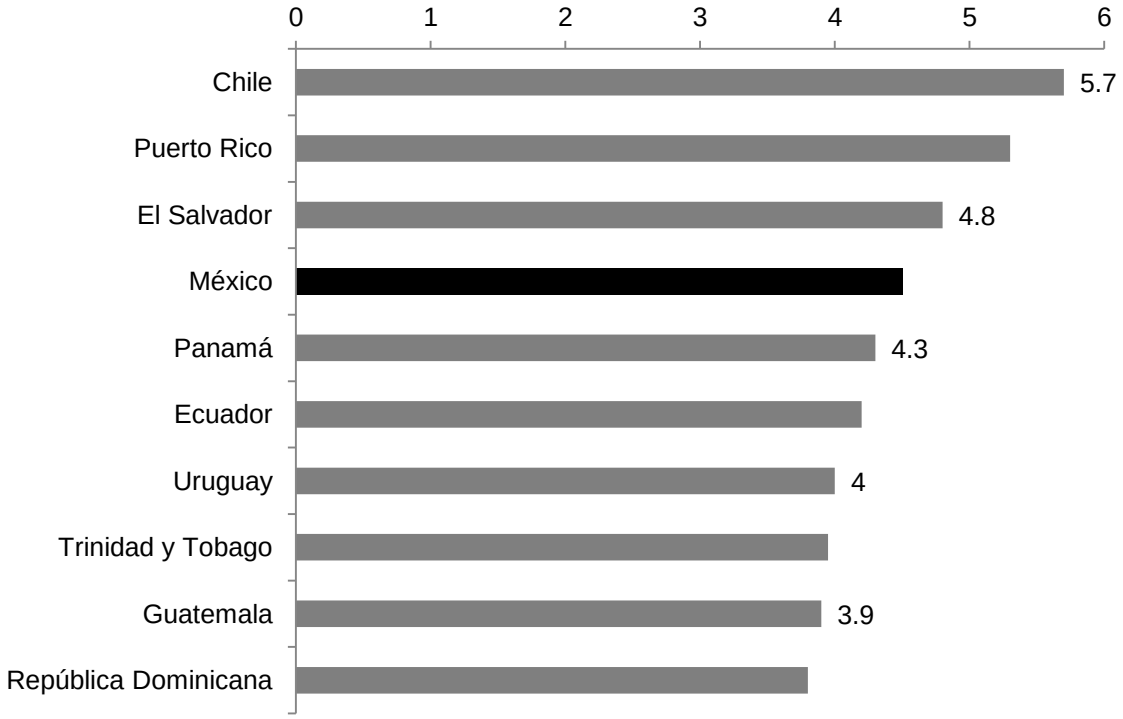
Figura 1.8. Competitividad de la Infraestructura en México.



Fuente: Competitividad en Infraestructura- FEM.2011-2012.

Las calificaciones del Foro Económico Mundial van del 0 como la más baja al 7 siendo la más alta.

Figura1.9.Calidad de los caminos.



Fuentes: Competitividad en Calidad de Caminos- FEM.2011-2012.

1.6 Objetivos y metas de la infraestructura carretera del país

El desarrollo económico y social, así como el previsible potencial de crecimiento del país, impulsan la modernización carretera como columna vertebral del sistema nacional de transporte.

- Meta:

La meta para el año 2030 es que México se ubique dentro del 20% de los países mejor evaluados dentro del índice de competitividad de la infraestructura que elabora el Foro Económico Mundial.

- Estrategias y prioridades:
    - Contribuir en el proceso de descentralización.
    - Proteger y mejorar el aprovechamiento de la capacidad instalada.
    - Mantener la ocupación y generación de empleos.
    - Avanzar hacia la suficiencia financiera del sector.
    - Aumentar la seguridad de los servicios de transporte.
    - Fomentar el desarrollo tecnológico en el transporte.
    - Planeación integral.

- Objetivos:
    - Rehabilitar y conservar permanentemente la red de caminos y puentes.
    - Modernizar la infraestructura carretera y los servicios que ofrecen, dentro de un proyecto integral de desarrollo.
    - Administrar y operar eficientemente el sistema de caminos y puentes, a fin de generar ingresos que garanticen su autosuficiencia.
    - Utilidad económica y social del proyecto que se proponga realizar.
    - Selección y dimensionamiento adecuado del proyecto, congruente con la demanda por satisfacer y tipo de servicio a prestar.
    - Excelencia en la calidad de construcción y costo apropiado de realización, conforme a las normas y especificaciones del caso, a fin de asegurar la durabilidad y buena operación del proyecto.
    - Esquemas de financiamiento firme y variable, con opción de permitir aportaciones del sector público y de fuentes financieras nacionales o extranjeras.
    - Operación eficiente, cómoda y segura para los usuarios.
    - Tarifas adecuadas para los usuarios y compatibles con la necesidad de recuperación de la inversión.
    - Ampliar la cobertura geográfica y social de la infraestructura y los servicios que ofrece el sector, con el fin de que los mexicanos puedan comunicarse, trasladarse y transportar mercancías de manera ágil, oportuna y a precios competitivos, dentro del país y con el mundo.

- Promover altos niveles de confiabilidad, oportunidad, eficiencia y cuidado del medio ambiente en el desarrollo de la infraestructura y los servicios de comunicaciones y transportes, para contribuir a elevar la productividad del sector y el desarrollo económico y social del país.
- Incrementar los niveles de seguridad asociados a la infraestructura y los servicios del sector, mediante acciones para mejorar la calificación del factor humano, la infraestructura, los sistemas y equipamientos, así como la supervisión y cultura de seguridad, a fin de prevenir la ocurrencia de ilícitos, accidentes, pérdidas de vidas humanas y materiales dentro del sistema de comunicaciones y transportes.
- Convertir al país en una de las principales plataformas logísticas competitivas del mundo, aprovechando sus ventajas geográficas y comerciales e incorporando de manera continua las nuevas tecnologías en el desarrollo del sector para detonar el comercio exterior e interior y el crecimiento económico del país.

1.7 Inhibidores de los proyectos de infraestructura carretera

La infraestructura de transporte desempeña un papel fundamental en una economía, pues permite el traslado eficiente de bienes, servicios y pasajeros. Si la infraestructura es de baja calidad, no tiene cobertura, no se atienden necesidades regionales, no existe diversificación de estrategias de inversión, se elevan los costos de los usuarios, encareciendo el transporte y posicionando en desventaja a un país frente a otros. Esto se traduce en menor inversión al elevar los costos de importadores y exportadores, obstaculizando el crecimiento. En el siguiente listado se muestran algunos ejemplos que causan en la inversión, planeación y construcción de la infraestructura carretera obstáculos:

- Falta de planeación a largo plazo. En general en nuestro país no existe una planeación a largo plazo, lo que genera que las empresas relacionadas con la construcción de infraestructura carezcan de elementos para planear su desarrollo e incrementar su capacidad técnica, económica y con acceso a tecnología de punta.

- Tiempo excesivo para la autorización de movimientos presupuestales, y la obtención del registro en la cartera de proyectos de la SHCP. De acuerdo a la normatividad de las obras públicas, las dependencias y entidades requieren por parte de la SHCP, de la autorización global o específica del presupuesto de inversión para poder convocar, contratar o adjudicar, y de no realizarse en forma oportuna, genera retraso en los procesos de licitación y contratación de las obras, subejercicio de los recursos y en ocasiones cancelación de los mismos.

- Proyectos ejecutivos incompletos y falta de presupuesto para los mismos. En muchos casos no se cuenta con proyectos completos o el grado de avance de los mismos no garantiza que las empresas puedan realizar un presupuesto completo y adecuado de los trabajos a realizar, ocasionando que durante la ejecución de las obras se generan muchos cambios y modificaciones, con los consecuentes desequilibrios en los contratos, incrementos en costos, además de propiciar diferencias y controversias entre las partes, que en ocasiones provocan inconformidades y litigios.

- Liberación del derecho de vía. Existe un exceso de tiempo utilizado para la formulación de los avalúos de los terrenos que se liberarán, las negociaciones con los propietarios, la autorización y protocolización de la venta, así como la determinación del valor comercial, lo que provoca que se retrasen las convocatorias y las obras no se realicen en los plazos previstos.

- Bases de licitación con exceso de requisitos. En muchos casos, no son claras y se solicitan demasiados requisitos, lo que limita la participación de las empresas y genera inconformidades en los procesos de licitación, lo que retrasa la adjudicación de los contratos.

1.8 Compromisos de la actual administración (2013- 2018)

La actual infraestructura carretera es la suma de proyectos llevados a cabo a lo largo de los años. En la administración 2006-2012 los logros alcanzados fueron:

- Nuevos esquemas de financiamiento.
- El programa carretero 2007 – 2012 con 100 proyectos estratégicos.
- Eficiencia operativa y conexión de corredores (libramientos, entronques, distribuidores y accesos).
- Modernización de los corredores.
- Modernización de caminos rurales y carreteras alimentadoras.
- Conservación y atención de puntos de conflicto.
- Modernización de la gestión del sistema carretero nacional.

En el 2007, México contaba con 356 mil kilómetros de red carretera, al 2012 ya se contaba con 366 mil kilómetros de la red nacional de carreteras.

Uno de los elementos más importantes de la red carretera, lo han constituido los 14 corredores carreteros, que a partir de 2013 son 15 corredores troncales, que interconectan las cinco mesorregiones en que se divide el país, y que proporcionan el

acceso y comunicación permanente a las principales ciudades, fronteras, centros turísticos y puertos marítimos.

Al iniciar 2007 se contaba con el 82% de la longitud total de estos corredores modernizada, al 2012 se contaba con casi el 90%. Por lo que el 28 por ciento de la longitud de las carreteras federales libres se encontraba en mal estado y este porcentaje se hubiera incrementado si no se hubieran realizado importantes acciones de reconstrucción de tramos. La insuficiencia de los presupuestos asignados al programa de conservación de la red ha obligado a que la mayor parte de los recursos se destinen a la conservación rutinaria y periódica, con acciones cuya vida útil promedio es menor a cinco años, lo que trae como consecuencia el acelerado deterioro de la red en su conjunto.

En resumen, la red carretera de México ha crecido a través de los años y se han realizado esfuerzos a fin de mantenerla en buen estado. Asimismo, se ha incrementado la cobertura en caminos rurales, llegando cada vez a más zonas del país. No obstante, para que el país cuente con redes carreteras que detonen el crecimiento y la competitividad, aún quedan kilómetros por construir y modernizar.

En la tabla 1.2 se muestran los compromisos de la administración federal 2013-1018.

Tabla 1.2 Compromisos.

Subsector	Tipo de proyectos	Número de compromisos
Carreteras	Carreteras y autopistas	44
	Libramientos	17
	Entronques, puentes y distribuidores viales	8
	Vialidades y caminos rurales	8
Ferrocarriles	Movimiento de pasajeros	10
	Movimiento de carga	6
Puertos		7
Aeropuertos		7
Telecomunicaciones		2

Fuente: Infraestructura de Transporte 2013-2018, SCT.

Como se puede observar, la infraestructura carretera es la que mayor número de compromisos tiene con un total de 77.

Capítulo 2

Entronques y retornos carreteros

2. Entronques y retornos carreteros

En la actualidad la red vial de nuestro país tiene problemas de saturación de tráfico debido a la enorme cantidad de vehículos que circulan, estos problemas se inician generalmente en las intersecciones como consecuencia de la falta de una regulación de la circulación, de algún accidente, o bien sencillamente porque la intersección llega al límite de su capacidad. Estos problemas se trasmiten al resto de las vías afluentes a la intersección provocando nuevos problemas. Idear un sistema de enlaces con vías a distinto nivel puede solucionar la congestión del tráfico en algunas intersecciones.

Por tratarse de sitios de potencial congestionamiento, las intersecciones deben ser cuidadosamente diseñadas. En general, el criterio dominante para tratar las intersecciones será aumentar su capacidad, ya que es normal que éstas alcancen el nivel de saturación en algunos períodos de operación. Y es aquí donde la geometría toma una gran relevancia para que las intersecciones y en consecuencia las vías que salen o lleguen a ella funcionen adecuadamente.

Las intersecciones en su mayoría pueden ser utilizadas como retornos, aunque en las vialidades como autopistas o vialidades primarias es recomendable que sean independientes de cualquier intersección para incrementar el nivel de servicio de la autopista y esto se verá reflejado en velocidad, tiempo de recorrido, seguridad, libertad para realizar maniobras y comodidad.

En este capítulo se definirá la diferencia entre un entronque y un retorno, los tipos que existen, consideraciones que se deben de tomar en cuenta en el diseño de los mismos, los tipos de maniobras, las partes que los componen, la geometría para que su funcionamiento sea el adecuado y por último se mostrarán los tipos de entronques y retornos que existen en México.

2.1 Entronques carreteros

Se llama intersección al área donde dos o más vías terrestres se unen o se cruzan.

Se consideran dos tipos generales de intersecciones: entronques y pasos.

- Los entronques son nodos en un sistema; entiéndase como sistema a la red vial y los nodos son puntos conflictivos, por lo que se llama entronque, a la zona donde dos o más vialidades se cruzan o se unen, permitiendo la mezcla de las corrientes del tránsito.
- Se llama paso, a la zona donde dos vialidades se cruzan sin que puedan unirse las corrientes del tránsito.

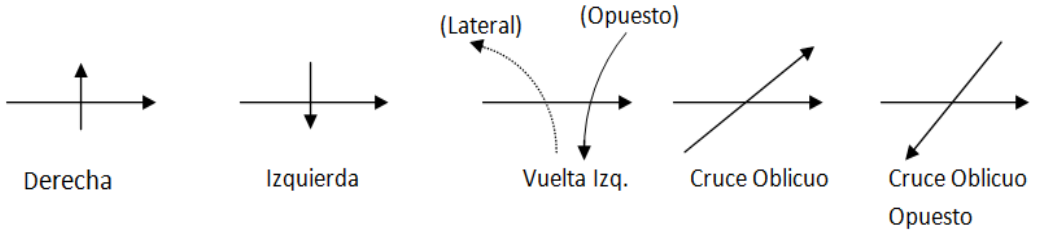
Las principales partes de un entronque son: ramas, enlaces y área de maniobra o intersección:

- Ramas y enlaces. Tanto los entronques como los pasos, pueden contar con estructuras a distintos niveles. A cada vía que sale o llega a una intersección y forma parte de ella, se le llama rama de la intersección. A las vías que unen las distintas ramas de una intersección, se les llama enlaces; pudiéndose llamar rampas, a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel.
- Área de la intersección o maniobra. Es donde un conductor puede cambiar de la ruta sobre la cual ha venido manejando a otra diferente trayectoria o cruzar la corriente de tránsito que se interpone entre él y su destino por lo que existe un conflicto entre los usuarios que intervienen en las maniobras. Esto puede incluir a los usuarios cuyas trayectorias se unen, cruzan o separan, o puede abarcar a los vehículos que se aproximan al área de conflicto. Incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.

  Todos los conflictos pueden ser catalogados en tres rubros: cruces, divergencias y convergencias.

  - El cruce. Es la maniobra que realizan los conductores en donde no cambian de trayectoria (siguen su camino) pero interfieren en la trayectoria de otro conductor que viene en un camino diferente. El principal conflicto en un entronque es el cruce de vehículos ya que es el que contribuye de gran manera a los accidentes y a que los límites de capacidad de la autopista queden rebasados. La figura 2.1 ejemplifica los diferentes cruces que pueden existir en un entronque.

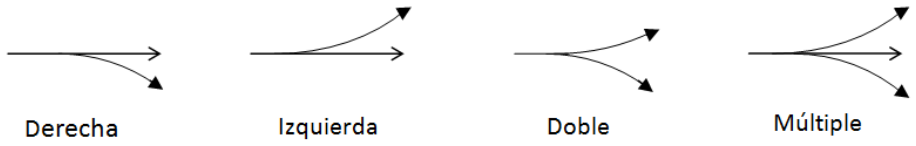
Figura 2.1. Cruces.



Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT.1991.

  - Las divergencias. Es la maniobra que realiza el conductor para salirse del camino principal. La figura 2.2 muestra las diferentes maniobras que se pueden realizar.

Figura 2.2. Divergencias.



Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT.1991.

- Las convergencias. Es la maniobra que realiza el conductor para unirse al camino principal. La figura 2.3 muestra las diferentes maniobras que se pueden realizar.

Figura 2.3. Convergencias.

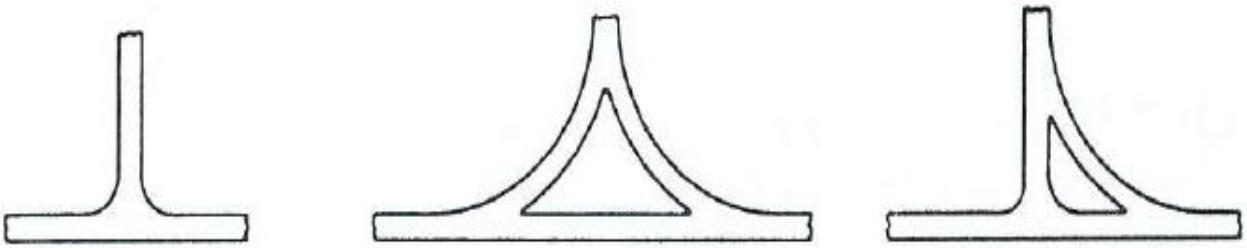
Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT.1991.

El proyecto de un entronque se inicia desde el estudio de las áreas de maniobra.

Los tipos de entronques que se pueden construir son principalmente a nivel y a desnivel (elevados y deprimidos o inferiores), cada uno ofrece ventajas y desventajas de acuerdo al tipo de vialidad al que se va a integrar.

- Entronques a nivel. Es el lugar donde confluyen dos o más vialidades a la misma altura a la que se encuentra el nivel del suelo por lo que no es necesario el uso de estructuras como las rampas para que los caminos intersequen. Hay numerosas formas de intersecciones a nivel pero las más frecuentes son las que se describen a continuación:
    - Entronques de tres ramas. Estos entronques pueden adoptar la forma de “T” o de “Y”. Los entronques tipo T se adaptan a intersecciones de caminos secundarios con carreteras de mayor importancia, siempre que el ángulo entre los dos caminos sea recto o muy próximo a este. Este tipo de entronques se emplea entre carreteras de dos carriles con escasos volúmenes de tránsito. En áreas urbanas o suburbanas puede operar satisfactoriamente aun con altos volúmenes, regulándolos mediante la inclusión de semáforos. La figura 2.4 muestra las formas comunes que adopta esta clase de entronque.

Figura 2.4. Intersección tipo T.



Fuente: Chapter 9 Intersections, interchanges terminals, Highway Engineering.

Los entronques tipo Y es donde tres caminos intersecan de tal forma que los ángulos que se forman sean lo más parecidos posibles y es una variación de los tipo T que facilita la inclusión del tránsito vehicular a la carretera. Funcionan en carreteras con elevados volúmenes de tránsito y frecuentes movimientos de vuelta para converger o divergir entre las dos carreteras y requieren un mayor grado de canalización como los mostrados en la figura 2.5. Éste tipo de intersección permite las vueltas en "U" (retornos) a cierta distancia de la intersección principal.

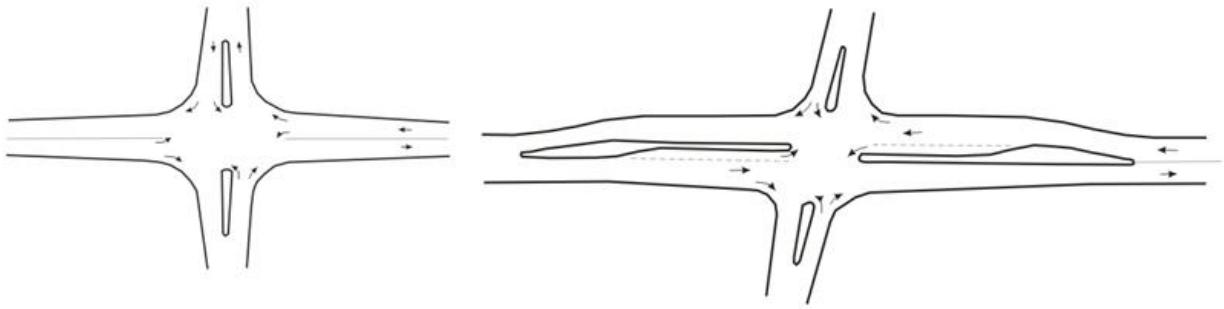
Figura 2.5. Intersección tipo Y.

Fuente: Chapter 9 Intersections, interchanges terminals, Highway Engineering.

- Entronques de cuatro ramas. Son aquellos en los que se intersecan cuatro caminos y pueden ser de tipo + (cruz) o X. Estos tipos de entronques son apropiados para cruces de carreteras de bajo volumen de tránsito y a menudo para los sitios en que éstos intersecan un camino de alto volumen, siempre y cuando el ángulo no esté muy alejado de los 90º y que el volumen que da vuelta, sea escaso. El pavimento de los accesos es continuo a través de todo el entronque y sus esquinas de hallan redondeadas para facilitar los movimientos de vuelta. Es recomendable

canalizar el tránsito de los vehículos mediante la adición de carriles para las vueltas, de esta forma se facilita el flujo. En la figura 2.6 se muestran este tipo de entronque.

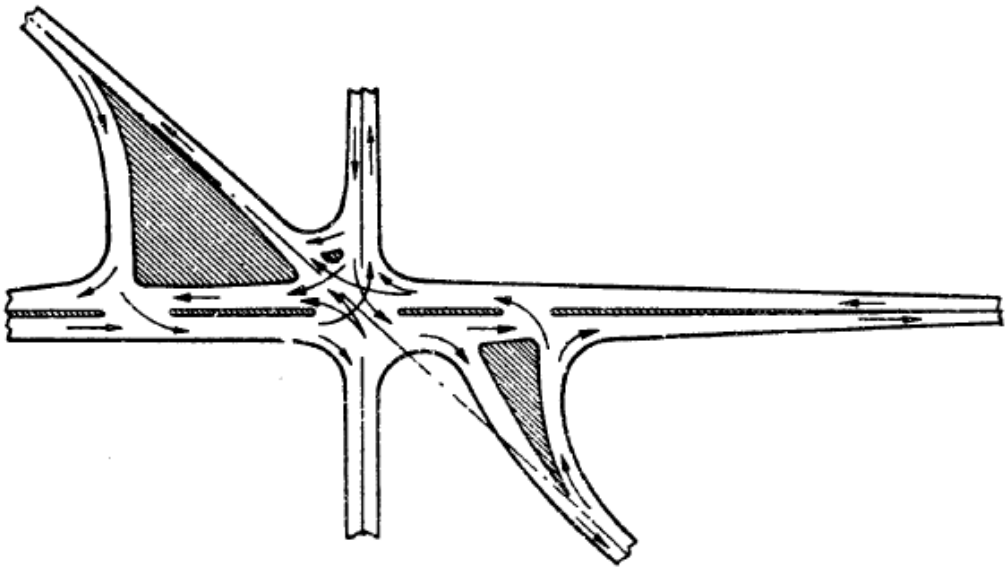
Figura 2.6. Entronque de cuatro ramas.



Fuente: Congestión de tránsito, CEPAL. 2003.

- Entronques de ramas múltiples. Compuestas por más de cuatro ramas, constituyen el caso más difícil de tratar; por lo general, es preferible suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible. Esta clase de intersecciones no deben ser diseñadas para carreteras ni vialidades primarias, solamente en áreas urbanas o suburbanas y cuando los volúmenes sean bajos y existan señales de control de tránsito como los semáforos. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo de esta clase de entronques.

Figura 2.7. Entronque de ramas múltiples.



Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras.SCT.1991.

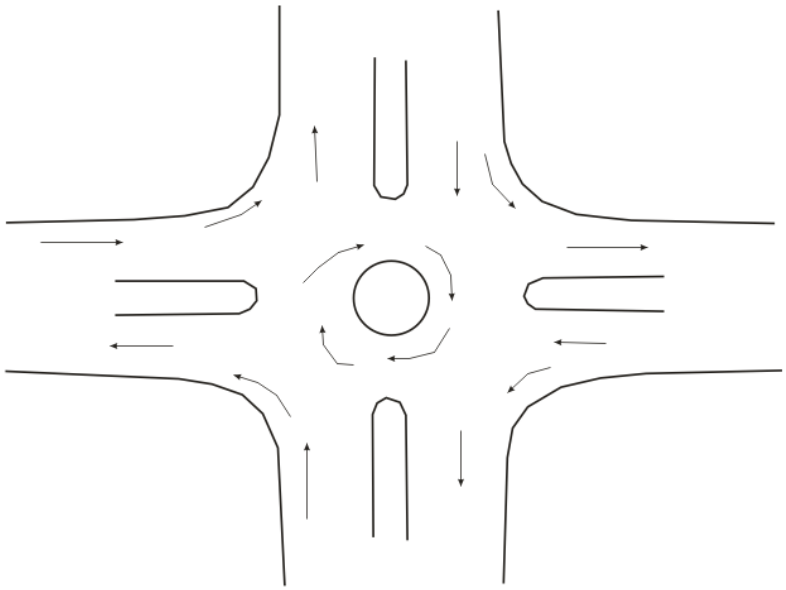
- Glorieta. Es aquella en que en la que el tránsito vehicular circula en un solo sentido de manera circular alrededor de una pequeña isleta de forma circular.

  No deben construirse en las carreteras debido a:

  1) Las bajas velocidades en que circulan los vehículos.
  2) Se requiere de una gran área para su funcionamiento.
  3) Si dos o más caminos se encuentran con niveles de servicios bajos la glorieta funciona en forma muy deficiente.

  Este tipo de entronques son útiles solamente en áreas urbanas y suburbanas. En la figura 2.8 se muestra un entronque de este tipo.

Figura 2.8. Glorieta.



Fuente: Congestión de tránsito, CEPAL. 2003.

- Entronques a desnivel. Se entiende por intersecciones a distinto nivel, aquellas que resuelven el encuentro o cruce de dos o más vías mediante el paso a distinto nivel del tronco central de algunas de las vías confluyentes. Un entronque a desnivel es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones. Debido a su alto costo inicial, su empleo se limita a aquellos casos en que pueda justificarse ese costo. Los entronques a desnivel son necesarios en las intersecciones en donde un entronque a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos de la intersección. La capacidad de un entronque a desnivel se aproxima o es igual a la suma de las capacidades de las vialidades que lo forman, ya que los movimientos de frente pueden efectuarse sin interrupciones y los movimientos de vuelta se realizan sin interferir con el tránsito directo al diseñarse los carriles exclusivos para cambio de velocidad.

En algunas ocasiones se emplean los entronques a desnivel por razones de seguridad y en otras llegan a ser más económicas debido a la topografía. Las ventajas que tienen los entronques a desnivel son:

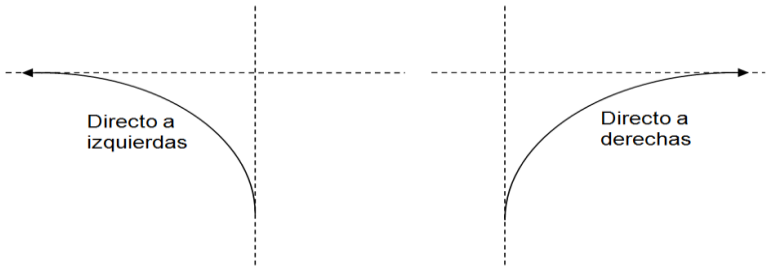
1) La capacidad de la rama para el tránsito directo (el que circula por la vía principal) puede hacerse igual o casi igual a la capacidad del camino.
2) Se proporciona mayor seguridad al tránsito y al que da vuelta a la izquierda ya que el tránsito se canaliza. El tránsito que da vuelta a la derecha hace la misma maniobra que en los entronques a nivel, pero generalmente con mucha mayor facilidad, lo que también se traduce en una mayor seguridad.
3) Las paradas y los cambios apreciables de velocidad se eliminan para el tránsito directo. En un entronque proyectado adecuadamente los usuarios que dan vuelta, generalmente reducen un poco la velocidad. La continuidad del tránsito se traduce en grandes ahorros de tiempo, además de aumentar notablemente la comodidad de los conductores.
4) El proyecto de la separación de niveles es flexible y puede adaptarse a casi todos los ángulos y posiciones de los caminos que se intersecan.
5) La separación de niveles es una parte esencial de las vías rápidas, carreteras y autopistas.

Las principales desventajas de los entronques a desnivel están relacionadas con factores económicos y con el aspecto práctico de obtener proyectos prácticos con derecho de vía restringido y en terrenos difíciles.

Los enlaces llamados también llamados ramales (en caso de ser a desnivel son rampas) en este tipo de intersección son muy importantes ya que son los que permiten la interconexión entre las diferentes vías conduciendo los vehículos entre ellas. En función de cómo se produce dicho enlace, se distinguen tres tipos de ramales:

- Directos. Es el enlace que realiza la conexión directa entre dos vías sin cruzarse con ninguna otra. Se distingue entre ramal directo a izquierdas (facilita el giro a la izquierda) y a derechas. Los giros a la derecha siempre son directos. La figura 2.9 muestra el movimiento de esta clase de enlaces.

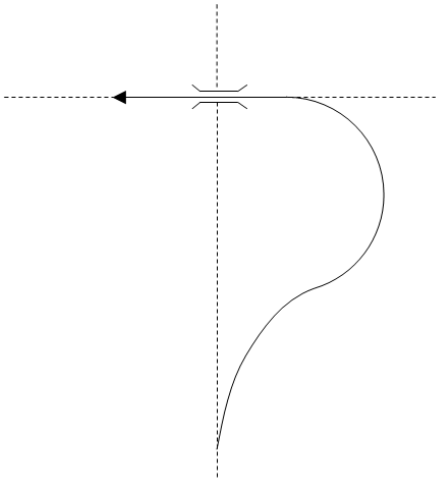
Figura 2.9. Enlace directo.



Fuente: Manual de carreteras – Infraestructura, SCT.2009.

- Semidirectos. En este tipo de enlace el flujo vehicular que efectúa el giro a la izquierda se desvía con anterioridad a la derecha, incorporándose a la otra vía situada a distinto nivel. La figura 2.10 muestra el movimiento que realizan los vehículos en este tipo de enlace.

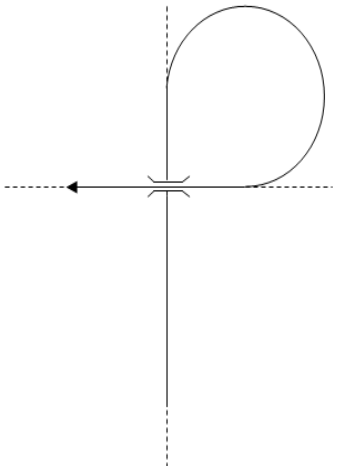
Figura 2.10. Enlace semidirecto.



Fuente: Manual de carreteras – Infraestructura, SCT.2009.

- Lazo. Enlace en el que siempre se circula a derechas, atravesando primeramente la estructura por su parte inferior, para posteriormente desviarse a la derecha para incorporarse a la otra vía. La figura 2.11 muestra el movimiento que realizan los vehículos en este tipo de enlace.

Figura 2.11. Enlace lazo.



Fuente: Manual de carreteras – Infraestructura, SCT.2009

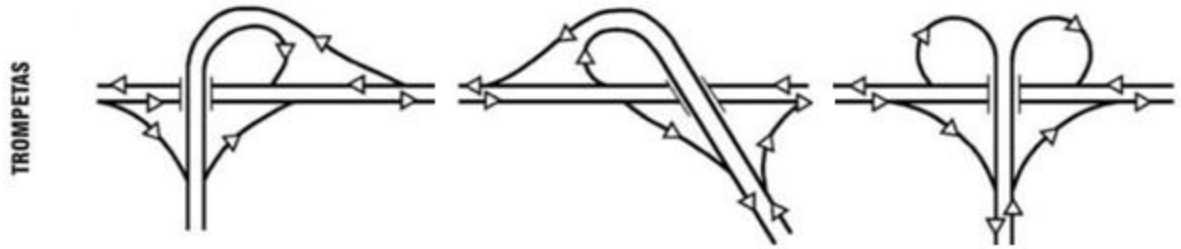
.

El tipo de entronque a desnivel está determinado principalmente por el número de ramas de la intersección, por los volúmenes probables del tránsito directo y del que da vuelta, por la topografía y por las estructuras existentes. Los tipos generales de entronques a desnivel se designan de acuerdo con la forma que adoptan más que por el número de ramas.

Los principales tipos de entronques son:

- Entronque tipo trompeta. Entronque de tres ramas adaptable a intersecciones tipo T, por la forma que presenta se acostumbra llamarlo trompeta. Este tipo de entronque es recomendable en el caso de existir predominancia de uno de los movimientos (de convergencia o divergencia) a la vía principal. La variedad más empleada consta de un ramal semidirecto y un lazo para los movimientos de vuelta a la izquierda y lo movimientos a la derechas son directos. La figura 2.12 ejemplifica este tipo de entronque.

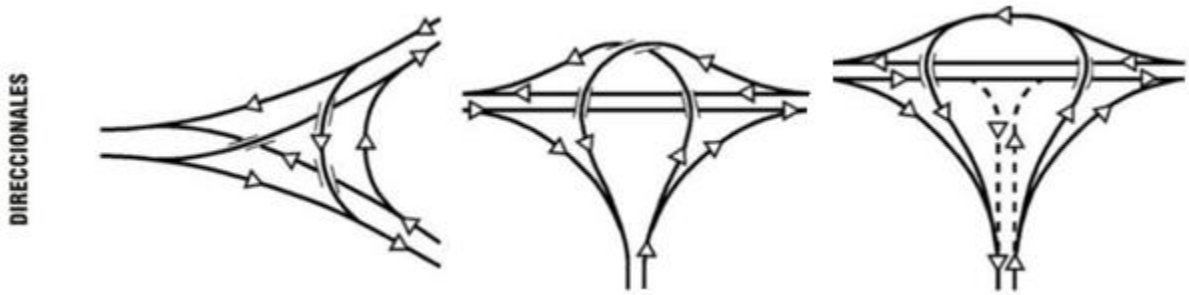
Figura 2.12. Entronque tipo trompeta.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

- Entronque direccional: Adaptable a una intersección Y. Su forma permite que los tránsitos principales efectúen sus movimientos en forma directa. La figura 2.13 muestra este tipo de entronque.

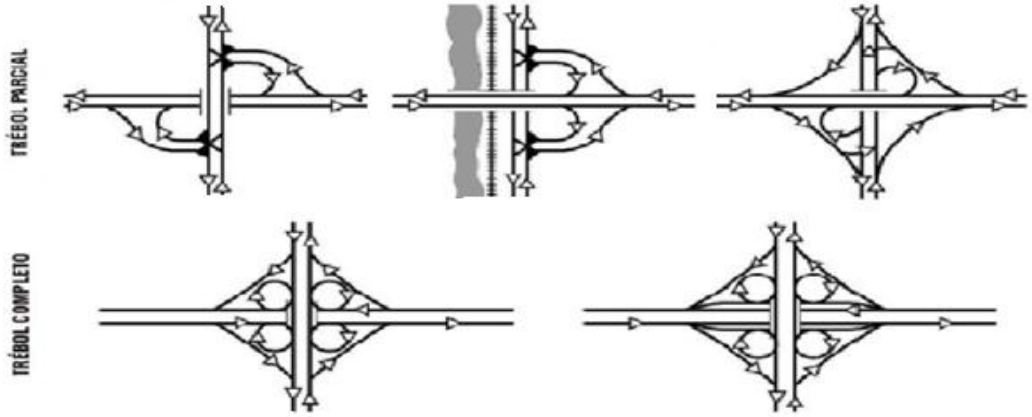
Figura 2.13. Entronque tipo direccional.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

- Entronque tipo trébol: Está constituido por enlaces de un solo sentido. No son posibles las vueltas directas a la izquierda en un solo movimiento. Este diseño permite todos los cambios de dirección, pero se necesita dar vuelta a la izquierda a nivel en la vialidad secundaria. Mientras que el entronque tipo trébol parcial es aquel al que le falta algún enlace. En la figura 2.14 se ejemplifica este tipo de entronque.

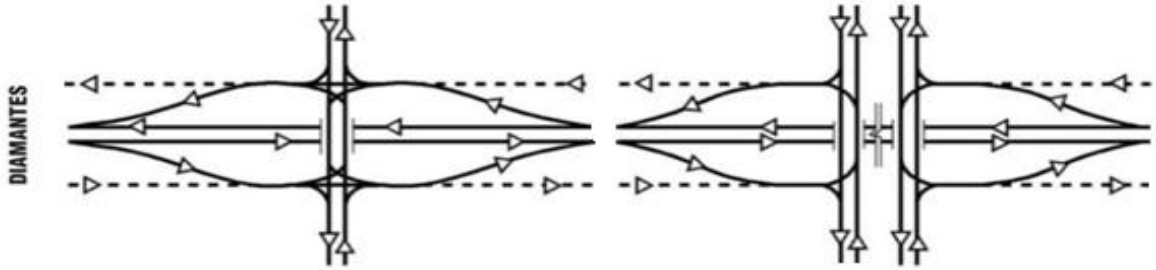
Figura 2.14. Entronque tipo trébol.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

- Entronque tipo diamante: Tiene cuatro rampas de un solo sentido de circulación. Es especialmente adaptable a intersecciones de una vialidad principal y de una vialidad secundaria, cuando el derecho de vía de una carretera está restringido. Las rampas generales están alargadas en el sentido del camino principal. Los extremos de las rampas en el camino secundario forman un entronque a nivel tipo Y o en T. Este tipo de entronque es adaptable a un amplio rango de volúmenes de tránsito; para vialidades secundarias de bajo volumen y tienen un costo bajo. En la figura 2.15 se muestra una intersección tipo diamante.

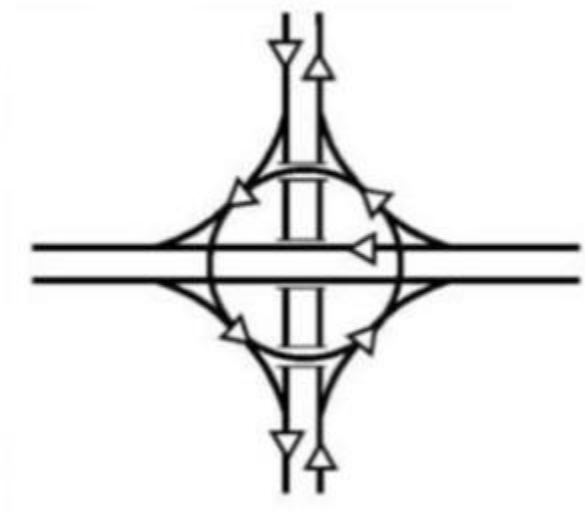
Figura 2.15. Entronque tipo diamante.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

- Glorieta. Es la más recomendable para ramas múltiples aunque no es aconsejable para carreteras. La figura 2.16 muestra una glorieta a desnivel.

Figura 2.16. Glorieta.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

Es conveniente que, en lo posible, todos los entronques a lo largo de la carretera sean del mismo tipo, de tal manera que los usuarios se acostumbren a su forma y a la ubicación de los enlaces. Cuando esta uniformidad no pueda lograrse por consideraciones económicas, topográficas o de otra índole, debe emplearse un señalamiento especial.

2.2 Retornos carreteros

Un retorno es el lugar en donde un vehículo que viene circulando en una dirección puede cambiar ese sentido de forma inversa usando caminos conectores que le permitan hacer dicho movimiento.

En muchos casos los movimientos de retornos pueden realizarse en las intersecciones.

Los retornos pueden ser a nivel o a desnivel.

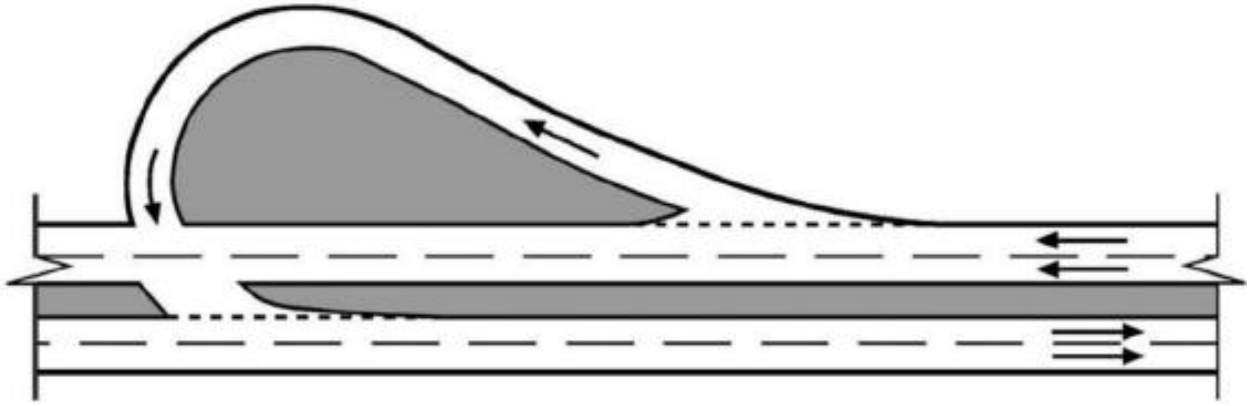
- Retornos a nivel. Esta clase de retornos no son recomendables en las carreteras debido a la gran accidentalidad que ocasionan. Sin embargo, hay ciertos casos que su existencia puede considerarse como un mal menor o bien puede aceptarse para volúmenes muy bajos que en otras circunstancias entorpecen el

funcionamiento de un entronque. Como ya se mencionó muchos entronques pueden funcionar como retornos. Los tipos de retornos son:

- Retornos en U. Esta clase de retorno es una maniobra de giro en forma de "U" alrededor de una faja separadora central. En las carreteras o vialidades de altas velocidades o fuertes volúmenes de tránsito, las dificultades que se presentan y las grandes longitudes requeridas para entrecruzarse sin riesgo, hacen que este tipo de diseño resulte inconveniente, a menos que los volúmenes del camino secundario sean escasos y la faja separadora central tenga un ancho adecuado. Los lugares en donde pueden ubicarse las aberturas para vueltas en U, son las siguientes:
  1) Después de intersecciones a nivel o de algunas intersecciones a desnivel, a fin de permitir a los conductores regresar a ella por haber equivocado la ruta al no estar familiarizados con la intersección.
  2) Antes o después de una intersección con el fin de facilitar los movimientos poco frecuentes, cuando el área principal de la intersección, se reserva para los movimientos de vuelta importantes.
  3) En carreteras con control total de acceso, cuando se dispone para labores del personal de conservación de la carretera, uso de la policía o como lugar de estacionamiento de los vehículos utilizados por ellos. En tales casos el espacio estará cerrado por una cadena u otro dispositivo fácilmente removible por la autoridad, pero no así por el público en general. Las aberturas se construirán regularmente espaciadas a lo largo de la carretera.

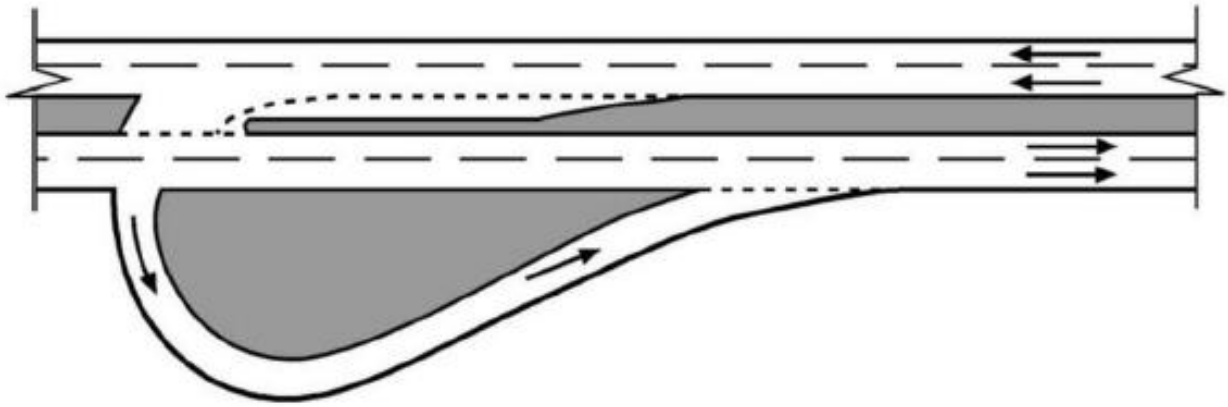
  El diseño apropiado para la vuelta en U es añadir un carril a la entrada del retorno o a la salida de este, como se muestra en la figura 2.17 con carril a la entrada y en la figura 2.18 con carril a la salida.

Figura 2.17. Retorno en U con ramal a la entrada.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

Figura 2.18. Retorno en U con ramal a la salida.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. 2009.

Los retornos en U también pueden realizarse alrededor de la franja separadora central aunque es poco recomendable ya que se necesitan los anchos apropiados de la franja separadora central y los radios de giro adecuados para que los vehículos puedan realizar la maniobra sin ningún problema. En la tabla 2.1 se muestran los anchos necesarios de la franja separadora central para que los vehículos puedan girar adecuadamente.

Tabla 2.1. Faja separadora central.

Ancho de la faja separadora central [m]	Tipo de maniobras realizables en carreteras dividas de 4 carriles
18	Casi todos los vehículos pueden realizar la vuelta en U, iniciándola y terminándola sobre los carriles interiores.
12	Todo automóvil puede girar en U, desde y hacia los carriles interiores. Algunos camiones inician y terminan la vuelta sobre los carriles exteriores; otros más largos lo hacen con cierta invasión del acotamiento.
10	Permite la vuelta en U a los automóviles desde y hacia los carriles interiores; los camiones invaden el acotamiento y algunos camiones requieren más de una maniobra para girar.
6	Permite a los automóviles la vuelta en U del carril interior al exterior; los camiones grandes no pueden hacerlo en una sola operación.

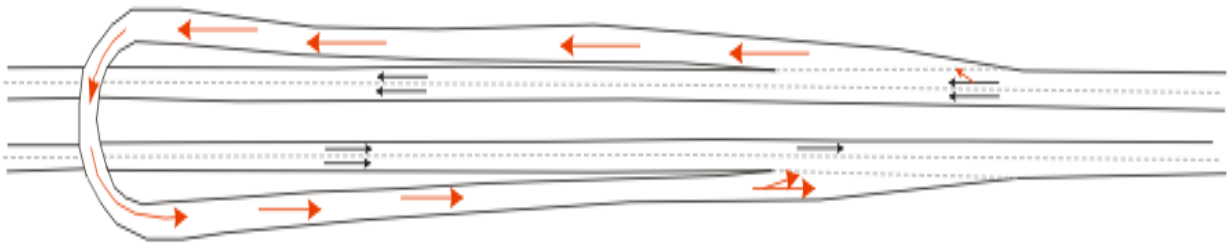
Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras.SCT.1991.

Como se puede observar se requiere de una gran área para realizar las vueltas en U y debido a esto es que la mejor opción son los retornos a desnivel (inferiores o elevados) para esta clase de maniobra.

- Retorno en los entronques tipo T y Y. La maniobra (retorno en U) se realiza unos metros antes o después en cada una de las ramas para no entorpecer la intersección o en la intersección pero canalizando los movimientos adecuadamente.
- Retorno en los entronques tipo de cuatro ramas, ramas múltiples y glorietas. En esta clase de intersección no es apropiado permitir la maniobra de retorno en las carreteras.

- Retornos a desnivel. Cuando en las carreteras transitan grandes volúmenes de tránsito o a altas velocidades, y sea necesario proporcionar vueltas en U, los riesgos y la interferencia con el tránsito principal pueden reducirse al mínimo con los retornos a desnivel que permitan a los vehículos iniciar y terminar dichas vueltas en mejores condiciones. Los retornos a desnivel pueden ser inferiores o deprimidos mediante el uso de túneles en forma de U o pueden ser elevados mediante el uso de estructuras que permitan el cambio de dirección de los vehículos como es el caso del retorno Vado II en la autopista Guadalajara – Zapotlanejo. Además del uso de las intersecciones que permitan las vueltas en U. Los tipos de retornos a desnivel son:
    - Retornos elevados. Como su nombre lo indica los vehículos darán vuelta en U sobre la vía principal mediante el uso de carriles auxiliares localizados en las orillas exteriores de la carretera que permiten ingresar a los vehículos que desean dar vuelta en U, esos carriles conectan con una rampa de acceso al puente vehicular con forma de U y este finalmente está conectado con otra rampa que lleva a los carriles auxiliares localizados del otro lado de la carretera que se anexan a la vialidad. La figura 2.19 muestra un retorno de este tipo.

Figura 2.19. Retorno elevado.



Elaboración propia.

- Retornos inferiores o deprimidos. Se comporta de la misma manera que el retorno en U elevado solo que el retorno pasará por debajo de la vía principal en forma U.

- Entronques tipo trompeta y direccionales. Esta clase de entronques se pueden adaptar para permitir el cambio de dirección de forma inversa.
- Entronques tipo trébol y diamante. Estos entronques permiten el retorno tanto a la vía principal como a la secundaria. Mientras que el entronque tipo trébol parcial sólo lo permite en la vía principal.

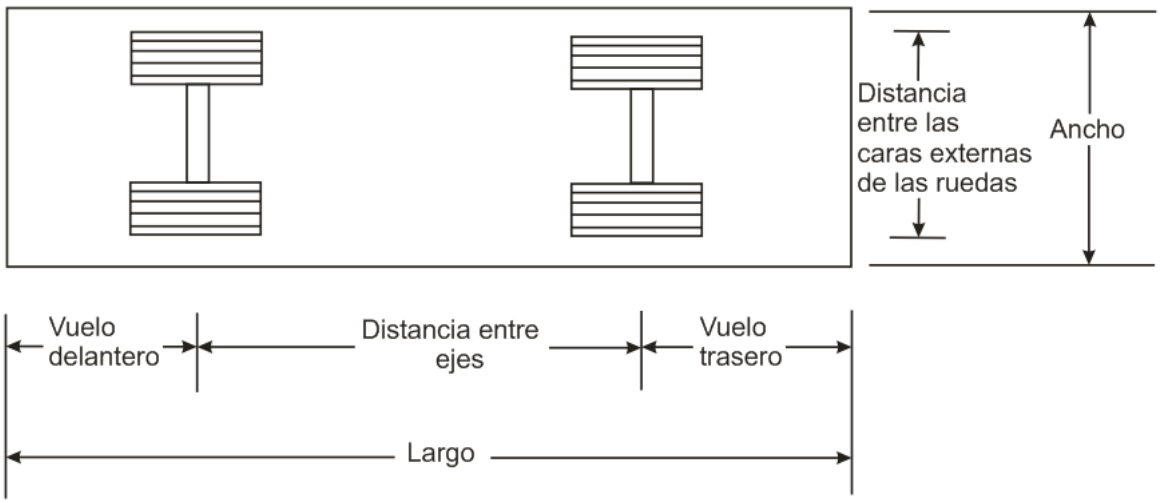
Para realizar un retorno a desnivel es importante que los beneficios que se obtengan tanto del mejoramiento del nivel de servicio del camino como de la seguridad vehicular equiparen por lo menos el costo de la obra.

2.3 Retornos y entronques en México

En México, como en el mundo, la geometría es la solución para dar cabida a toda la expectativa de tránsito o evitar accidentes y de esta manera hacer que una intersección o entronque trabajen eficientemente. Los elementos más importantes para el diseño geométrico de los entronques y retornos son los mismos y se muestran a continuación:

- Radio de giro. Es una de las condiciones de movimiento importantes a la hora de diseñar las curvas. Éste viene determinado por la anchura, la separación entre ejes, el máximo ángulo de giro de las ruedas delanteras y la longitud total del vehículo; en la figura 2.20 se muestran las partes importantes de los vehículos que deben tomarse en cuenta para el diseño.

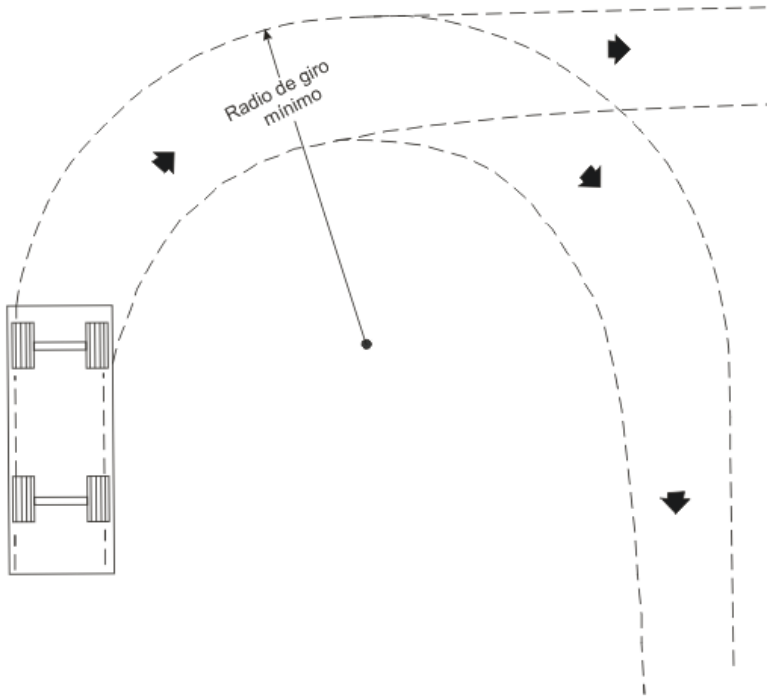
Figura 2.20. Elementos del vehículo.



Fuente: Ingeniería de tránsito, Cal y Mayor.2007.

El radio mínimo de giro que requiere el vehículo de diseño es el radio de la circunferencia que describe la rueda delantera del lado contrario a aquél hacia donde se gira, en la figura 2.21 se muestran los radios de giro de un vehículo.

Figura 2.21. Radio mínimo de giro.



Fuente: Ingeniería de tránsito, Cal y Mayor.2007.

Por ello, siempre debe escogerse como vehículo de diseño al que requiera el mayor radio de giro que circule por la carretera. Este radio, es el que permite determinar el espacio que requiere un vehículo para cambiar de sentido en marcha en los entronques o para girar 180º en los retornos en una maniobra continua.

- Relaciones velocidad – curvatura. Los elementos que se proyectan con curvas de radios mínimos no suelen recorrerse nunca a una velocidad mayor a 15 km/h. Dado que para el diseño de una carretera las velocidades que se proyectan deben ser altas, se debe de tomar en cuenta para la velocidad de diseño las velocidades de los vehículos que se intersecan, el tipo de intersección, los volúmenes de tránsito directo y del que da vuelta. Generalmente, una velocidad deseable en las curvas del entronque, es la velocidad de marcha que llevan los vehículos en los caminos que se intersecan.
- Anchos de calzada para los enlaces. Los anchos de la vía en los enlaces dependen de una serie de factores, entre los cuales están incluidos como principales: el volumen de tránsito y su composición, las características geométricas de los vehículos de proyecto, el grado de curvatura (ángulo obtenido de la unión de los puntos extremos de un arco de 20 m), el tipo de operación que se tendrá en los enlaces y algunas consideraciones con respecto a la distancia entre el vehículo y los acotamientos.

- Carriles de cambio de velocidad. Se llaman carriles de cambio de velocidad, aquellos que se añaden a la sección normal de la carretera, con el objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, o puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse a una intersección o retorno. De acuerdo con esta definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración.
    - Los carriles de aceleración. Permiten a los vehículos que entran a la vía principal de la intersección adquirir la velocidad necesaria para incorporarse con seguridad a la corriente de tránsito de la misma, proporcionando la distancia suficiente para realizar dicha operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.
    - Los carriles de desaceleración. Permiten a los vehículos que desean salir de una vía disminuir su velocidad después de haber abandonado la corriente del tránsito principal.

  La cantidad de factores que deben considerarse en el diseño de estos carriles es muy grande, entre los principales se citan los siguientes: velocidades de los caminos, volumen de tránsito, capacidad de la vía, tipo de camino que se intersecan e incidencia de accidentes.
- Rampas. El termino rampa incluye todas las disposiciones y tamaños de enlaces que conectan dos ramas de una intersección o retorno a desnivel. El tipo de rampa que se diseñe tendrá que ver con la velocidad, volumen de tránsito y sus características, tipo de camino al que se va a conectar, topografía y ángulo de intersección
- Pendiente. Las pendientes de las rampas deben ser tan suaves como sea posible para facilitar la maniobra de pasar de una rama a otra. Se pueden establecer valores límites para las pendientes, pero la pendiente para cualquier rampa en particular depende de las características propias del lugar. La velocidad que exista en la rampa está ligada a la pendiente como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Pendiente en rampas.

Velocidad de proyecto [km/h]	25 - 30	40 - 50	60 - 70
Pendiente en ascenso [%]	6 - 8	5 - 7	4 - 6

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras.SCT.1991.

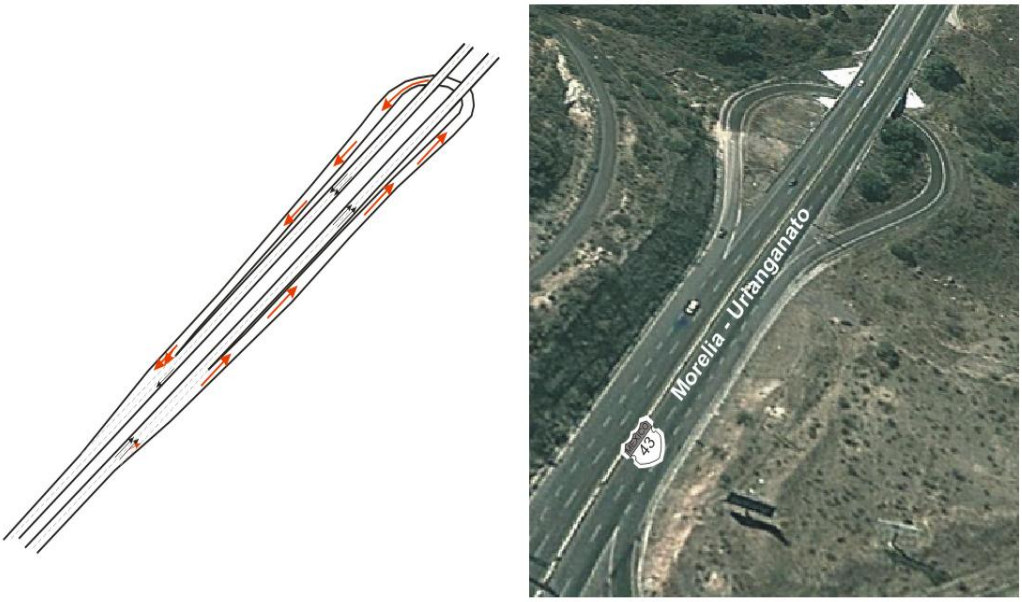
Las pendientes para rampas descendentes, deben mantenerse dentro de los mismos rangos.

- Preferencia de los movimientos principales. Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, permitiendo la continuidad operacional de la vía de mayor jerarquía.
- Perpendicularidad de las trayectorias que convergen en la intersección. Es deseable que las intersecciones ocurran en ángulo recto, ya que en ese caso las áreas de conflicto son mínimas. Además, disminuyen la gravedad de los posibles accidentes y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores visualizar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.
- Separación de puntos de conflicto. Mediante una canalización adecuada de los movimientos deben separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan fijarse simultáneamente en varios vehículos.
- Visibilidad. La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad.

Actualmente no se cuenta con un registro estadístico de los retornos y entronques que existen en el país. Sin embargo, los diferentes tipos de entronques y retornos a nivel y desnivel se han utilizado en los diferentes tipos de vialidades a lo largo de nuestro país. Es por eso que a continuación se mostrarán algunas imágenes de los tipos de retornos y entronques que existen en México indicando el tipo de entronque y retorno al que pertenece la imagen junto con su localización.

En la carretera Morelia – Urianganato (Ruta 43) en el estado de Michoacán, existe un retorno inferior como se muestra en la figura 2.22.

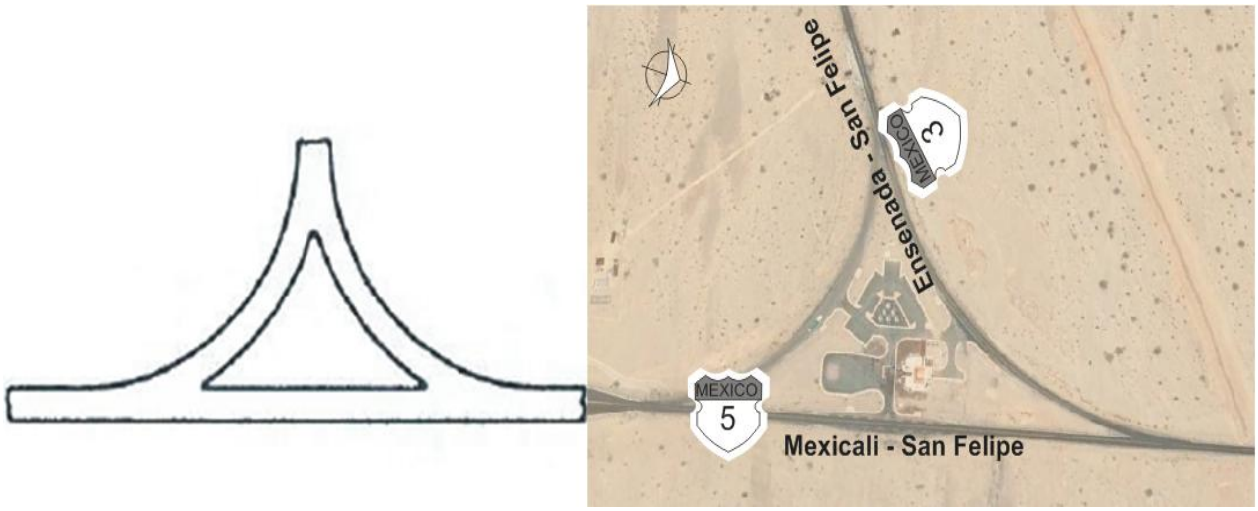
Figura 2.22. Retorno inferior.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La carretera Mexicali – San Felipe (Ruta 5) interseca a la carretera Ensenada – San Felipe (Ruta 3) en el estado de Baja California Norte. El entronque es tipo T y se muestra en la figura 2.23.

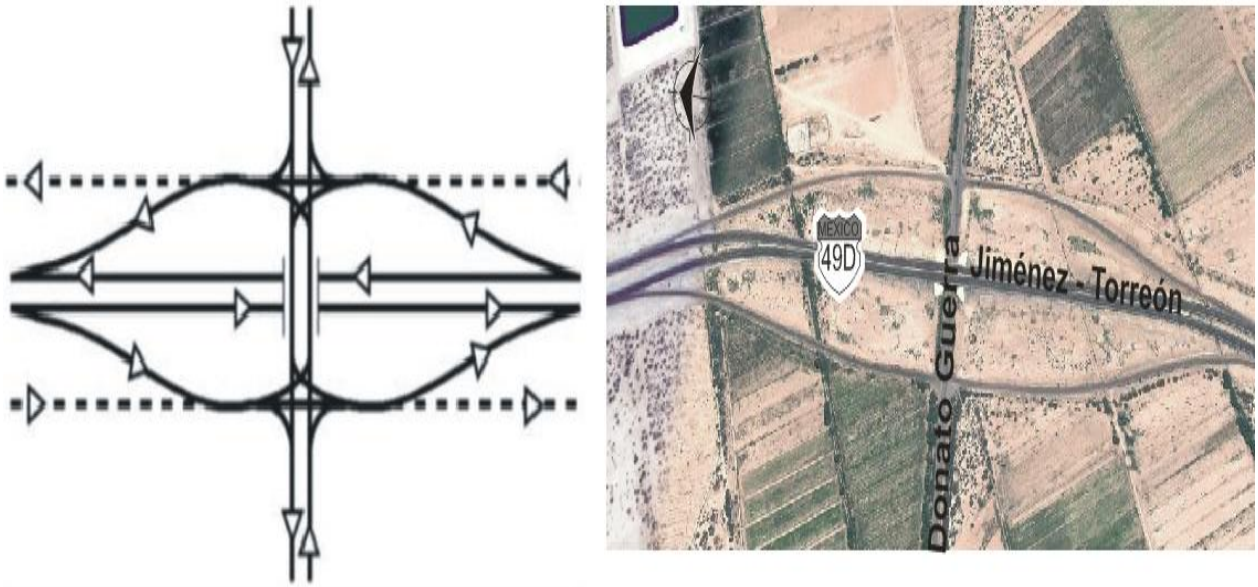
Figura 2.23. Entronque tipo T.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La autopista Jiménez - Torreón (Ruta 49D) interseca a una vialidad Donato Guerra que conduce a la carretera Bermejillo – Mapimi (Ruta45) en el estado de Durango. El entronque es tipo diamante y se muestra en la figura 2.24.

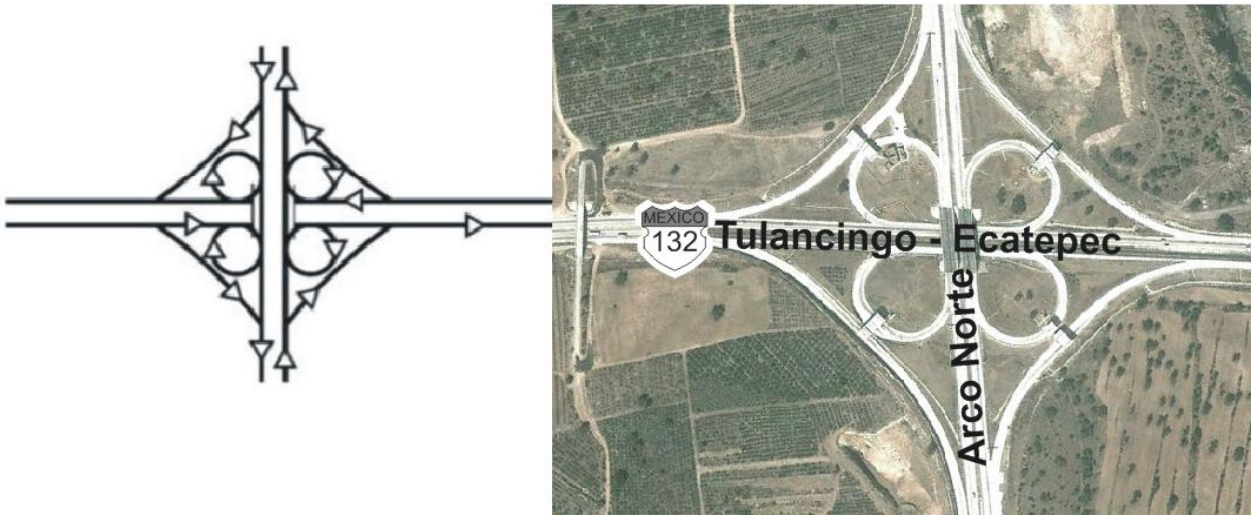
Figura 2.24. Entronque tipo diamante.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

El arco norte interseca a la carretera Tulancingo - Ecatepec (Ruta 132) en el estado de México. El entronque es tipo trébol y se muestra en la figura 2.25.

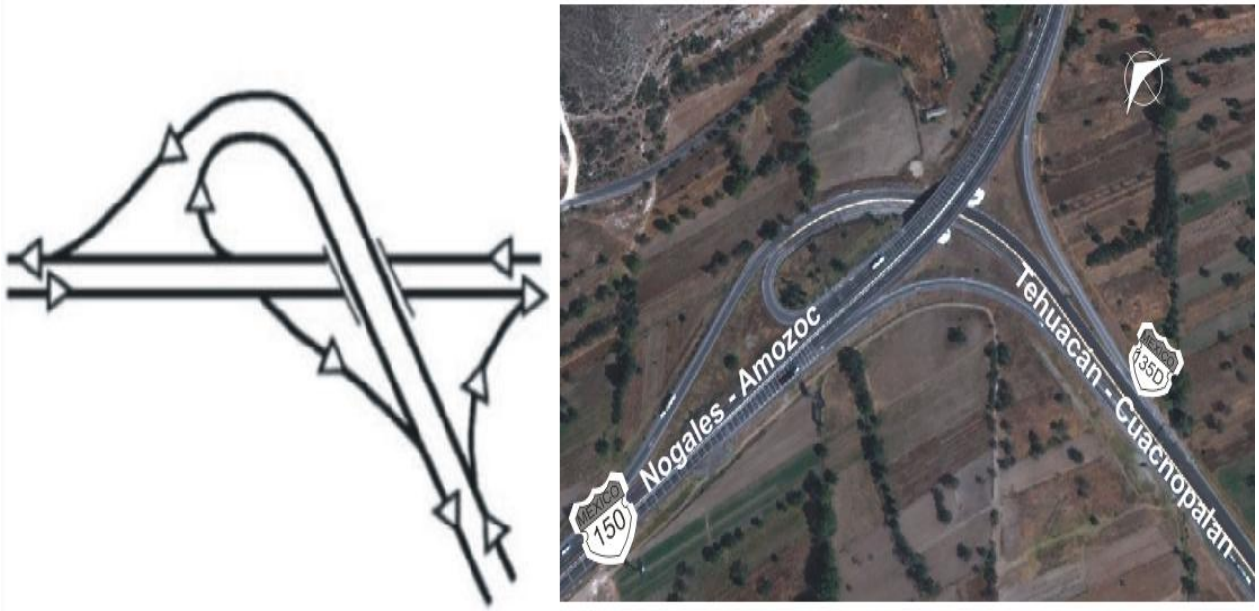
Figura 2.25. Entronque tipo trébol.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La carretera Nogales - Amozoc (Ruta 150) interseca a la autopista Tehuacán – Cuacnopalan (Ruta135D) en el estado de Puebla. El entronque es tipo trompeta y se muestra en la figura 2.26.

Figura 2.26. Entronque tipo trompeta.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

.

En la carretera Coatzacoalcos – Cárdenas (Ruta 180) en el estado de Veracruz se encuentran dos retornos en U a nivel con una franja separadora central para hacer la maniobra en U de carril interior a carril interior. Estos retornos se muestran en la figura 2.27.

Figura 2.27. Retorno en U nivel.

Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

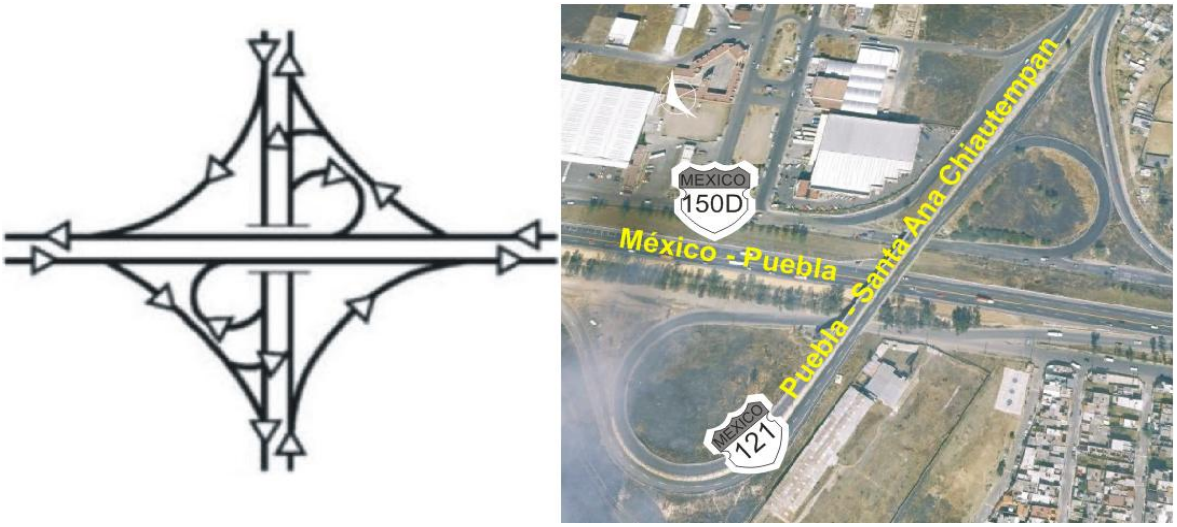
La carretera Poza Rica - Veracruz (Ruta 180) interseca a un camino Benito Juárez que conduce a la ciudad de Tecolutla en el estado de Veracruz. El entronque es tipo Y y se muestra en la figura 2.28.

Figura 2.28. Entronque tipo Y.

Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La autopista México - Puebla (Ruta 150D) interseca a la carretera federal Publa – Santa Ana Chiautempan (Ruta 121) en el estado de Puebla. El entronque es tipo trébol parcial y se muestra en la figura 2.29.

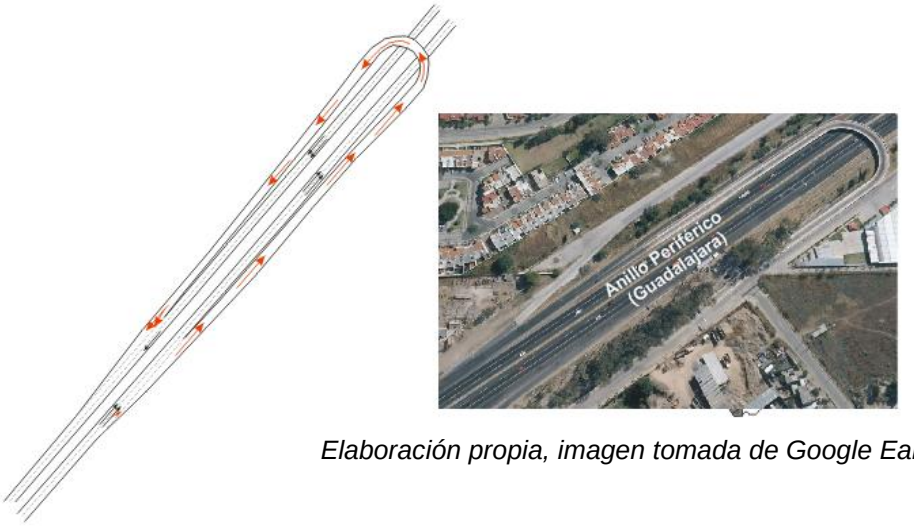
Figura 2.29. Entronque tipo trébol parcial.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

En el Periférico en el estado de Jalisco se ubica un retorno elevado como se muestra en la figura 2.30 y que comunica a la autopista Morelia – Guadalajara (Ruta 54D).

Figura 2.30. Retorno elevado.



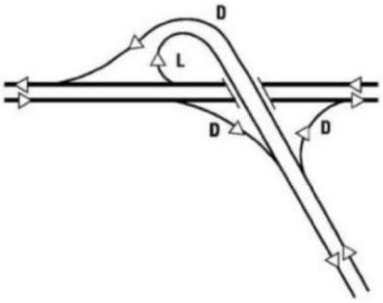
Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

En la autopista Guadalajara – Zapotlanejo existen tres entronque principales.

En el kilómetro 19+000 la autopista Guadalajara – Zapotlanejo (Ruta 15D) se interseca con la autopista Atlacomulco – Guadalajara. En el entronque se encuentra la caseta

principal La joya y una caseta auxiliar para la incorporación de los vehículos que vienen de la autopista Atlacomulco – Guadalajara. En la figura 2.31 se muestra este entronque que es tipo trompeta.

Figura 2.31. Entronque 1 autopista Guadalajara - Zapotlanejo.



Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La autopista Guadalajara – Zapotlanejo (Ruta 15D) se interseca con la carretera federal Guadalajara – Zapotlanejo (Ruta 15). En la figura 2.32 se muestra este entronque tipo trébol parcial.

Figura 2.32. Entronque 2 autopista Guadalajara - Zapotlanejo.

Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

La autopista Guadalajara – Zapotlanejo (Ruta 15D) se interseca con la autopista Chapala - Guadalajara (Ruta 23D). En la figura 2.33 se muestra este entronque tipo trébol parcial.

Figura 2.33. Entronque 2 autopista Guadalajara - Zapotlanejo.

Elaboración propia, imagen tomada de Google Earth.

Como se pudo observar en México existen los diferentes modos de comunicar a las diferentes vialidades, el tipo de intersección o retorno dependerá de:

- Los tipos de vías que confluyen en la intersección, ya que el diseño debe ser adecuado a sus características funcionales: clasificación, velocidad de diseño y preferencia de paso.
- La topografía y edificaciones. Deben examinarse las restricciones existentes para la ampliación de la superficie.
- Tránsito. se deben conocer los volúmenes de cada movimiento a lo largo del día, para los efectos de determinar la capacidad del segmento vial correspondiente. Asimismo, debe conocerse el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección.
- El número de accidentes puede justificar el acondicionamiento específico. Es importante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

Capítulo 3

Proyecto ejecutivo

3. Proyecto ejecutivo

Para la culminación exitosa de una construcción es necesario plantearse bases sólidas en el proyecto. Un proyecto se lleva a cabo con una serie de actividades interdependientes y se requiere de varios recursos como los son personas, materiales, maquinaria y tiene una vida finita, es decir, se inicia y se termina en una fecha pactada con el fin de beneficiar a un grupo de personas.

El proyecto ejecutivo contiene datos precisos y suficientes detalles para que cualquier profesional del ramo esté en posibilidad de interpretar la información gráfica y escrita contenida en el mismo para poder realizar la obra.

El detonante del desarrollo de un proyecto es siempre la necesidad. Por lo que en este capítulo se expondrán las razones, datos y detalles para entender la necesidad de construir el retorno elevado Vado II. La información que se tratará en este capítulo es la siguiente:

- Ubicación geográfica del proyecto.
- Características de la zona como clima, aspectos demográficos, geología, aspectos económicos y aspectos sociales.
- Información de ingeniería de tránsito y de la infraestructura carretera donde se realizará el proyecto.
- Características generales del proyecto, ya que es importante resaltar y describir las diferentes actividades que se llevarán a cabo para la construcción del retorno elevado.
- Las razones por las que se necesita construir el retorno Vado II, la condición actual del sitio, objetivos que se esperan tener en caso de que el proyecto tenga éxito y meta del nuevo retorno.

3.1 Ubicación geográfica

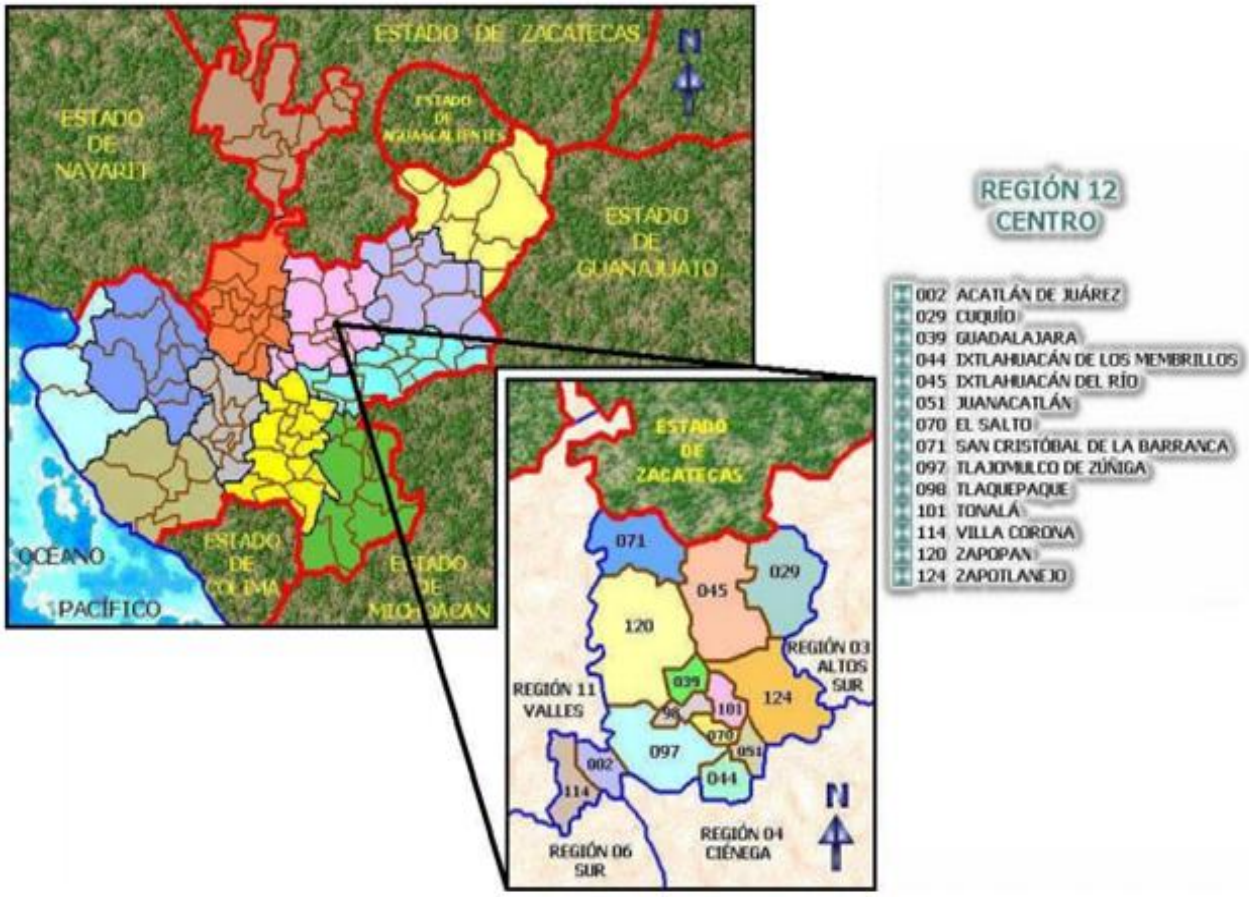
Jalisco está situado al occidente de la República Mexicana; al norte colinda con los estados de Zacatecas y Aguascalientes; al noroeste con Nayarit y al noreste con Guanajuato y San Luis Potosí. Al sur se encuentra con Colima, mientras que en el suroeste lo delimita Michoacán, estando al oeste el Pacífico Mexicano. En Jalisco se instituyó la "Regionalización administrativa" para promover el progreso de la entidad, congregándose los 125 municipios en 12 regiones, las regiones son:

- Región Norte.
- Región Altos Norte.
- Región Altos Sur.
- Región Ciénega.

- Región Sureste.
- Región Sur.
- Región Sierra de Amula.
- Región Costa Norte.
- Región Costa Sur.
- Región Costa Occidental.
- Región Valles.
- Región Centro.

La Región Centro se conforma de los siguientes municipios: Acatlán de Juárez, Cuquio, El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, San Cristóbal de la Barranca, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco, Tonalá, Villa Corona, Zapopan y Zapotlanejo. En la figura 3.1 se muestra la división de la Región Centro del estado de Jalisco.

Figura 3.1. Región Centro - Jalisco.



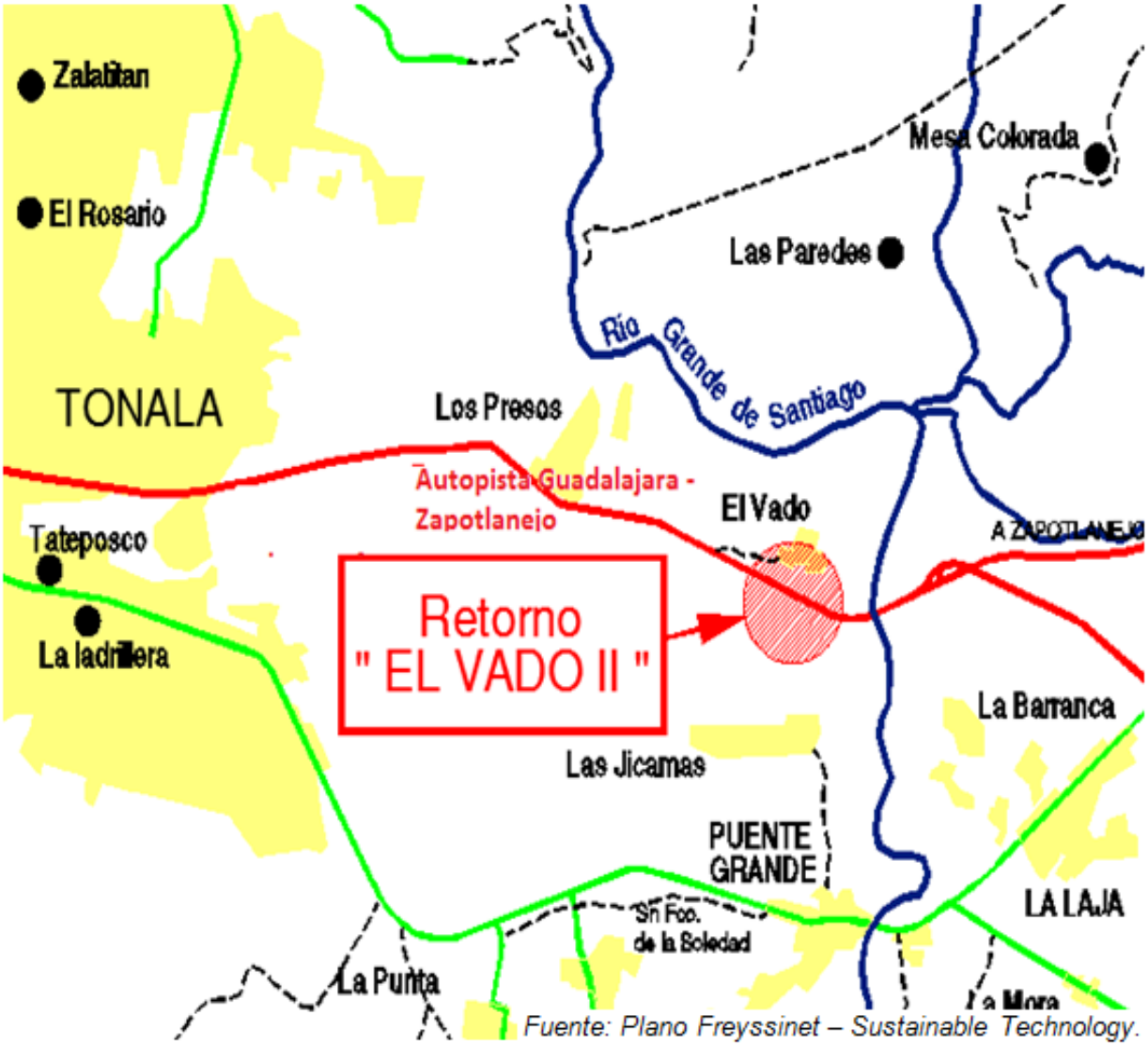
Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco / http://iit.app.jalisco.gob.mx/sitios/jalisco/anexos/12_centro.html

La autopista Guadalajara – Zapotlanejo comunica estos dos municipios pasando por el municipio de Tonalá y es en este municipio donde se localiza el retorno elevado Vado II. El municipio de Tonalá se localiza en el centro oriente del estado de Jalisco en las

coordenadas 20º31’50’’ a los 20º42’10’’ de latitud norte y de los 103º08’30’’ a los 103º16’50’’ de longitud oeste, a una altura media de 1,500 metros sobre el nivel del mar. Tonalá limita al norte con Zapotlanejo; al sur con el municipio de El Salto y Juanacatlán; al poniente con Tlaquepaque y Guadalajara; y al oriente con Zapotlanejo. Su extensión territorial es de 119.58 kilómetros cuadrados.

La ubicación del retorno es en el kilómetro 12+839.823 de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo en el municipio de Tonalá en el estado de Jalisco. Las coordenadas geográficas en la que se sitúa son: latitud Norte 20º36´38.11” N, longitud Oeste 103º10´22.26” O a una altura de 1,508 metros. En la figura 3.2 se muestra un croquis de la localización del retorno Vado II.

Figura 3.2. Localización retorno Vado II.



Fuente: Plano Freyssinet – Sustainable Technology.

3.2 Características de la zona

Debido a que el retorno se encuentra en la autopista Guadalajara – Zapotlanejo en el municipio de Tonalá las características serán de esa zona.

Tonalá se ubica a 1,500 metros sobre el nivel del mar con una población de 408,729 habitantes y una superficie de 119.58 kilómetros cuadrados.

- Relieve
  Geología. Los terrenos del municipio pertenecen al período Terciario, y están compuestos por rocas sedimentarias, caliza, rocas ígneas extrusivas, riolitas, andesitas, basalto, toba y brecha volcánica. Topografía. En el municipio se presentan las tres características de relieve: Zonas accidentadas, semiplanas y planas. Las únicas alturas representativas en el municipio son los cerros cúpula de la Reina (1,720 metros) en la Cabecera Municipal y el Xólotl (1,720 metros) al suroeste de la Cabecera Municipal.
- Clima. El clima del municipio es semiseco con invierno y primavera secos, y semicálidos sin estación invernal definida. Con una temperatura promedio al año de 19ºC.
- Hidrografía. El río Santiago casi cubre el municipio por sus límites poniente y norte; afluentes del Santiago son los arroyos del Popul, Las Jícamas y Agua Amarilla, ubicados al este del municipio. Otros arroyos además del Osorio dan lugar a almacenamientos hidráulicos como las presas: La Rusia, De Zermeño y El Ocotillo. Sobre el río Santiago se localiza la presa de Colimilla.
- Suelos. Los suelos dominantes pertenecen al tipo regosol eútrico, feozem háplico y cambisol crómico y como suelo asociado se encuentra el luvisol crómico.
- Recursos Naturales. La riqueza natural con que cuenta el municipio está representada por 420 ha de bosque donde predominan especies de: huizache, mezquite, encino y roble, principalmente. Sus recursos minerales son: yacimientos de arena, grava, mármol y piedras para construcción.
- Uso de suelo. La mayor parte del suelo tiene un uso agrícola.
- Vegetación. La vegetación es de tipo selvática baja caducifólea y matorrales como el huizache.
- Fauna. En la región de la barranca, los suelos son propicios para la fauna silvestre.
- Agricultura. Se tiene una superficie de 1,032 ha de vocación agrícola dedicada a los cultivos de: maíz, sorgo, y hortalizas.
- Ganadería. Se cría ganado bovino de carne y leche, porcino, ovino, caprino, aves de carne y postura y colmenas.

- Industria. La principal actividad es la alfarería.
- Pesca. La acuacultura se ha visto como una alternativa de reforzamiento económico.
- Comercio. El municipio cuenta con una gran variedad de establecimientos comerciales principalmente de artesanías, así como también artículos de primera necesidad.
- Servicios. Se ofrecen servicios financieros, profesionales, técnicos, comunales, sociales, personales, turísticos y de mantenimiento.
- Vías de comunicación. La transportación terrestre puede efectuarse a través de la autopista Guadalajara - Zapotlanejo, vía corta que atraviesa la zona de lado a lado y por la carretera Guadalajara - Zapotlanejo vía libre que también atraviesa la cabecera municipal. Cuenta con una red de caminos de terracería, revestidos y rurales que comunican las localidades. La transportación urbana y rural se realiza en vehículos de alquiler particulares. La figura 3.3 muestra la autopista y la carretera que atraviesan al municipio de Tonalá.

Figura 3.3. Vías de comunicación Tonalá.

Elaboración propia.

3.3 Tránsito de la autopista

La ingeniería de tránsito es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales y su relación con otros modos de transporte. Siendo el tránsito el sitio por donde se pasa de un lugar a otro y el tráfico la circulación de vehículos por calles, carreteras y caminos.

La autopista Guadalajara – Zapotlanejo pertenece al corredor troncal nacional Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas, las principales carreteras que conforman este corredor troncal son:

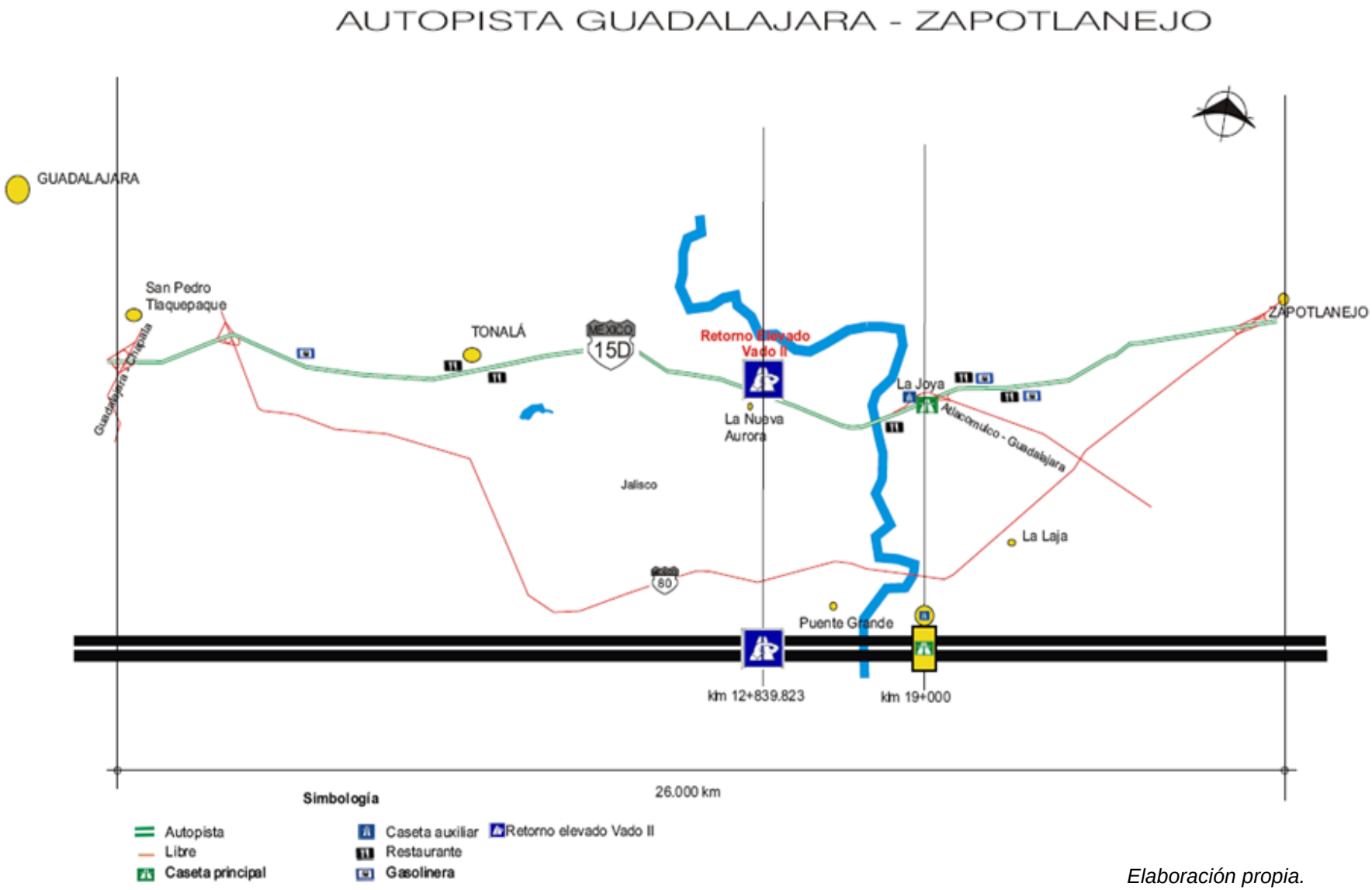
- Armería – Manzanillo.
- Guadalajara – Colima.
- Guadalajara – Zapotlenejo.
- Zapotlanejo – Lagos de Moreno.
- Colima – Armería.
- Morelia – Maravatío.
- Pátzcuaro – Lázaro Cárdenas.
- Libramiento Poniente de Tampico.
- Ciudad Valles – Altamira.

Esta autopista perteneció a CAPUFE y era una carretera de dos carriles (tipo C perteneciente a la red secundaria. Son carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria). Después se concesionó a la Red de Carreteras de Occidente para hacer de ella una autopista de altas especificaciones, ampliándola a como es ahora a cuatro carriles (tipo A4. Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso). Por lo que actualmente es una autopista de cuota mediante la caseta La Joya (Tlaquepaque). Esta autopista con 26 kilómetros de longitud une de manera rápida y segura la comercial ciudad de Zapotlanejo con la industrial ciudad de Guadalajara, siendo punto de unión de las rutas México – Guadalajara, Monterrey – Guadalajara (por Lagos de Moreno), ruta Aguascalientes – Guadalajara y León - Guadalajara. Esta autopista aloja tres puentes entre los que destaca el Fernando Espinoza, que mide 303 metros de longitud, cinco pasos a desnivel y tres entronques. En su construcción fue necesario extraer 120 mil metros cúbicos de corte, compactar 330 mil metros cúbicos de terraplén y construir 74 alcantarillas. Generó 90 empleos directos y 40 indirectos. En la figura 3.4 se muestran los principales puntos de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo indicando las distancias entre ellos.

Se describirá el tránsito de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo.

- La velocidad. La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda demostrada por ser el parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Así la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad. La velocidad de proyecto de la autopista varía entre los 70 km/h y los 110 km/h según el tramo.

Figura 3.4. Trayecto de la autopista Guadalajara - Zapotlanejo.



Elaboración propia.

- Dispositivos para el control del tránsito. Son las señales, marcas y cualquier otro dispositivo que se coloque sobre o adyacente a la autopista por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios. La autopista cuenta con:
    - Señales preventivas para indicar curvas a la derecha o izquierda, cruce de caminos, incorporación de tránsito, las salidas de la autopista y altura de los pasos.
    - Señales restrictivas para indicar el límite máximo de velocidad con el que se puede circular.
    - Señales informativas indicando la ruta, el kilometraje, de diagramática indicando los destinos y movimientos, indicando el nombre de la población y de los puentes, informar de gasolineras, restaurantes y las marcas en el pavimento para separar los carriles y canalizar la circulación de los vehículos.
- Volumen de tránsito. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) clasifica las carreteras de acuerdo a su Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA). Para la autopista Guadalajara - Zapotlanejo que es tipo A4 se proyecta de 5000 a 20000 vehículos, la tabla 3.1 muestra el TDPA de la autopista de acuerdo al tipo de vehículo siendo A para automóviles, B para

Tabla 3.1 TDPA Gudalajara – Zapotlanejo.

Vehículo	A	B	C	Total
TDPA	22459	2098	7198	31754

Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. 2011.

A pesar de que el TDPA está muy por encima de lo recomendado por la SCT la autopista funciona adecuadamente.

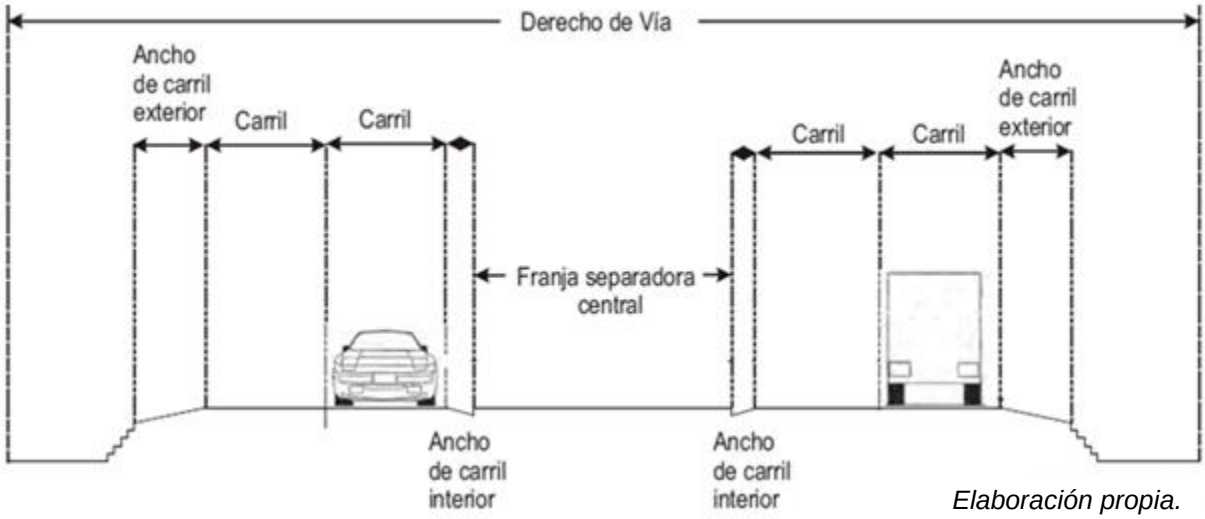
- Accidentalidad. Una de las principales consecuencias del tránsito lo constituye la accidentalidad.

  En la autopista en el año 2012 se presentaron 362 accidentes. Entre el kilómetro 11 y el 13 de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo se presentaron 53 accidentes, esto representa casi un 15% del total de los accidentes y algunos de estos accidentes se ocasionaron debido al retorno a nivel que existía en la autopista.
- Otros servicios. La autopista cuenta con depósitos para basura, buzón de quejas, banco, médico, teléfono de emergencias, área para descanso, mirador, tiendas, gasolineras, taller mecánico, servicio de grúas y paraderos.
- Geometría de la autopista:
    - Autopista de dos cuerpos.

- Autopista de 4 carriles. Dos cuerpos separados por una franja separadora central. Dos carriles para el movimiento Guadalajara – Zapotlanejo y dos para el movimiento Zapotlanejo – Guadalajara.
- Longitud de 26 kilómetros.
- Ancho por carril 3.5 metros.
- Franja separadora central de 19 metros.
- Derecho de vía 60 metros de ancho.
- Acotamiento interior de 1 metro por cuerpo.
- Acotamiento exterior 2.5 metros por cuerpo.

La figura 3.5 muestra las diferentes partes de la autopista.

Figura 3.5. Partes de una autopista.



Elaboración propia.

3.4 Características generales del proyecto

El proyecto geométrico es una etapa de la ingeniería de tránsito y es el proceso de correlación entre los elementos físicos del retorno y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.

El retorno elevado Vado II forma parte de un conjunto de obras que optimizarán el flujo vehicular en la autopista, las principales obras son:

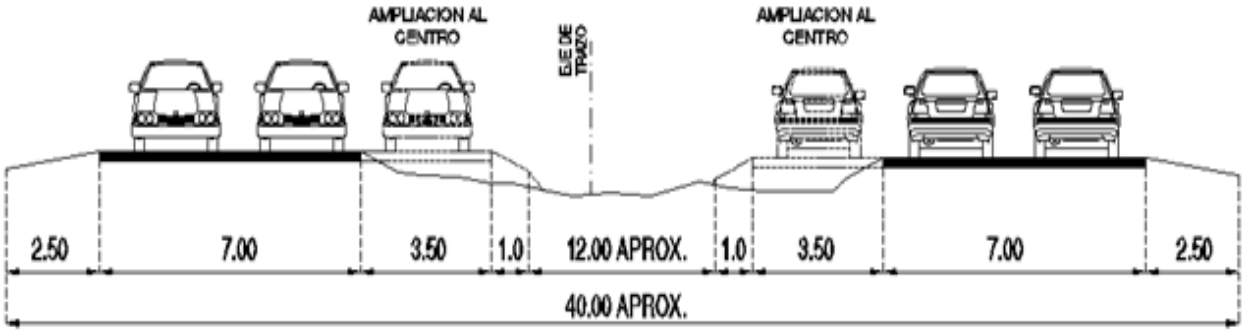
- Ampliación de un carril central por cuerpo.
- Retorno elevado Vado I.
- Retorno elevado Vado II.
- Canalización del tránsito para ingresar a la gasolinera y al Vado I.
- Casetas.
- Clausurar los dos retornos a nivel.

El proyecto denominado “Retorno vehicular elevado Vado II” consistió en la construcción de un retorno elevado vehicular (maniobra en forma de U) en el kilómetro 12+839.823 de la autopista Guadalajara- Zapotlanejo en el municipio de Tonalá en el estado de Jalisco que permite regresar a la ciudad de Zapotlanejo. El proyecto se llevó a cabo del 1 de noviembre del 2012 al 31 de mayo del 2013 y para su construcción se requirieron 112 empleos directos. El retorno está conformado por un puente de 2 claros en forma de U, 3 columnas que sirven de apoyo al puente, dos rampas de tierra armada, una de acceso y otra de salida, y dos carriles de cambio de velocidad uno de desaceleración para ingresar a la rampa de acceso y otro de aceleración para ingresar a la autopista rumbo a Zapotlanejo.

Las dimensiones del proyecto son:

- Este retorno está hecho para todo tipo de vehículo.
- Todo se realizará dentro del derecho de vía actual que es de 60 metros.
- La franja separadora central se disminuirá a 12 metros para dar cabida a los carriles centrales, donde la calzada pasará a ser de tres carriles rumbo a Guadalajara y en el caso de la calzada que se dirige a Zapotlanejo el carril lateral se usará para canalizar el tránsito que se dirija a la gasolinera y al retorno el Vado I.
- Los carriles serán de 3.5 metros, acotamientos exteriores de 2.5 metros y los interiores de 1 metro y el ancho de la autopista será de 40 metros. En la figura 3.6 se muestra la sección tipo de la autopista.

Figura 3.6. Sección autopista Guadalajara - Zapotlanejo.



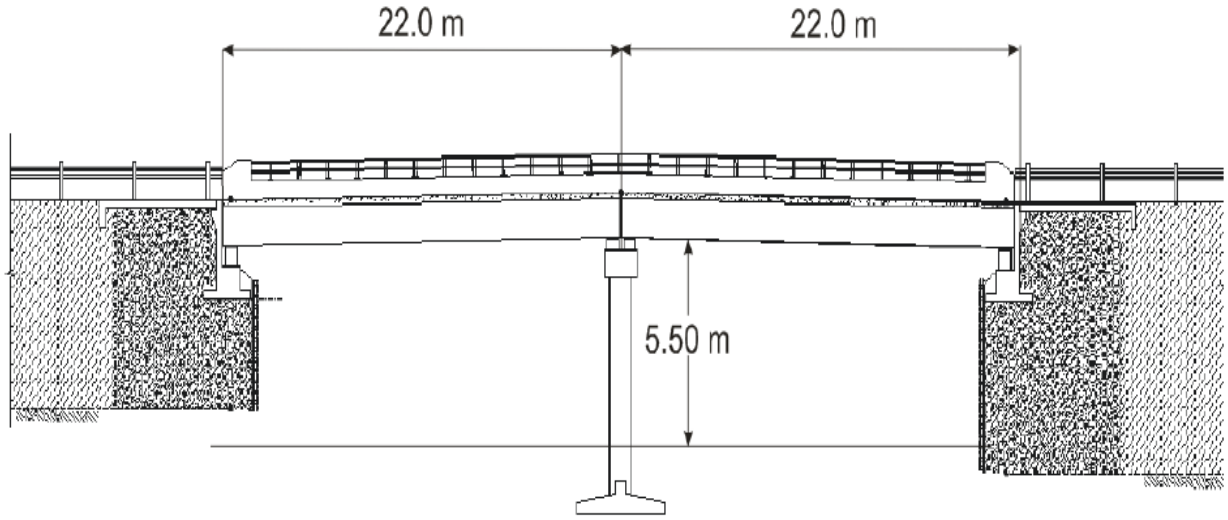
Fuente: Plano”Planta de Gálibos”. Freyssinet – Sustainable Technology.

- El puente cubre dos claros de 22 metros soportado por tres columnas.
- Las columnas son de concreto de sección circular de 9.80 metros de altura desde la zapata, 6.086 metros desde el nivel del terreno hasta el cargadero con

un cargadero de 1 metro y un diámetro de 1.20 metros, en el plano “Cargadero apoyo no. 2” se muestran las dimensiones de la columna.

- La losa del puente es de concreto con un espesor de 20 centímetros.
- El gálibo del puente es de 5.5 metros cumpliendo con la norma que indica esta altura como mínimo y un espesor de la superestructura de 1.7 metros. La figura 3.7 muestra un corte longitudinal del puente.
- Dos topes antisísmicos en los extremos del puente.

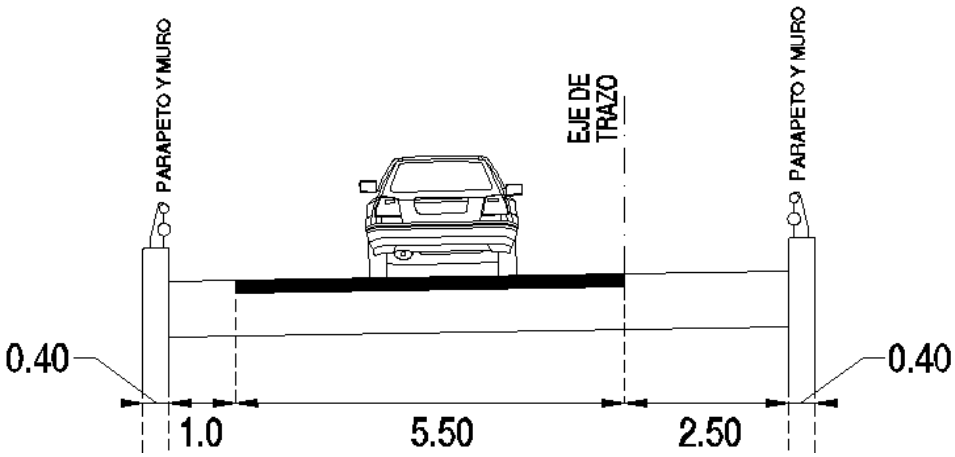
Figura 3.7. Puente.



Fuente: Freyssinet – Sustainable Technology

- La sección de los carriles de cambio de velocidad será igual en las rampas y a la del puente mostrada en la figura 3.8 con un acotamiento interior de 1 metro, un carril de 5.5 metros, un acotamiento exterior de 2.5 metros que cuenta con parapeto y muro.

Figura 3.8. Sección retorno.

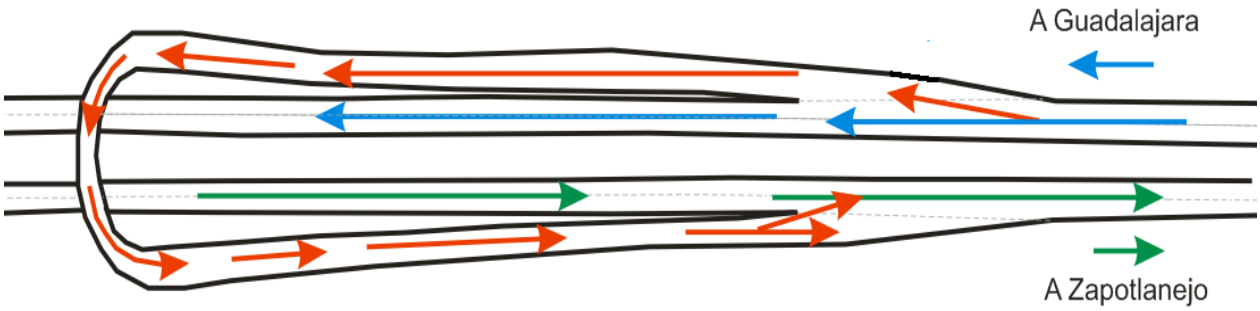


Fuente: Plano”Planta de Gálibos”. Freyssinet – Sustainable Technology.

- Los carriles de cambio de velocidad serán de 320 metros de longitud.
- La velocidad de operación del retorno es de 30 km/h.
- La caseta se localiza en la rampa de salida.
- Las rampas tendrán una longitud de 180 metros con una pendiente de 6%.
- Señales preventivas, señales restrictivas e informativas acerca de la construcción del retorno.

El diagrama de los movimientos vehiculares para el retorno se muestra en la figura 3.9. En rojo se muestra el movimiento que los vehículos realizarán para utilizar el retorno Vado II y regresar rumbo a Zapotlanejo, en azul es el movimiento de los vehículos hacia Guadalajara y en verde el movimiento de los vehículos hacia Zapotlanejo.

Figura 3.9. Sección retorno.



Elaboración propia.

Las dimensiones se detallarán más en el capítulo 5 en el proceso constructivo.

En el Anexo se presentan los siguientes planos que cuentan con más características geométricas del retorno:

1) Planta de gálibos.
2) Planta general de trazo.
3) Cargadero apoyo número 2.
4) Corte longitudinal y transversal.

3.5 Condición actual del sitio, objetivo y meta del nuevo retorno

A lo largo del estado de Jalisco se ha experimentado un incremento casi permanente en el tránsito, tanto local como foráneo. Ello ha ocasionado que gradualmente se construyan vialidades de mejores especificaciones a lo largo de la entidad.

En el caso presente, hay que tomar en cuenta la influencia que tiene la zona metropolitana de Guadalajara, ya que el municipio de Tonalá se puede considerar como conurbada. Por esta razón se han construido diversos condominios aledaños a la autopista Guadalajara – Zapotlanejo que no cuentan con las vialidades necesarias para

comunicarse con las ciudades y han tenido que utilizar esta autopista para poder trasladarse de sus hogares a sus diferentes destinos. Los condominios aledaños como La Nueva Aurora, Vistas del Pedregal, Santa Martha, Las Palmas, El Vado, Puerta del Sol, Paseos La Cañada y Cañada Real utilizaban la autopista como calle principal que son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito y se conectan con el servicio de autopistas y vías rápidas. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas direcciones. Esta clase de vías no alcanzan las velocidades de una autopista por lo que utilizarlas a velocidades menores ocasiona accidentes o niveles de servicio bajos. La Nueva Aurora utilizaba los retornos a nivel para ir rumbo a Guadalajara en su mayor parte, ir a Zapotlanejo o ingresar al condominio, la autopista no tenía control total de sus accesos por lo que esta clase de maniobras afectaba la circulación en la autopista u ocasionaban un 15% de los accidentes de la autopista.

Por lo anterior la justificación para poder construir el conjunto de retornos Vado I y Vado II consiste en reducir o eliminar el índice de accidentes que se presentaban constantemente en los retornos a nivel debido a los fraccionamientos que existen en la zona.

La meta del retorno vehicular elevado es brindar un mejor servicio satisfaciendo las necesidades de los vehículos y conductores que transitan por la autopista Guadalajara – Zapotlanejo. Además de ayudar a alcanzar los objetivos y metas de la infraestructura carretera del país que se explicó en el capítulo 1 junto con los compromisos de la actual administración.

Los objetivos del retorno vehicular elevado El Vado II son:

- Disminuir o eliminar los accidentes.
- Tener un control total de los accesos, es decir, controlar ingresos y salidas de los vehículos de los fraccionamientos ya que con anterioridad no se contaba con un control total de los vehículos y ahora con las casetas se tendrá este control.
- Favorecer el flujo vehicular en la autopista.
- Obligar a las constructoras de los condominios a construir vialidades congruentes con las necesidades de las personas.
- Modernizar la canalización de los vehículos en el tramo.
- Favorecer la interconexión de la autopista.
- Mejorar la operación de la autopista, eliminando las condiciones que inhiben su uso óptimo.
- Eliminar puntos conflictivos y restricciones a la circulación.

Actualmente la obra se encuentra totalmente concluida y en operación. La figura 3.10 muestra el retorno elevado Vado II concluido.

Figura 3.9. Retorno vehicular elevado El Vado II.

Fuente: Freyssinet – Sustainable Technology.

Los retornos anteriores (a nivel) fueron clausurados, se cerraron con defensa metálica por lo que ya no se puede transitar a través de ellos.

Capítulo 4

Trabajos preliminares

4. Trabajos preliminares

Los trabajos preliminares son el conjunto de actividades que deben ejecutarse antes de la construcción del retorno para proteger el terreno y las construcciones colindantes, así como para facilitar y permitir el inicio de los trabajos de construcción.

En este capítulo se describirán todos los trabajos preliminares que se requirieron para la construcción del retorno vehicular elevado Vado II, para que en el capítulo 5 inicie el proceso constructivo. Los trabajos preliminares del proyecto fueron:

- El trazo topográfico y nivelación. Estas son las actividades necesarias para definir y diferenciar puntos, distancias, ángulos y cotas en el terreno, partiendo de los datos del proyecto ejecutivo.
- Los trabajos de desmonte y despalme. Estas son las actividades para la remoción y retiro de la capa superficial llamada capa vegetal del terreno natural, o bien de la capa superficial cuyas características no son apropiadas para desplantar el retorno. Estas actividades se realizan dentro del derecho de vía con el objetivo de impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad. En este proyecto no fue necesario el trasplante de especies vegetales a otro sitio.
- Preparación del sitio. Comprende actividades como:
    - Reubicación de líneas de fibra óptica de Telmex, Iusacell y Alestra.
    - Localización de los bancos de material y banco de desperdicio.
    - Seguridad vial durante la ejecución de la obra y plan de seguridad para los trabajadores de la obra.
    - Ubicación del patio de maniobras o máquinas (área donde se tendrá la maquinaria), almacenes, oficinas móviles y patios para la fabricación de escamas para los muros mecánicamente estabilizados (MME).
- Sondeos a cielo abierto. Estas actividades sirvieron para conocer la estratigrafía del lugar y de esta manera poder cimentar todos los elementos del retorno.

Todas las anteriores actividades forman parte de los trabajos preliminares que ocurren antes de la construcción pero no forman parte de la estructura del retorno.

4.1 Trazo topográfico y nivelación

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.

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requirió de un reconocimiento preliminar en el cual se vio el tipo de suelo en el que se construiría el retorno, su composición y características generales, ubicación de los posibles bancos de material,

la existencia de los escurrimientos superficiales que podían afectar al retorno, tipo de vegetación y densidad y se utilizó un clisímetro (es un instrumento topográfico destinado a medir pendientes, ángulos verticales y calcular alturas) para medir altura y ángulos preliminares. La existencia de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo facilitó este reconocimiento ya que no fue necesario determinar una ruta ni rumbo, ya que el retorno se localizó prácticamente en el mismo lugar en donde se encontraba el retorno a nivel, se solicitó la información de la ingeniería de tránsito para observar volúmenes y velocidades y de esta manera se estableció el lugar definitivo para la construcción.

Posteriormente se hicieron las referencias del trazo en la carretera, que es el conjunto de trabajos necesarios para marcar en el campo los puntos fijos que permitan, en cualquier momento, reponer el trazo y la nivelación, que es el conjunto de trabajos necesarios para determinar en el campo las elevaciones de todos los puntos característicos replanteados con cadenamientos especificados en el proyecto.

Se entregó por escrito al contratista, el trazo de los ejes principales de las obras, los linderos del terreno dentro del cual se realizarán éstas y un banco de nivel general para poder realizar el trazado y la nivelación. Antes de iniciar los trabajos, se fabricaron todas las estacas necesarias para el trazo.

Se ubicaron en el terreno los puntos característicos del eje, trazados con base en sus coordenadas horizontales (x, y), previamente calculadas y verificadas. El primer punto del eje preliminar definió el origen del cadenamiento. Una vez ubicados los puntos característicos se comprobó que no existieran obstáculos en el área de construcción que obligaran a modificar el trazo, dado que no existió ningún obstáculo ese fue el trazo definitivo. Y se realizó el estacado preliminar que señala la ruta de los caminos de acceso al retorno.

Se establecieron los puntos de referencia de trazo para los puntos característicos del eje, marcándose sobre este mediante estacas los puntos de las estaciones con cadenamientos señalados en el proyecto, indicando en las estacas los cadenamientos correspondientes, con pintura azul debido a que era el eje definitivo. Se construyeron bancos de nivel inamovibles e inalterables, referencias de los mismos, estacados y señalados; auxiliares para uso de los trabajadores en la construcción directa de la obra. Se establecieron y marcaron en el campo los puntos de referencia que serán los vértices de la poligonal, los vértices de esta poligonal se muestran en el plano “Planta de levantamiento topográfico” que se encuentra en el anexo de esta tesis y sus coordenadas se encuentran dentro del mismo plano en el cuadro “Coordenadas de la poligonal de apoyo para el levantamiento”. Los puntos de referencia se encuentran en el plano “Planta general de trazo” en el anexo del presente trabajo y se encuentran marcados con clavos y las características de estos puntos se encuentran dentro del plano en el cuadro “Referencias de trazo”.

La nivelación consistió en obtener las elevaciones del terreno natural mediante nivelación diferencial en todos los puntos característicos del eje trazado. La nivelación diferencial es aplicable a extensiones de tierra largas y estrechas (como la de una carretera) y consiste en medir las distancias verticales y elevaciones de manera directa. Se realiza con el objetivo de establecer puntos de control mediante el corrimiento de una cota, entendiéndose como tal las operaciones encaminadas a la obtención de la elevación de un punto partiendo de otro conocido. La nivelación diferencial fue simple y es aquella en la cual desde un punto y una sola posición del aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los diferentes puntos que se desean nivelar.

Cada banco de nivel (punto de referencia sobre un objeto fijo cuya elevación es conocida y desde la cual se pueden determinar otras elevaciones. También llamado cota fija o punto topográfico de referencia) está designado mediante dos números precedidos por las siglas “BN”, el primero corresponderá al kilómetro cerrado inmediato posterior a donde se ubicó el banco y el segundo, al número de orden de identificación que le corresponda al banco en ese kilómetro. Además, cada banco de nivel estuvo referido al cadenamiento en el eje trazado, indicando el lado en que se encuentra y su distancia a dicho eje, así como el tipo de objeto sobre el que se fijó el banco. Las características de los bancos de nivel se encuentran en el plano “Planta general de trazo” que se encuentra en el anexo y en el cuadro “Descripción de los bancos de nivel” se describen con mayor detalle.

Los planos “Planta general de trazo” y “Planta de levantamiento topográfico” que se pueden ver al final del presente trabajo en el anexo indican los puntos en donde se dejaron colocadas referencias físicas al momento de haberse realizado el estudio del diseño; dichas referencias (al igual que los planos) contienen los datos de las coordenadas utilizadas en el proyecto.

Las referencias y bancos de nivel se localizaron de modo que no se destruyeran o afectaran durante el proceso de construcción del retorno y se mantuvieron permanentemente intactos y protegidos, libres de productos de la excavación o materiales de construcción hasta el final de la obra.

Además se colocaron estacas para delimitar el área de deshierbe y despalme.

Para las actividades de trazado y nivelación se utilizaron teodolitos electrónicos, un nivel de mano, una estación total con prismas reflectores, cinta métrica, radios de comunicación, libretas de campo y otros accesorios como machetes, clavos y marcadores.

Se implementaron cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitieron la ejecución de las obras, de acuerdo al programa de obra. Las cuadrillas estaban conformadas por cadeneros y topógrafos.

Los trabajos de levantamiento topográfico para la construcción fueron revisados para verificar su exactitud.

Finalmente se realizaron los estudios hidrológicos para saber si la autopista o el retorno requerían de algunas estructuras complementarias como estructuras de drenaje. El estudio indicó que el retorno requería de lavaderos (son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua de lluvia que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, en donde no cause problemas a la carretera), cunetas (son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos), alcantarillas, entre otras.

4.2 Trabajos de desmonte y despalme

Estos trabajos consistieron en la limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparon las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, en las áreas señaladas en los planos, que se encontraban cubiertas de maleza y pastos, escombros y basuras, de modo que el terreno quedara limpio y libre de toda vegetación y su superficie resultara apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo incluyó, también, la disposición final de todos los materiales provenientes de las operaciones de limpieza, con la previa autorización del supervisor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

Se tomaron las precauciones necesarias para que durante el desmonte y despalme no se alteraran ni modificaran las referencias y bancos de nivel obtenidos en los trabajos de trazo y nivelación.

El desmonte consistió en quitar toda la vegetación dentro del derecho de vía mediante el deshierbe y desenraice de la maleza, arbustos y pastos; en los casos en los cuales quedaban hoyos se rellenaron con material de buena calidad y compactado adecuadamente para obtener una densidad similar al del resto del suelo. No hubo árboles que retirar del derecho de vía. El desmonte se realizó con maquinaria, es decir, se comenzó quitando todos los objetos y basura que se encontraban en el terreno, juntando todo en cierto lugar con la finalidad de trabajar de manera ordenada y mantener limpio el resto del terreno. Una vez libre de basura, se comenzó con el desmonte, el cual se inició con un tractor y después se llevo a cabo utilizando herramientas como el rastrillo, el trinche y la pala una vez que se había quitado la materia vegetal se procedió a llevar toda esa materia a un mismo lugar transportándola mediante carretillas. En las áreas que iban a servir de base de terraplenes o estructuras de drenaje, las raíces y demás materiales inconvenientes, se eliminaron hasta una

profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que serviría para la construcción del retorno.

Una vez desmontado el terreno natural, se seccionó el terreno a cada 20 metros y se realizó el despalme que es la remoción del material superficial del terreno con objeto de evitar la mezcla del material para mejoramiento del terreno con materia orgánica o con material no apto para la obra a edificar que consistió en extraer la capa de material que contenía material vegetal mediante el uso de tractores y para la carga se utilizó un cargador frontal sobre neumáticos. El espesor de esta capa varió entre los 10 a 50 centímetros y en algunos lugares hasta un metro.

Los materiales provenientes de la limpieza fueron retirados del lugar de los trabajos, transportados y depositados en los bancos de desperdicio establecidos en los planos del proyecto o señalados por el supervisor. Para el traslado de estos materiales se emplearon camiones de volteo que estuvieron cubiertos con una lona de protección con la seguridad respectiva, a fin de que estos no se dispersaran accidentalmente durante el trayecto a la zona de disposición de desechos previamente establecido.

Después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto del terreno natural se compactó al 85% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).

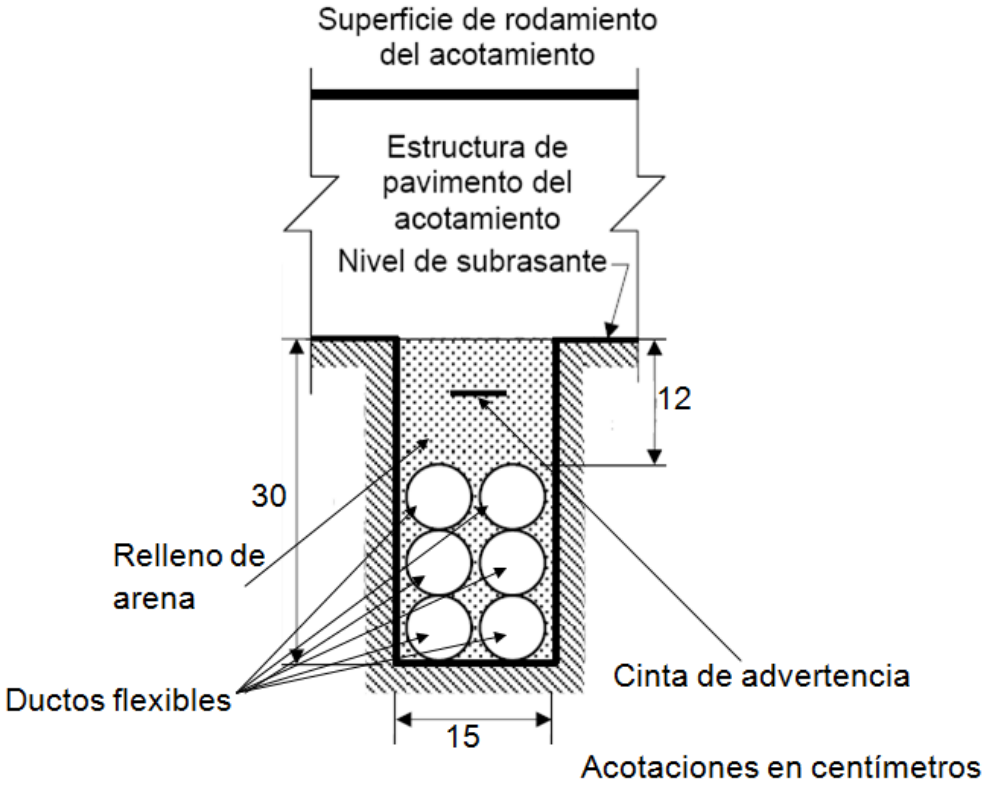
4.3 Preparación del sitio

La preparación del sitio constó de varias actividades que se describen a continuación:

- La reubicación de las líneas de fibra óptica de las empresas Telmex, Isuacell y Alestra. La reubicación incluyó su cableado, fibra óptica, dispositivos y registros, las líneas se removieron totalmente considerando lo establecido en el proyecto en los acotamientos de los caminos de acceso conforme a lo indicado en la norma N·CTR·CAR·1·08·001/07, la cual contiene los aspectos a considerar en la instalación de poliductos (son elementos subterráneos que se ubican dentro del derecho de vía de carreteras y caminos para alojar fibra óptica), en el acotamiento de carreteras de nueva construcción exclusivamente.
  Previo al desarrollo de los trabajos, se acudió a Telmex, Isuacell y Alestra a realizar todos los trámites necesarios correspondientes, para la autorización de la reubicación de las instalaciones.
  La remoción se realizó cuidadosamente con el equipo adecuado, de tal manera que no se dañaran otros elementos de la carretera.
  Durante la ejecución de los trabajos, la empresa contratista se coordinó con la empresa encargada de las líneas, para que en conjunto se realizaran los trabajos de reubicación.

Antes de la reubicación, la nueva superficie para la estructura de soporte se limpió para que esta estuviera exenta de substancias extrañas, polvo y humedad excesiva. Una vez concluida la limpieza de la superficie donde se ubicaron los poliductos se inicio la instalación de estos de acuerdo con la figura 4.1.

Figura 4.1. Poliductos para fibra óptica en el acotamiento.



Fuente: N·CTR·CAR·1·08·001/07, SCT.

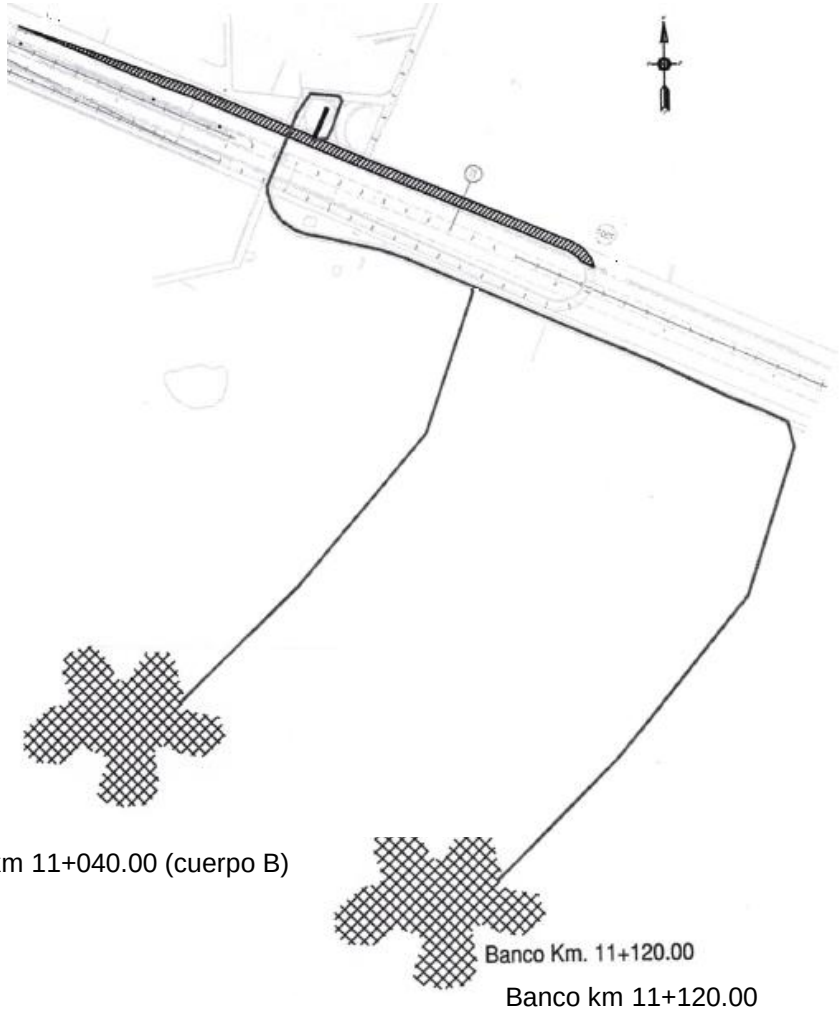
La maquinaria que se utilizó para la reubicación fue la adecuada para obtener la calidad especificada en el proyecto siendo suficiente para producir el volumen establecido en el programa de obra. Se utilizó una zanjadora de ruedas para ejecutar una excavación de quince centímetros de ancho y treinta centímetros por abajo del nivel de subrasante, un compactador de rodillo y un pisón mecánico manual con dispositivos para el control de la vibración para compactar el material de relleno de las zanjas. Los residuos producto de la excavación se cargaron y se transportaron al banco de desperdicio en camiones de volteo con la caja cerrada y protegida con lona para impedir la contaminación del entorno o que se derramaran.

- Debido a las necesidades de la obra se requirió de dos bancos de material o de préstamo, los cuales son los lugares de donde se extrajo material para ser utilizado en el retorno, en el cual es necesario conocer la clase o clases de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material o materiales, que puedan ser excavables, removibles y utilizables. Su localización

implicó descubrir un lugar donde existiera un volumen alcanzable y explotable de arena limosa de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), que pudiera emplearse en la construcción del Vado II satisfaciendo las necesidades de calidad que el proyecto indicaba y los requerimientos de volumen necesarios. Por lo que su localización fue propuesta por la constructora buscando los materiales de mejor calidad en la zona, fácilmente accesible y explotable y buscando la mínima distancia de acarreo de los materiales a la obra. La localización de los bancos de material es:

1) El banco se localizó en el kilómetro 11+120 a 5,023 metros del retorno el Vado II y su localización se muestra en la figura 4.2.
2) El cuerpo B del banco se localizó en el kilómetro 11+040 a 4,748 metros del retorno el Vado II y se muestra en la figura 4.2.
3) Banco de agregados en Chapala ubicado en el kilómetro 18+440. La figura 4.3 muestra el banco.

Figura 4.2. Bancos de material.



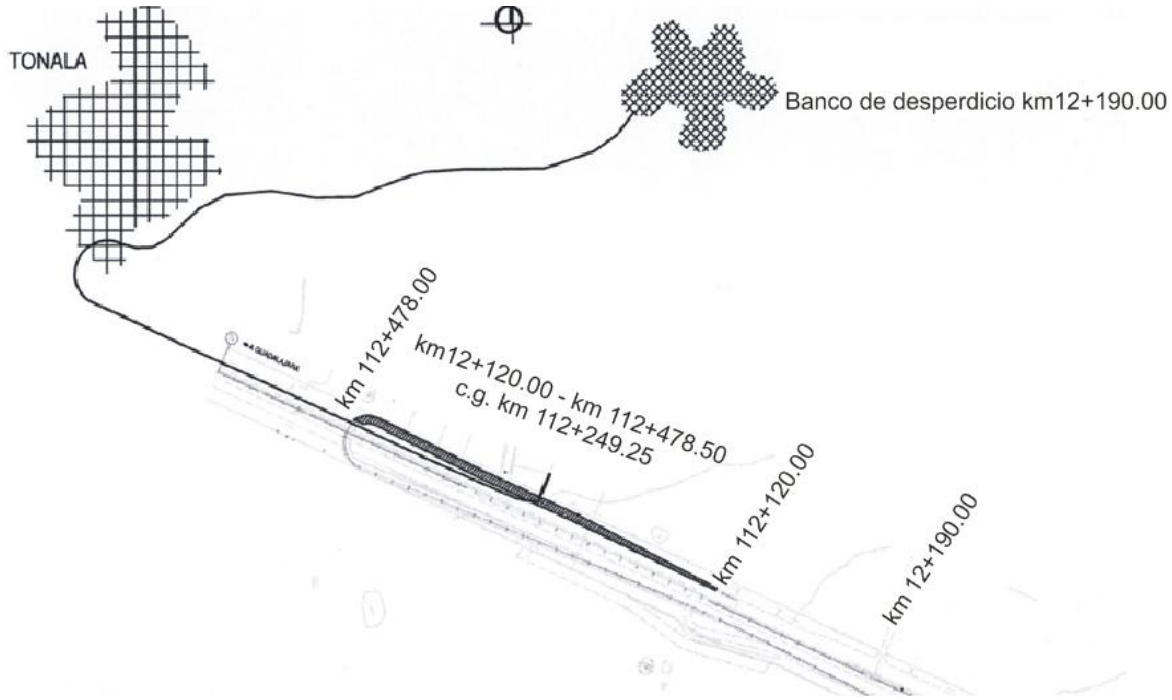
Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Figura 4.3. Banco de agregados - Chapala.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

El banco de desperdicio es el sitio en el cual se depositan los materiales de desecho que resultan de la construcción del retorno y su localización estaba a 13,700 metros del retorno en el kilómetro 12+190 y se muestra en la figura 4.4.

Figura 4.4. Banco de desperdicio.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

- La seguridad vial incluye todas las acciones, facilidades, dispositivos y operaciones que fueron requeridos para garantizar la seguridad y comodidad del público usuario de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo, erradicando cualquier incomodidad y molestia que pudieran haber sido ocasionados por la construcción del retorno elevado el Vado II.

  Las señales, dispositivos de control, colores a utilizar y calidad del material, estuvieron de acuerdo con las normas, los planos y documentos del proyecto. La seguridad vial durante la ejecución de la obra abarcó los siguientes aspectos:

  - El tránsito vehicular durante la ejecución de las obras no sufrió detenciones de duración excesiva. Para esto se diseñaron sistemas de control por medios visuales y sonoros, con personal capacitado de manera que se garantizara la seguridad y comodidad del público y usuarios de la autopista, así como la protección de las propiedades adyacentes. El control de tránsito se mantuvo hasta que las obras fueron recibidas por la entidad contratante.
  - La señalización se mantuvo durante toda la construcción del retorno, sin importar días feriados, días no laborables y otros.
  - Se instalaron de acuerdo con la etapa de ejecución de la obra señales preventivas, restrictivas, conos, barriles, lámparas destellantes utilizadas en las noches, banderines y señales informativas, todas con el fin de informar y prevenir a los usuarios acerca de la construcción del retorno.

  Para lo anterior se emplearon cuadrillas de tránsito para llevar a cabo el plan de seguridad vial, determinación de la ubicación, posición y resguardo de los dispositivos de control y señales en cada caso específico, organización del almacenamiento y control de las señales y dispositivos y cumplimiento de la correcta utilización y horarios de los vehículos de transporte de personal. El plan de seguridad de la obra abarcó los siguientes aspectos:

  - Se garantizó que todos los lugares o ambientes de trabajo fueran seguros y exentos de riesgos para el personal.
  - Todo el personal debió usar chalecos de seguridad, casco y botas.
  - El transporte de personal a las zonas en que se ejecutaban las obras, fue efectuado en vehículos de pasajeros en estado general bueno. No se permitió de ninguna manera que el personal fuera trasladado en la maquinaria o plataformas de camiones de transporte de materiales. Los horarios de transporte fueron fijados, así como la cantidad de vehículos a utilizar en función al avance de las obras.
  - Se establecieron criterios y pautas desde el punto de vista de la seguridad y condiciones de trabajo en el desarrollo de los procesos, actividades,

técnicas y operaciones que le son propios a la ejecución de las obras viales.

- Todos los trabajadores estuvieron bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y medio ambiente de trabajo.

- Finalmente otra actividad importante para poder iniciar la construcción de la obra consistió en localizar el lugar que albergaría la maquinaria, el equipo, almacenes y oficinas móviles y además ese lugar sirvió para la fabricación de escamas para los muros mecánicamente estabilizados (MME). La ubicación de estas instalaciones fue propuesta por la constructora y fue en el kilómetro 6+000 a 2.5 kilómetros de la obra con un espacio de 7,725 m^2.

  Las vías de acceso a estos lugares fueron dotadas de una adecuada señalización para indicar su ubicación y la circulación de equipos pesados. Las vías de acceso, al tener el carácter provisional, fueron construidas con muy poco movimiento de tierras, efectuando un tratamiento que mejorara la circulación y evitando la producción de polvo.

  El patio de máquinas tuvo una señalización adecuada para indicar las vías de acceso, ubicación y la circulación de equipos pesados. Se instalaron sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites. En las zonas de lavado de vehículos y maquinaria se construyeron desarenadores y trampas de grasa antes de que el agua puediera contaminar suelos, vegetación, agua o cualquier otro recurso. El abastecimiento de combustible se efectuó de tal forma que se evitó el derrame de hidrocarburos.

  En los almacenes se realizaron actividades de recepción de material. Todos los materiales que se recibieron fueron documentados en una bitácora, indicando los datos y características de marca, modelo, especificaciones, normas, hojas de manejo y seguridad. Mientras que a las oficinas móviles se les proporcionó de energía eléctrica, agua, aire acondicionado y drenaje.

  Previo al inicio de los trabajos de colocación de las escamas para los muros mecánicamente estabilizados (MME) se fabricaron las escamas en el patio destinado para esta actividad que debe ser un terreno grande para el acopio de estas (7,725 m^2). Su localización fue en el mismo terreno que fue utilizado para los almacenes, patio de máquinas y oficinas y la fabricación de las escamas se muestra en la figura 4.5 y en la figura 4.6 se muestran las escamas ya colocadas en los muros. Las escamas requirieron cemento gris, cemento blanco, un aditivo y agua. Se utilizó un concreto de $f'c$ = 250 kg/cm^2, así como las armaduras (tensores) que habían de instalarse en el relleno, clavijas, juntas y todos los accesorios para su montaje y colocación debieron de ser de las características fijadas en el proyecto guardadas en los almacenes. La fabricación de las escamas siguió un orden según se iban ocupando, empezando por la primera y segunda fila, y posteriormente se realizaron lotes de las siguientes filas identificando con un letrero las características de las escamas que se

encontraban en el patio como son: cantidad, tipo y tamaño. La superficie de la escama era de 1.5 por 1.5 metros con un espesor de 14 centímetros y su peso aproximado era de 600 kilogramos.

Figura 4.5. Construcción de escamas.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Figura 4.6. Escamas.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

4.4 Sondeos a cielo abierto

El terreno es un dato esencial para poder iniciar la obra, y su conocimiento tiene una importancia primordial. Su naturaleza y capacidad de carga condicionan el tipo de cimentación y a menudo el tipo de obra; su dureza influye en la forma de ejecución de

la obra y costos. El reconocimiento del terreno se inició con el levantamiento topográfico y mediante sondeos a cielo abierto se conocieron más de sus características. Los informes necesarios indispensables fueron proporcionados por los resultados de los sondeos, que dieron la naturaleza exacta del terreno.

Los pozos fueron localizados en donde se construyeron las rampas de acceso y salida del retorno, se registró su elevación y además fueron numerados. Los sondeos permitieron:

1) Conocer la naturaleza del terreno en diferentes puntos y a diferentes profundidades.
2) Recoger y conservar muestras del terreno proporcionándoles la protección adecuada, etiquetándolas y reporte de campo y fotográfico. Todo lo anterior para realizarles las pruebas pertinentes como la de dureza, de carga, contenido de humedad y muestras alteradas. A todas las muestras de suelo recuperadas en el sondeo se les realizó una clasificación visual y al tacto, de acuerdo al SUCS, además de que se les determinó su contenido natural de agua. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en estos ensayes, se seleccionaron muestras sobre las cuales se realizaron además las siguientes pruebas índices: análisis granulométrico por mallas y/o determinación de partículas retenidas en las mallas No. 4 y 200, límites de plasticidad, líquido y plástico.
3) Determinar el nivel freático del suelo.

Los sondeos a cielo abierto se realizaron de forma manual con pico y pala y se le dio la forma de pozo vertical de sección cuadrada de 1.50 metros y una profundidad de 1 metro y el material excavado se depositó en la superficie en forma ordenada de acuerdo a la profundidad correspondiente, una vez obtenidas las muestras se realizó el relleno del pozo con el material producto de la excavación colocándolo en capas de 20 centímetros compactadas al 85% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) y se hizo la restitución de las condiciones originales del lugar, empleando equipo topográfico se determinó la posición y elevación del brocal (pared baja que rodea la boca de un pozo) y finalmente se realizó el reporte de campo.

Los resultados de estos sondeos fueron:

- En la rampa de entrada al retorno se encontró con material tipo “B”. Corresponden a esta clasificación, las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas y arenas limosas medianamente compactas, y en general se consideran dentro de este tipo B, los materiales en que un peón puede rendir 3.5 m^3/turno.
- En la rampa de salida se encontró con boleos empacados con arcilla y poca presencia de roca.

La figura 4.7 muestra la imagen de uno de los pozos en el kilómetro 12+700.

Figura 4.7.Pozo a cielo abierto.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

En el sondeo se logró determinar el tipo de material del lugar, el cual en un primer estrato pudo determinar fragmentos de roca de origen ígneo basáltica alterada y poco fracturada, color claro, al explotarse se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes aislados con gravas y empaques en arenas limosas (Fmcg-GP).

Además se realizaron perforaciones en los lugares en donde se construyeron las columnas para conocer el tipo de suelo.

Capítulo 5

Proceso constructivo

5. Proceso constructivo

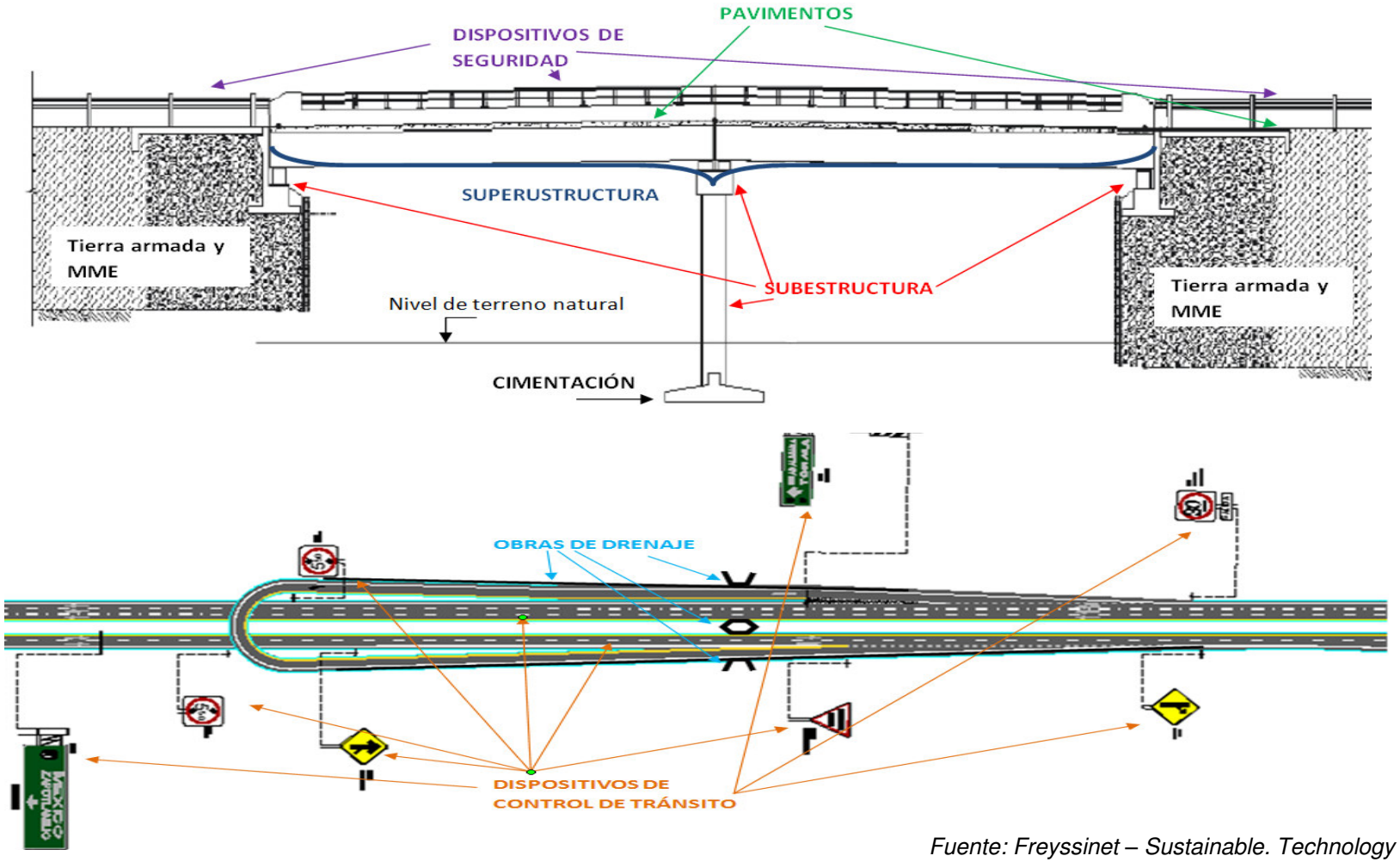
Es el proceso mediante el que a partir de la ejecución de una serie de actividades se hace una obra material de desarrollo progresivo, en este caso es el retorno vehicular elevado Vado II. En este capítulo se describirán las diversas etapas y operaciones que sirvieron para materializar el retorno a partir de los planos, normas y características que se indicaron en el proyecto ejecutivo. El proceso constructivo que se abarcará en este capítulo está conformado por las siguientes etapas y actividades:

- Cimentación. El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Para poder realizar una buena cimentación fue necesario tener un conocimiento previo del terreno en el que se construyó la estructura. En esta etapa se llevaron a cabo varias actividades, como: la excavación para la cimentación de las columnas que soportarán a la superestructura, construcción de las zapatas, relleno, el proceso de tierra armada para las rampas de acceso y salida y los muros mecánicamente estabilizados.
- Pavimento. El elemento principal de la estructura es el pavimento, el cual está compuesto de una superficie de rodamiento, una base, una sub-base y una terracería (terraplén y subrasante). En esta etapa se describirán las actividades que sirvieron para construir el cuerpo del terraplén, la capa subrasante y finalmente las capas de pavimento constituido por la sub-base, base y la superficie de rodamiento.
- Subestructura. Son los elementos requeridos para soportar la superestructura, es decir, el puente (paso elevado en forma de U). En esta etapa se describirán las actividades que sirvieron para materializar los componentes de la subestructura como lo son: las columnas, apoyos en general y estribos.
- Superestructura. Es la parte superior del puente que sirve como retorno. En esta etapa se describirán las actividades que sirvieron para cubrir la distancia entre los dos claros como son la losa, las vigas y la estructura metálica. Siendo los elementos estructurales que constituyen el tramo horizontal.
- Obras de drenaje. Son los dispositivos específicamente diseñados para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. En esta etapa se describirán las actividades referentes a la construcción del drenaje superficial de la calzada, control del agua en las cunetas y las entradas y salidas de tuberías.
- Dispositivos de seguridad y control de tránsito. En esta etapa se describirán los detalles del señalamiento y los dispositivos de seguridad en el retorno.

El proceso constructivo no fue llevado a cabo en todas las etapas en orden progresivo. Al llevarse a cabo todas estas etapas, el retorno vehicular elevado Vado II estuvo listo para entrar en operación.

La figura 5.1 muestra los diferentes elementos del retorno vehicular elevado Vado II (cimentación, pavimento, subestructura, superestructura, obras de drenaje y dispositivos de seguridad y control de tránsito).

Figura 5.1. Elementos del retorno vehicular elevado Vado II.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

5.1 Cimentación

En esta etapa se describirán las actividades que se realizaron para construir el conjunto de elementos que reciben el peso de la construcción y distribuyen uniformemente la carga (en toda su longitud) al suelo de apoyo.

La cimentación varió de acuerdo con la estructura que debía de soportar, entonces se describirá la etapa de cimentación de acuerdo con la estructura, que se divide en:

- Columnas que sirven de apoyo al puente del retorno.
- Muros mecánicamente estabilizados.
- Tierra armada de rampas de acceso y salida del retorno.

La cimentación para las columnas que soportarían la superestructura se basó en el estudio de mecánica de suelos obtenido a partir de los sondeos a cielo abierto, de la recolección de muestras y sus respectivas pruebas en el laboratorio que se explicó en el capítulo cuatro.

El estudio de mecánica de suelos dio como resultado que teniendo en cuenta las características del proyecto arquitectónico y estructural del retorno vehicular elevado Vado II, así como las propiedades del subsuelo de la zona, descritas en el capítulo anterior, se recomendó que la cimentación de la estructura se resolviera mediante elementos superficiales, constituidos por zapatas de concreto y/o mampostería, o losas de concreto de las dimensiones que determinara el proyectista, desplantados a la profundidad que determinara el mismo. Atendiendo a las recomendaciones del estudio se optó por construir una cimentación de tipo zapata corrida.

Las zapatas corridas, están formadas por una losa plana horizontal en contacto directo con el terreno, y una contratrabe que recibe a una serie de columnas en línea. Este tipo de cimentación se utiliza cuando existe una hilera de columnas como es el caso. Las razones por las que se decidió que la cimentación fuera de este tipo son:

- Debido a que las columnas se podían considerar prácticamente como un elemento continuo ya que se encuentran a una distancia entre ejes de cada columna de 3.4 metros.
- Homogeneizar el asentamiento de las columnas y para el arriostriamiento (conjunto de elementos como la contratrabe, que sirve para evitar deformaciones y rigidizar la estructura).
- Por la proximidad de las zapatas aisladas, resulta más sencillo realizar una zapata corrida.

Aplicando la teoría de K. Terzaghi para un estribo desplantado sobre suelos cohesivo-friccionantes, se determinó la capacidad de carga admisible para el elemento de cimentación propuesto. La capacidad de carga admisible promedio para el elemento de cimentación propuesto se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Capacidad de carga.

Estructura	Capacidad de carga [ton/m^2]	Profundidad [m]
Vado II	32.43	1.5
	40.66	2.5

Fuente: Estudio de mecánica de suelos "Paso de P.S.V. km112+539.767". Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

En el Anexo, en el plano "Cimentación apoyo No. 2" se pueden observar las características de la cimentación, tales como:

- Dimensiones de la zapata, parrilla inferior y contratrabe.
- Armado de la parrilla inferior, contratrabe y zapata.

Algunas otras características se describen a continuación:

- Se utilizó para la zapata y contratrabe concreto clase I con peso volumétrico mayor a 2,200 kg/m^3 y f´c = 300 kg/cm^2.
- Acero de refuerzo con límite de fluencia igual a fy = 4,200 kg/cm^2.
- El tamaño máximo del agregado grueso fue de 3/4".
- En el concreto normal fue de 12 cm + 2cm.
- El relleno se realizó con material de banco (tepetate) compactado al 95% de su peso volumétrico.

Las actividades para la construcción de las zapatas fueron las siguientes:

- Se ubicó la posición de la zapata en el terreno y se marcó.
- Se realizó la excavación en el terreno mediante el uso de maquinaria (retroexcavadora de cuchara), hasta la profundidad que el proyecto marcaba de 10 metros de largo x 3 metros de ancho y a una profundidad de 3 metros.
- Se limpió el fondo de la excavación quitando cualquier material suelto hasta obtener una plataforma horizontal, después se realizó el trazado de los ejes con el uso de hilos y se verificó la nivelación.
- Se colocó una plantilla de concreto de f´c = 100 kg/cm^2 de 5 cm de espesor en el fondo de la excavación. Esto se hace para asegurarse de que durante el colado de la zapata no se contamine el concreto o el suelo absorba el agua de la mezcla y también tiene la finalidad de lograr una mayor uniformidad en la repartición de cargas y una superficie pareja para el desplante de la cimentación.
- Se realizó el armado de la parrilla inferior, de la contratrabe y al mismo tiempo se hacía el armado de las columnas. Todo el armado se realizó con un acero con límite de fluencia igual a fy = 4200 kg/cm^2 respetando la distancia entre las

varillas y el número total de varillas indicadas en el plano “Cimentación apoyo No. 2” que se encuentra en el Anexo y finalmente se colocaron en la posición deseada.

- Se colocó la cimbra de manera que se le diera la forma a la zapata de acuerdo a las dimensiones que los planos señalaban, se colocó el concreto (colado de la zapata) con vertido mediante uso de canalones que traen las ollas de concreto y se compactó mediante vibrado para mejorar la compactación y evitar vacíos en el mismo. Antes de vaciarlo se realizó la prueba de revenimiento y se tomaron cilindros de concreto para verificar su calidad, especificaciones y resistencia. Una vez fraguado el concreto se retiró la cimbra.
- Se realizó el relleno de cimentación con material de banco (tepetate) compactado al 95% de su peso volumétrico y colocado en capas aproximadas de 20 centímetros.
- Durante todo la construcción de la zapata se realizó el control de calidad verificando:
    - Las dimensiones de la zapata y la cota de la plantilla de concreto.
    - Armado de la zapata y contratrabe.
    - Comprobando el tipo y calidad del concreto.

La figura 5.2 muestra una de las actividades de la etapa de cimentación.

Figura 5.2. Cimentación.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Finalmente la cimentación quedó como muestra la figura 5.3.

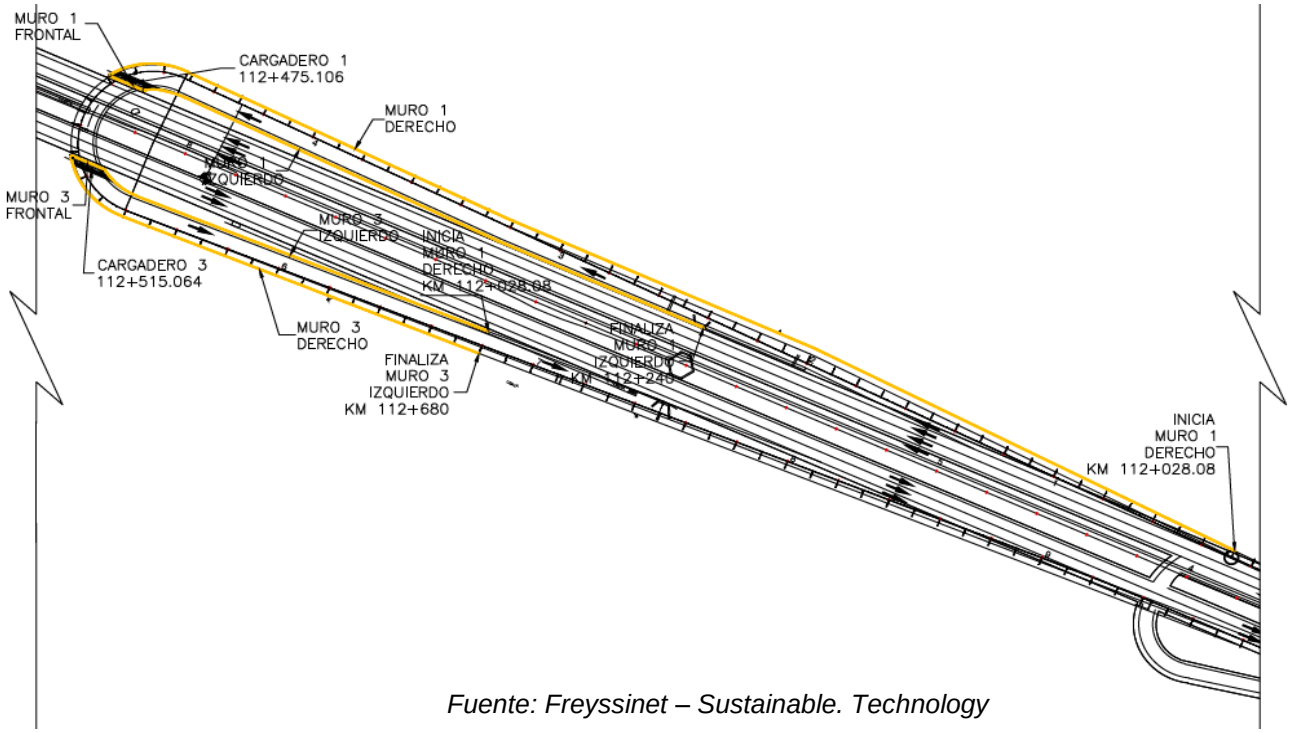
Figura 5.3. Cimentación.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La contención de los terraplenes de tierra armada de las rampas se llevó a cabo mediante la construcción de muros mecánicamente estabilizados con el uso de escamas prefabricadas en los patios de fabricación de escamas. Una estructura de contención se puede definir como un elemento de contención (generalmente suelos) que por si mismo son inestables. Los muros de contención son utilizados para retener grandes volúmenes de tierra o cualquier otro tipo de material suelto que se utilizará como relleno para llegar al nivel de suelo requerido del proyecto. Los muros de suelo mecánicamente estabilizados, conocidos también como muros de tierra armada son estructuras de suelo estabilizado, reforzado mecánicamente por medio de armaduras (tiras metálicas) de acero galvanizado. El principio de dicha tecnología no es otra cosa que la fricción entre el suelo y los elementos de refuerzo donde las fuerzas de tensión desarrolladas dentro de la masa se transmiten al refuerzo por medio de dicha fricción en los diferentes niveles del armado del macizo y la masa se comporta como si tuviera a lo largo de la dirección de los refuerzos una cohesión proporcional a la resistencia a la tensión de dichos refuerzos, es decir, que el suelo al tender a deslizarse, es retenido por la armadura entrando en tracción. Debido a que el fenómeno de interacción entre armadura y suelo termina en los extremos de la armadura y que el terraplén se vería afectado a fenómenos de erosión (viento y agua principalmente) se cubre el perímetro con los muros (escamas) para proteger al terraplén además de brindarle un valor

estético a la obra. En la figura 5.4 se marca en color amarillo el perímetro que cubren los muros.

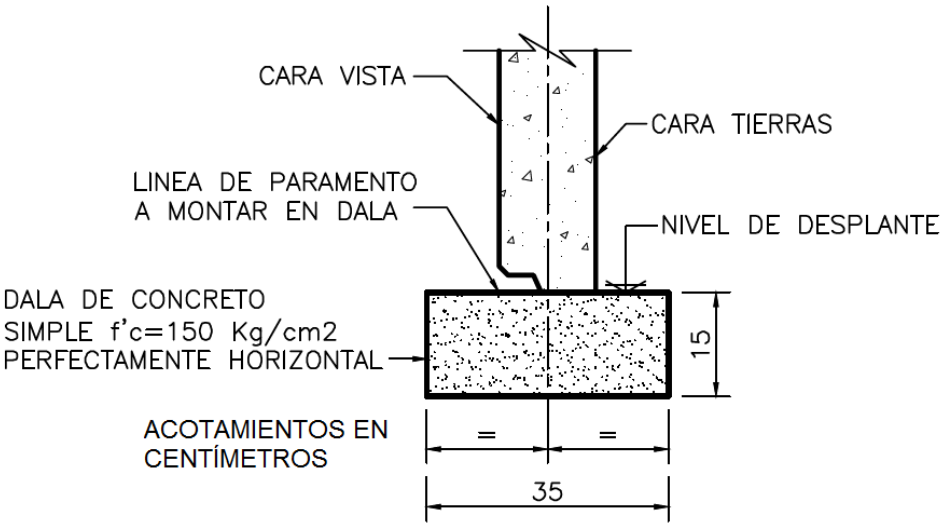
Figura 5.4. Localización de los muros mecánicamente estabilizados.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Los muros mecánicamente estabilizados (mme) estarán desplantados en una dala de desplante de concreto simple de f´c = 150 kg/cm^2 de las dimensiones que muestra la figura 5.5.

Figura 5.5. Dala de desplante.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

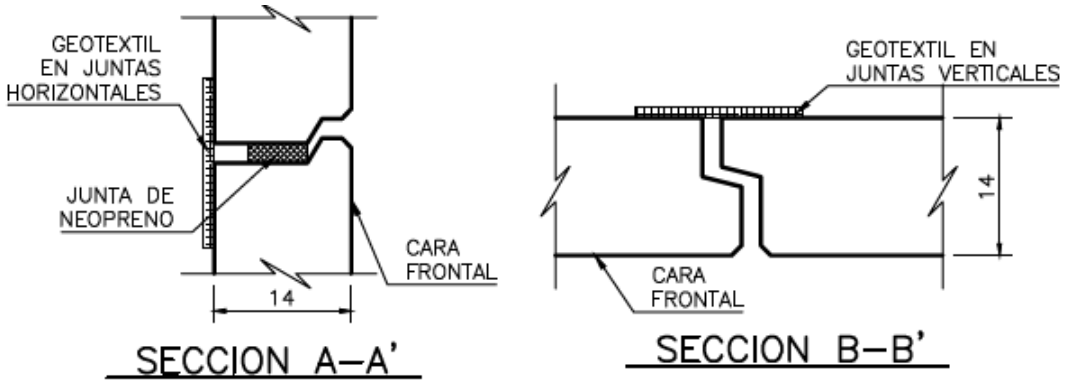
El proceso para la construcción de la dala de desplante inició con la excavación de la dala bajo todos los muros que se iban a desplantar, se cimbró dándole la forma con las dimensiones requeridas y se procedió con el colado de la dala. La obra de contención fue diseñada para una vida útil de 75 años.

Los muros mecánicamente estabilizados se van construyendo y colocando casi al mismo tiempo con la terracería acelerando de esta manera los procesos de construcción. Además de la misma forma se construyeron los dos estribos formados por muros mecánicamente estabilizados sobre los cuales descansa el cargadero de concreto que soportan las trabes.

La colocación de las escamas fue mediante machimbrado (es un sistema para escamas por medio de rebajes y cortes en sus cantos, para lograr por medio de la sucesión de piezas encajadas entre sí una sola superficie), unos contra otros en todas sus direcciones, adicionalmente quedaron separados por juntas que dan la holgura necesaria para absorber los asentamientos que pudieran suceder.

El sistema cuenta con apoyos para los paneles de concreto prefabricado, estos son almohadillas de neopreno las cuales dan la separación necesaria para absorber los asentamientos que pudieran suceder. También se cuenta con juntas verticales y horizontales las cuales fueron selladas con geotextil como se muestra en la figura 5.6 (la referencia de las secciones A-A´ y B- B´ se pueden ver en la figura 5.7). El objeto de estas es evitar la fuga de finos con la humedad en el terraplén, así como proporcionar un drenaje adecuado al muro.

Figura 5.6. Juntas.

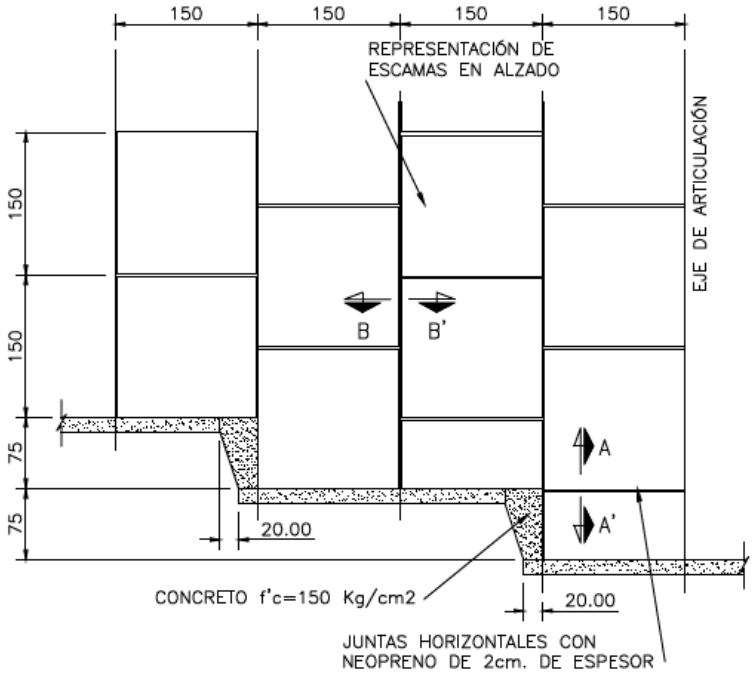


Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

El montaje de los paneles se efectuó por capas horizontales sucesivas, sobre toda la longitud de la obra con ayuda de una grúa. El relleno detrás de los paneles se llevó a cabo también por capas horizontales (paralelas a la dala de desplante). El montaje de cada capa determinada no se iniciaba sin que la capa inmediata inferior estuviera terminada en toda su altura.

Los paneles de la primera fila se apoyan directamente sobre el concreto de la dala de desplante, su colocación empieza con los medios paneles de arranque entre los cuales se machihembran las escamas. La colocación de la armadura (anclajes friccionantes) fue perpendicularmente al paramento, en capas horizontales. La sujeción a los paneles se llevó a cabo mediante sujeciones con la protección plástica adecuada, para evitar que fueran afectadas por la corrosión asociada a los metales enterrados y en la parte superior se le hizo una corona de concreto al muro. La figura 5.7 muestra el montaje del muro mecánicamente estabilizado.

Figura 5.7. Juntas.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

El comportamiento de los suelos mecánicamente estabilizados, como material híbrido de suelo armadura, depende en forma directa de las propiedades de sus componentes. Debido a que el suelo se limita a una determinada calidad, es el tipo y naturaleza de la armadura lo que define el comportamiento del sistema, al depender de su rigidez la magnitud de sus esfuerzos y deformaciones en el muro.

El tipo de armadura que se utilizó en el proyecto tiene las siguientes características:

- Las armaduras son corrugadas.
- De acero galvanizado ISO 1461:1999, ASTM A572 Grado 65 (American Society for Testing and Materials).
- Tipo barra de sección:
    - 40 x 4 mm y un espesor de 1 mm.

- 50 x 4 mm y un espesor de 1 mm.

- La distancia vertical entre cada armadura es de 75 centímetros.

El proceso constructivo de la tierra armada consiste en la ejecución de un relleno (tepetate) compactado al 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) en capas de 75 centímetros El material de relleno se humedecía y luego se compactará, evitando la acción del compactador a menos de un metro (1.0 m) del paramento, para prevenir el desplazamiento de las escamas. En dicha zona, la compactación se realizó empleando máquinas accionadas manualmente. Antes de efectuar el relleno, todas las escamas de la primera fila debían ser calzadas para que no se produjera ningún movimiento mientras se efectuaba el relleno. Además, las escamas debían mantenerse con puntales al lado opuesto del relleno, los cuales podían retirarse cuando éste hubiera cubierto un metro y medio (1.50 m) de altura. Al finalizar la compactación de cada capa se instalaron las tiras (barras) de acero, se atornillaron a los sujetadores galvanizados que se encuentran en las escamas (de forma no rígida) en forma horizontal perpendiculares a las escamas. El relleno debía estar cuidadosamente nivelado, para que la armadura se apoyara completamente sobre su superficie. En la figura 5.8 se puede observar el proceso constructivo de la tierra armada.

Figura 5.8. Tierra armada.

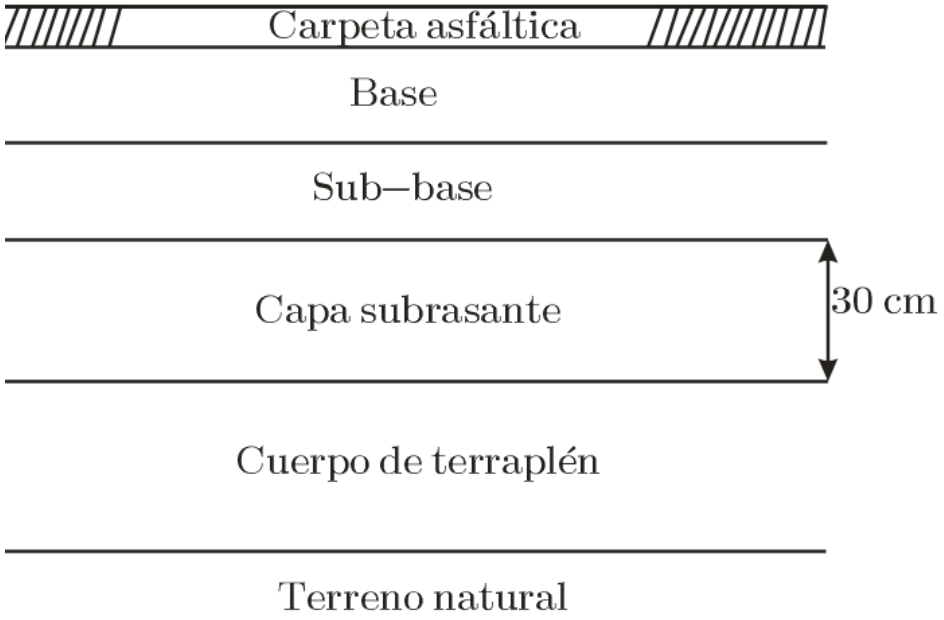
Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Durante la ejecución de los trabajos se verificó que el alineamiento, pendiente, sección y acabado de las escamas cumpliera los requerimientos de los planos del proyecto ejecutivo.

5.2 Pavimento

Para construir el cuerpo del terraplén, la capa subrasante y las capas de pavimento del proyecto de los carriles de cambio de velocidad se utilizaron materiales provenientes del banco de materiales con las características adecuadas para cumplir las funciones que tienen que cumplir en la estructura vial. En la figura 5.9 se muestran las capas que conforman la estructura de los carriles de cambio de velocidad del retorno.

Figura 5.9. Sección transversal de los carriles de cambio de velocidad.



Fuente: Estructuración de vías terrestres.2011.

Las terracerías pueden definirse como los volúmenes de materiales que se extraen o sirven como relleno en la construcción de una vía terrestre. Las terracerías en terraplén se dividen en el cuerpo del terraplén, que es la parte inferior, y la capa subrasante, que se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de 30 centímetros.

La finalidad del cuerpo de terraplén es alcanzar la altura necesaria para satisfacer las especificaciones geométricas, resistir las cargas del tránsito transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transportarlos en forma adecuada al terreno natural. La construcción del cuerpo del terraplén consistió en el extendido de la capa de suelo, la respectiva humectación de la capa y finalmente la compactación.

El extendido del suelo se realizó en tres capas hasta alcanzar el espesor requerido del cuerpo del terraplén. Cada capa fue de un espesor uniforme y paralelas entre si a lo largo del carril con un grado de compactación del 90% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM). El extendido se realizó con un tractor D-8.

Una vez que se realizó el extendido de la primera capa que conforma el cuerpo del terraplén, se procedió a acondicionar la humedad el suelo y así se hizo en cada capa. Este proceso es importante ya que:

- Asegura una óptima compactación del material, logrando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos del terraplén.
- Evita que las variaciones de humedad que se produzcan después de la construcción provoquen cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones en el pavimento.

La maquinaria empleada en la humectación fue un camión provisto de un tanque de agua. La humectación del terreno fue de forma progresiva y uniforme hasta alcanzar el grado de humedad requerido.

Conseguido el grado óptimo de humedad, se procedió a la compactación. La compactación trata de forzar el asiento prematuro del terraplén para que las deformaciones durante la vida útil de los carriles sean menores. La compactación de las capas se efectuó siempre desde fuera hacia el centro del terraplén, teniendo especial cuidado en los bordes y talud del terraplén. Se compactaban en franjas de por lo menos 2 metros de ancho hasta alcanzar el grado de compactación del 90% de su PVSM.

La maquinaria empleada en la compactación de los terraplenes fue un compactador vibratorio de llanta metálica lisa.

Una vez acabado el terraplén se realizó el acabado geométrico del mismo perfilando de nuevo los taludes y la superficie donde posteriormente se colocará la capa subrasante. Este trabajo se realizó con una motoconformadora.

La subrasante es la capa superior de la explanación (nivelación del terreno, terraplén) sobre la cual se construye el pavimento.

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- Evitar que los materiales que forman el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento.

Las características de la capa subrasante son:

- El tamaño de las partículas debe estar entre las finas correspondientes al cuerpo del terraplén y las granulares del pavimento.
- Espesor de la capa de 30 centímetros mínimo.
- Tamaño máximo del material empleado de 7.5 centímetros (3”).
- Grado de compactación del 100% del PVSM.

El procedimiento de construcción fue el mismo que el del cuerpo del terraplén mediante 2 capas de 15 centímetros humedecidas y compactadas al 95% de su PVSM hasta alcanzar los 30 centímetros de la capa subrasante. La superficie se terminará conforme alcanzar la rasante indicada en el proyecto y se verificó que el alineamiento, sección, compactación, espesores y acabados fueran los correctos. En la figura 5.10 se muestran los trabajos de la capa subrasante.

Figura 5.10. Subrasante.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La capa de los pavimentos esta constituida por la sub- base, base y la carpeta asfáltica.

La sub-base y la base tienen finalidades y características similares; sin embargo la primera suele ser de menor calidad. Las funciones de estas capas son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (en el caso del proyecto retorno vehicular elevado Vado II, es una carpeta asfáltica).
- Transmitir estas cargas, adecuadamente distribuidas, a las terracerías.
- Impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad.

La construcción de la sub-base iniciará cuando la capa de subrasante esté terminada dentro de las tolerancias que el proyecto indique. El material para sub-base se integró de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos. Estos materiales se usan generalmente

como capas de protección de la sub-rasante y proporcionan drenaje por encima de la sub-rasante.

Una vez colocados estos materiales sobre la subrasante se compacta el material en una sola capa de 13 centímetros, para lo cual se humedece con una cantidad de agua cercana a la óptima. El agua no se riega de una sola vez, sino que se distribuye en varias pasadas de la pipa. Una vez humedecido el material se homogeneizó la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hizo cambios sucesivos del material hacia un lado y otro, sobre la corona. Cuando se consiguió uniformar la humedad en todo el material, éste se distribuyó a lo largo del camino para formar la capa con el espesor necesario. Se cuidó que el material no se segregara, es decir, que no se separaran los finos de los gruesos, al colocar el material humedecido en el camino mediante la motoconformadora.

Una vez extendido el material, se compactó hasta alcanzar el grado que el proyecto indicaba (100% del PVSM) utilizando el compactador vibratorio. La cota de cualquier punto de la sub-base conformada y compactada no deberá variar en más o menos un centímetro de la cota proyectada.

Debido que la base es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitirlas en forma adecuada a las capas inferiores. Debido a lo anterior tuvo un valor cementante para darle una sustentación adecuada a la carpeta asfáltica y se realizó en dos capas de 20 centímetros hasta alcanzar el espesor de 40 centímetros marcado en el proyecto.

Una vez alcanzado el grado de compactación de proyecto en la sub-base y base, se dejaron secar superficialmente durante varios días. Cuando la capa ya estaba seca, se barrió el polvo y las partículas sueltas que había. En seguida se proporcionó a la base un riego de impregnación. Este riego de impregnación sirve para tener una zona de transición entre la base de materiales naturales y la carpeta asfáltica de modo que sirva como impermeabilizante y estabilizar la carpeta asfáltica. El asfalto debía penetrar en la capa de base cuando menos 3 milímetros y se buscó hacer en las horas más calurosas.

De la misma manera que se que se hizo en las capas anteriores se verificó el alineamiento, la compactación, espesores y acabados.

Para todas las capas desde el cuerpo del terraplén hasta la capa base se tomaron muestras para verificar que las capas cumplieran los requisitos que se marcaban en el proyecto y los riegos superficiales de agua en todas las capas se realizó durante toda la construcción de cada capa para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

La carpeta asfáltica es la capa superior de toda la estructura del camino y de las rampas y proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos.

La carpeta asfáltica de 10 centímetros fue por el sistema riego de liga con asfalto AC-20 modificado con polímeros, el cual consistió en una serie de capas sucesivas de productos asfálticos y pétreos sobre la base impregnada. La forma de construir la carpeta por riego consistió en dar un primer riego de producto asfáltico que se cubre con un riego de material pétreo grueso; por medio del compactador vibratorio de rodillo se acomodó y se hicieron tres cubrimientos de la superficie. En seguida, se repitió toda la operación, sólo que el material pétreo era de menores dimensiones que el usado anteriormente. Después se repite la operación con el material pétreo más fino; es decir, se da un riego de asfalto fluidificado, se riega el material pétreo y se acomoda con un rodillo liso. Se dejó un tiempo para que fraguara el producto asfáltico y, después mediante un barrido se retiró el material fino que no se adhirió al resto de la estructura. El asfalto se riega por medio de una petrolizadora, el material pétreo por medio de camiones de volteo y además una cuadrilla de rastrilleros deben cuidar la textura de la carpeta y evitar las juntas en las carpetas una vez que las ha extendido la máquina. En la figura 5.11 se muestra el proceso de constructivo de la carpeta asfáltica.

Figura 5.11. Carpeta asfáltica.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La vida útil para la que se diseñó y se construyo la estructura de pavimento de los carriles de cambio de velocidad, rampas y puente es de 15 años.

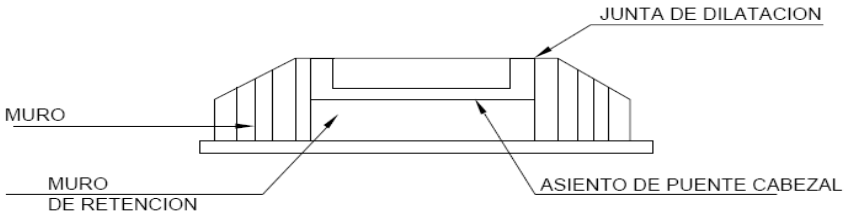
5.3 Subestructura

En esta etapa se describirán las actividades que sirvieron para construir el puente. Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como un camino (autopista Guadalajara – Zapotlanejo).La subestructura está conformada por los aparatos de apoyo y columnas. Siendo estos los que soporten el tramo horizontal.

Los apoyos son conjuntos estructurales instalados para garantizar la segura transferencia de todas las reacciones de la superestructura a la subestructura y deben cumplir dos requisitos básicos: distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas de la subestructura y ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y de otras índoles inducidas por la superestructura.

Los estribos pueden definirse como una combinación de muro de retención y cimentación que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de cimentación, sostiene el relleno de tierra. Los estribos o cargaderos localizaos en los extremos del puente en las rampas de tierra armada sobre las escamas de las rampas de acceso y salida fueron apoyos móviles. Los apoyos de tipo móvil permiten que el extremo de un puente, se mueva libremente hacia delante y atrás, debido a la expansión y/o contracción ocasionada por los cambios de temperatura; o debido a cambios en la longitud del puente ocasionados por las cargas vivas. Los estribos fueron construidos a base de concreto reforzado al mismo tiempo que se colocaban las últimas filas de escamas mediante el proceso de armado, cimbrado, colado y descimbrado. La figura 5.12 muestra las partes de los estribos y la figura 5.13 muestra las dimensiones del estribo construido.

Figura 5.12. Estribo.



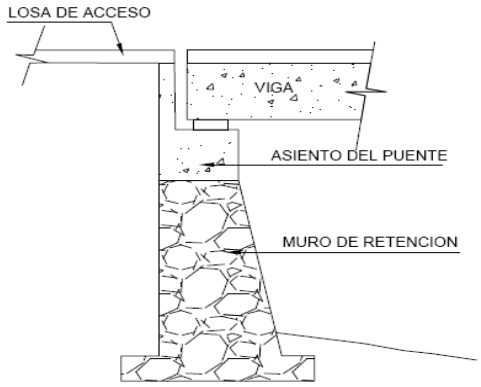
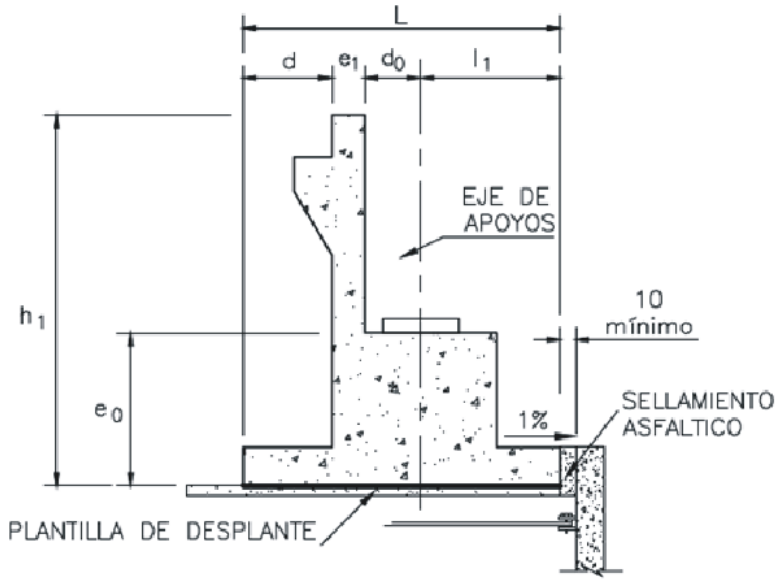


Figura 5.13. Dimensiones de los estribos.

Fuente: Diseño de puentes. 2012.

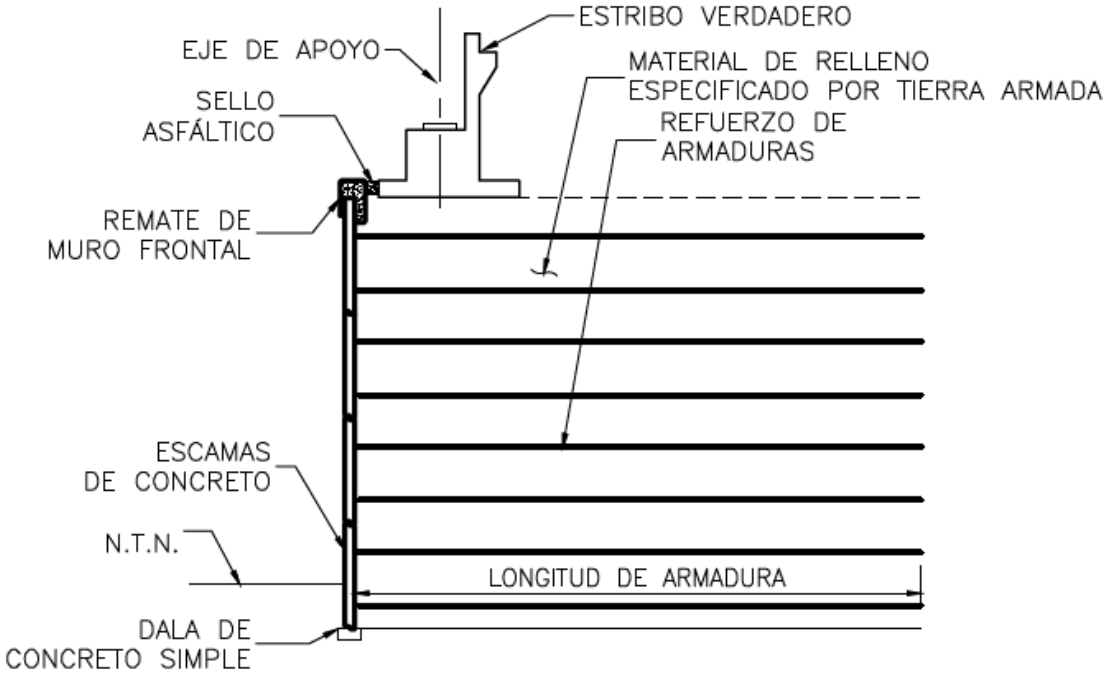


Dimensiones del estribo						
d	d_0	e_1	e_0	h_1	L	l_1
0.70	0.44	0.26	1.20	VAR.	2.50	1.10

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La sección de cómo quedó el muro mecánicamente armado y el estribo se muestra en la figura 5.14.

Figura 5.14. Dimensiones de los estribos.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Para la construcción de las tres columnas, el armado de la columna se inició junto con el armado de la zapata corrida que soportarían a las columnas con un acero de refuerzo con límite de fluencia igual a fy = 4200 kg/cm^2 amarrándose una a la otra, posteriormente se realizó el cimbrado para darles la forma circular con un diámetro igual a 1.2 metros y finalmente se realizó el colado con un concreto utilizado igual al de los estribos (concreto clase I con un peso volumétrico mayor a 2200 kg/m^3 y f´c = 300 kg/cm^2) vibrándolo, el tamaño del agregado fue de ¾" y para el concreto bombeado se utilizó un aditivo fluidificante y finalmente se retiró la cimbra. La figura 5.15 muestra el proceso de construcción de las columnas y el inicio de la construcción del cargadero.

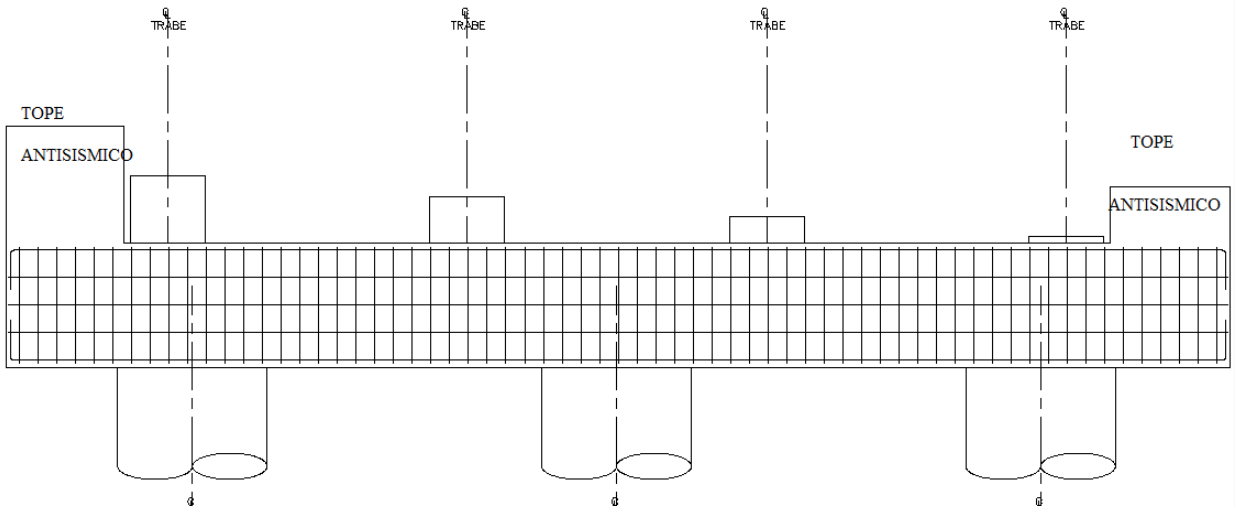
Figura 5.15. Columnas.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La última estructura que se realizó correspondiente a la subestructura fue el cargadero que se apoya en las columnas. El cargadero fue diseñado como apoyo fijo. El concreto utilizado fue el mismo que en las columnas y que los estribos y el procedimiento fue el mismo: armado, cimbrado, colado y descimbrado. Algunas características del cargadero se pueden ver en el plano "Cargadero apoyo no.2" en el Anexo. El cargadero cuenta con cuatro bancos de apoyo a diferentes alturas donde se colocarán las trabes, se encuentran a diferentes alturas para que se le dé el peralte a la curva. El cargadero además cuenta con un tope antisísmico en los extremos. La colocación de dichos topes, impiden algún deslizamiento de las trabes en caso de sismo, por lo que su instalación brinda seguridad para los usuarios del retorno. En todos los topes se

utilizaron juntas de neopreno para amortiguar. La figura 5.16 muestra los bancos de apoyo y los topes antisísmicos.

Figura 5.16. Cargadero.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

La figura 5.17 muestra al cargadero con sus cuatro bancos de apoyo y los dos topes antisísmicos; además de las tres columnas terminadas.

Figura 5.17. Cargadero.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

5.4 Superestructura

La superestructura es la parte superior del puente que sirve como retorno, que une y salva la distancia entre los dos claros. La superestructura consiste en el tablero (losa), vigas y arriostriamiento, calzada (carpeta asfáltica), parapeto y contención. El puente que sirve como retorno es un sistema con base en trabes curvas de acero y losa de concreto como tablero.

Las trabes que sostienen a la losa fueron metálicas las cuales fueron hechas a base de vigas formadas por placas y refuerzos; dichos trabajos de alta especialidad requirieron pruebas de ultrasonido en soldaduras, perfil de anclaje y un estricto mapeo de soldadores. Fueron cuatro trabes curvas de acero fabricadas con anterioridad en el taller con la longitud real entre apoyos para que en la obra simplemente fueran montadas. El arriostriamiento (se consideran habitualmente elementos secundarios en las estructuras y son transversales a la estructura y cumplen la misión de rigidizar, evitar el pandeo y darle estabilidad a la estructura) fue por medio de una armadura compuesta por elementos relativamente cortos y esbeltos, estos elementos estuvieron compuestos por tubos de acero y cartabones. La figura 5.18 muestra el proceso de montaje de las trabes.

Figura 5.18. Montaje de las trabes.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Para el transporte de las trabes desde el taller de fabricación al sitio de la obra fue necesario establecer una logística para la ruta vial más adecuada. El montaje se realizó durante la noche para evitar afectar al tránsito por medio de dos grúas, la secuencia de montaje se siguió de acuerdo al proyecto y a los planos de montaje y fue supervisada estrictamente. La separación entre trabes es de 2.4 metros.

La figura 5.19 muestra los trabajos de montaje de las trabes finalizados.

Figura 5.19. Trabes.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Posterior a los trabajos de montaje se inició con los trabajos de construcción de la losa. La estructura del puente, consiste en una plancha de concreto reforzado. La losa tiene un espesor de 20 centímetros y se apoya sobre las trabes.

El proceso constructivo de la losa consistió en el armado de la losa; entre las losas se colocó una junta de dilatación (polietileno plástico con un armado) que sirve para evitar la fricción entre las losas, la colocación de la cimbra para delimitar las zonas del concreto y en la figura 5.20 se muestra el cimbrado para la losa, se realizó el colado de concreto con un aditivo fluidificante ya que fue necesario bombear el concreto de f´c = 300 kg/cm^2; en la figura 5.21 se muestra esta actividad. El curado de las losas de concreto se realizó por medio de membranas de curado (Membrana o cubierta que se coloca sobre el concreto recién colado, para retardar o reducir la evaporación de la

humedad superficial, y con ello la tendencia a agrietamientos), las cuales fueron aplicadas de acuerdo a las especificaciones del proveedor de la membrana.

Figura 5.20. Cimbrado de la losa.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Figura 5.21. Colado de la losa.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Y finalmente se procedió al descimbrado de la losa.

Terminado el colado de la losa se inició con el armado, cimbrado, colado con la misma clase de concreto utilizado en la losa y descimbrado de la guarnición que sostiene al

parapeto. En la etapa señalamiento y dispositivos de seguridad se describirá el montaje del parapeto. La guarnición tuvo un buen acabado por lo que en su construcción se utilizó cimbra nueva. También en la etapa de la superestructura se realizó la losa de acceso (losa de transición) al puente localizada en los extremos de las rampas de acceso y salida. Esta losa de acceso debe entenderse como un elemento de transición entre el firme de la rampa por la que se accede al puente y el pavimento dispuesto sobre la losa del puente. La losa de acceso tiene el objetivo de mejorar la comodidad y seguridad de la conducción, reducir las consecuencias de asientos diferenciales entre terraplén y puente y, también, para disponer de una plataforma de anclaje de elementos de contención de vehículos. La losa de acceso es una continuación de la losa del puente por lo que mantiene sus características de espesor, clase de concreto y proceso constructivo. Entre la losa de acceso y la losa del puente se construyó una junta de control (Ranura formada o cortada en una estructura de hormigón para regular la localización, la cantidad de grietas y la separación como resultado de un cambio en las dimensiones de las diferentes partes de la estructura, evitando el desarrollo de esfuerzos) ya que la losa de acceso también se apoya sobre los estribos. La construcción de todas las juntas del puente fueron del tipo y dimensiones que los planos indicaban. Finalmente la carpeta asfáltica se realizó sobre la losa de concreto armado del puente con un espesor de 4 centímetros, de la misma manera que se hizo en las rampas y caminos de acceso que se explicó en la etapa de pavimentos. La figura 5.22 muestra esta actividad.

Figura 5.22. Carpeta asfáltica del puente.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

5.5 Obras de drenaje

El drenaje es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar del retorno el agua. El drenaje se considera longitudinal y transversal, según la posición que las obras guarden con respecto al eje del camino.

El drenaje longitudinal tiene por objetos captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, causando desperfectos. De este tipo de drenaje son las cunetas y bordillos.

El drenaje transversal da paso expedito al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien la retira lo más pronto posible de la corona, como tubos, losas, lavaderos y el bombeo de la corona.

Como se mencionó en el capítulo 4 se realizaron los estudios hidrológicos para saber si la autopista o el retorno requerían de algunas estructuras complementarias como estructuras de drenaje, en el plano “Planta de levantamiento topográfico” que se encuentra en el Anexo se pueden observar los escurrimientos que existen en el lugar. El estudio indicó que el retorno requería de cunetas y alcantarillas para los carriles de cambios de velocidad; mientras que para el puente las obras de drenaje consistieron en drenes y goteros.

La construcción de obras de drenaje se hicieron antes de iniciar la construcción de terracerías, concluidas tales obras, se arroparon adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

Los materiales utilizados para la construcción del drenaje del retorno fueron los convencionales, es decir, concreto, mampostería, lámina de acero, acero estructural y morteros de cal y cemento. La calidad de los materiales y los procedimientos de construcción fue la indicada en las normas de construcción vigentes.

La superficie del camino se configuró de tal forma que el agua se disperse y se desplace fuera del camino lo más rápido y frecuente que sea posible. Haciendo que el bombeo del camino distribuya el agua hacia las cunetas.

Las cunetas son canales en los cortes que se hacen a los de la cama del camino y cuya función es interceptar el agua que escurre de la corona y del terreno natural adyacente, para conducirla a una obra transversal y así alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino. En la mayoría de los casos se consideró suficiente utilizar una sección transversal triangular con una profundidad de 30 centímetros, un ancho de 1 metro y taludes del lado de la corona de 3:1. La longitud de las cunetas no debe ser mayor a 250 metros; se acondicionó la cuneta en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos para lograr esto se realizó la excavación de las dimensiones citadas y el revestimiento se realizó con concreto hidráulico f’c = I00 kg/cm^2, con un espesor de 8 centímetros aproximadamente. Previo a

la colocación del revestimiento, la superficie por cubrir se humedeció y compactó al grado establecido en proyecto. El desalojo del agua de las cunetas se realizará mediante alcantarillas.

El bombeo consiste en proporcionar a la corona del camino, una pendiente transversal desde el centro del camino hasta los hombros. Su función es dar salida expedita al agua que caiga sobre el pavimento y evitar en lo posible que el líquido penetre en las terracerías. La pendiente se le va dando conforme se realiza la base y la carpeta asfáltica del camino y fue un bombeo de por lo menos un 2% hacia donde se encuentran las cunetas.Las alcantarillas son estructuras transversales cuya función es conducir y desalojar, con la mayor rapidez posible, el agua de las partes bajas del terreno que atraviesan el camino. Las alcantarillas están siempre alojadas en el cuerpo de la terracería.

Las alcantarillas cuentan con unas estructuras de transición (formada por aleros) en la entrada y la salida del conducto, que son muros de contención y guías para conducir el agua, las cuales transforman gradualmente el régimen que tenía en el terreno natural al del interior, y otra vez al del terreno natural. Los aleros son divergentes, con un ángulo de abertura de unos 30º respecto al eje longitudinal de la alcantarilla. El tipo de alcantarilla es de cajón y son estructuras de sección rectangular con paredes, techo y piso de concreto reforzado. El proceso constructivo fue armado, cimbrado, colado y descimbrado, en la figura 5.23 se muestra la construcción de una alcantarilla del retorno.

Figura 5.23. Alcantarilla.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Para el puente se construyeron drenes. Esta actividad consistió en la instalación de los drenes en la losa del puente. Los drenes que se instalaron fueron de dos tipos:

- Drenes sin tubo (son orificios en la losa de la superestructura), también llamados goteros.
- Drenes con tubo (son aquellos que están formados por un tubo colocado en una de las perforaciones de la losa). Los tubos de PVC utilizados se colocaron en los extremos del puente y del lado hacia donde escurre el agua debido al peralte.

Esta actividad consistió en la instalación de los drenes para que cumplan debidamente con su función en los puentes, que consiste en evacuar el agua, mantener su capacidad y eficiencia hidráulica, para evitar encharcamientos en la superficie de rodadura y problemas de infiltración que afecte parte de la losa y trabes.
Los agujeros se realizaron en donde lo señalan los planos para no afectar el refuerzo de la losa, se limpiaron las paredes de estos agujeros mediante aire comprimido (asegurando que el aire no tuviera aceites), verificando que el mortero de adherencia que se utilizó para ajustar el drenaje (tubo) funcionara correctamente. Se removió todo el óxido de las armaduras que quedaron cerca de cada hueco, empleando una escobilla. En la figura 5.24 se muestran algunos tubos colocados en el puente.

Figura 5.24. Drenes.

Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

El equipo utilizado fueron unidades de agua a presión, equipo para extracción de núcleos (taladro para realizar huecos de 3 y 4 pulgadas de espesor), compresores de aire y un generador eléctrico, martillos, cinceles, cepillos, espátulas y reglillas.

5.6 Dispositivos de seguridad y control de tránsito

Los dispositivos de seguridad y control de tránsito posibilitan que las autopistas operen eficientemente proporcionando a los usuarios seguridad, confort y fluidez, para ellos es necesario que los usuarios dispongan de información y dispositivos suficientes y oportunos para usar adecuadamente las vialidades, lo cual se logar en gran medida a través de las señales de tránsito, parapetos y defensas.

Los dispositivos de seguridad son los parapetos y la defensa de lámina. Su objetivo es:

- Evitar que los vehículos fuera de control salgan del camino.
- Minimizar los daños a los ocupantes del vehículo durante la colisión.

Antes de colocar el señalamiento se realizo el montaje de los dispositivos de seguridad.

Las defensas de lámina de acero galvanizada son dispositivos de seguridad que se instalaron en ambos lados de los carriles de cambio de velocidad y de la rampa, además de la autopista en los sitios indicados en proyecto. Los tramos de la defensa se instalaron en sentido contrario al tránsito, de manera que el traslape de las defensas cubriera la fijación de la defensa anterior; alineando y nivelando las perforaciones de las defensas, postes y separadores antes de fijarlas. Una vez alineadas se apretaran todos y cada uno de los tornillos. Los postes de 150 centímetros de longitud a 30 centímetros del hombro del camino y espaciados a 381 centímetros cada uno fue donde se colocaron las defensas. Los postes se anclaron a una profundidad de alrededor de 80 centímetros, se excavó una profundidad de 80 centímetros, por abajo de la superficie del pavimento adyacente, la excavación fue rellenada y compactada con material producto de la excavación hasta un nivel de 50 centímetros y los 30 centímetros restantes fueron completados utilizando concreto hidráulico de f 'c = 100 kg/cm^2.

El montaje (fijación) del parapeto de acero se realizó a los costados del puente sobre la guarnición de concreto reforzado del puente, ejecutados en tramos de 1.50 metros y separadas 5 centímetros entre estos, mediante columnas (pletinas que son placas de acero). Estas columnas fueron sujetadas a la guarnición mediante una placa de acero que tenía cuatro perforaciones en las cuales se insertaran pernos embebidos en el concreto armado de la guarnición.

Los dispositivos para el control de tránsito fueron señales y marcas que se colocaron sobre y adyacente al retorno para prevenir, regular y guiar a los usuarios del retorno.

Los dispositivos de control de tránsito verticales indican a los usuarios las precauciones (preventivas) que deben tener en cuenta son de fondo amarillo, reflejantes y con los símbolos, caracteres y filetes en color negro, las limitaciones (restrictivas) que gobiernan el tramo en circulación son de fondo blanco con una anillo perimetral en rojo y con los símbolos, caracteres y filetes en color negro y las informaciones (informativas)

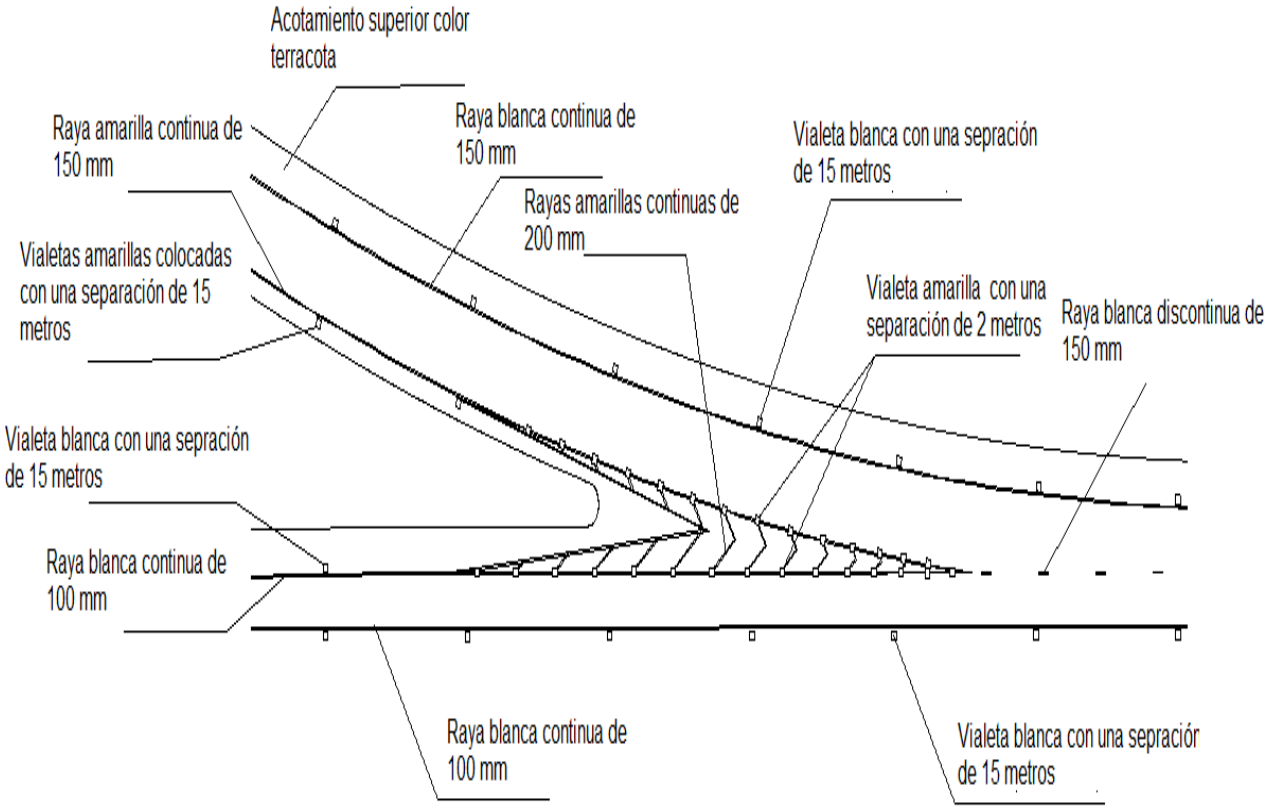
estrictamente necesarias, son de fondo verde, reflejante con los símbolos, caracteres y filetes en color blanco.

Las señales y demás materiales que se utilizaron para su instalación cumplieron con las normativas vigentes.

Las señales verticales fueron sujetadas por postes de acero galvanizado, a su vez los postes se apoyaron en una base de cimiento de concreto armado de f´c = 150 kg/cm^2 por medio de anclas. La base de concreto estuvo a una profundidad mínima de 70 centímetros por debajo del nivel de suelo en un área de 30 x 30 centímetros.

El señalamiento horizontal son marcas en la carpeta asfáltica que sirven para canalizar y advertir al conductor. Los materiales empleados son pintura y vialetas. Las características del señalamiento horizontal se muestran en la figura 5.25.

Figura 5.25. Señalamiento horizontal.

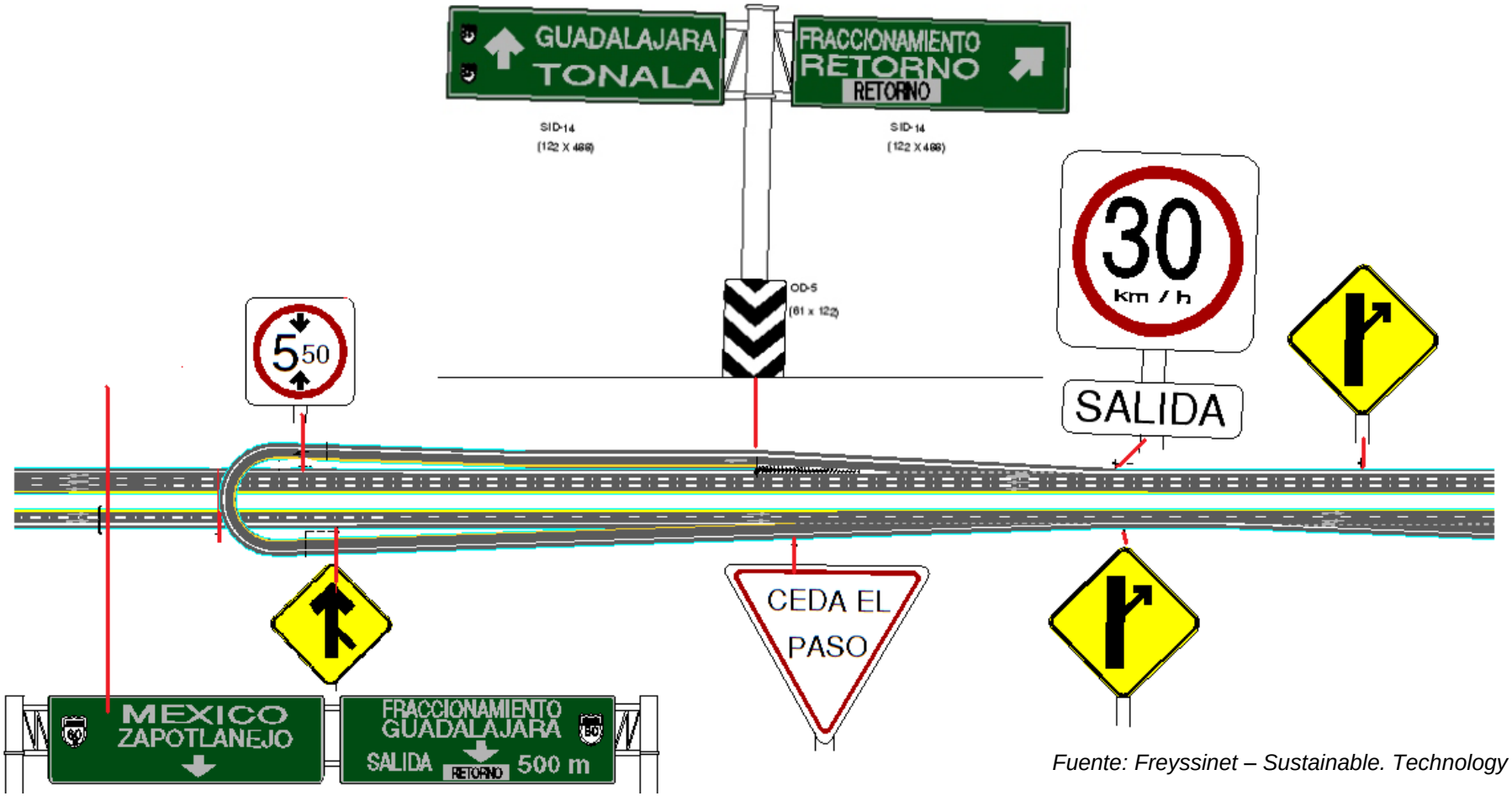


Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

En la figura 5.26 se muestra el señalamiento vertical empleado en el retorno.

Al finalizar la etapa de control de dispositivos de seguridad y control de tránsito concluyo la obra del retorno vehicular elevado Vado II en la autopista Guadalajara – Zapotlanejo.

Figura 5.26. Señalamiento Vertical.



Fuente: Freyssinet – Sustainable. Technology

Capítulo 6

Conclusiones

6. Conclusiones

El principal medio de transporte en México es el terrestre, mayormente a través de las carreteras, por lo que su modernización es fundamental para el desarrollo del país, es por ello que al iniciar la presente tesis se definió como el objetivo de ésta documentar el proceso constructivo del retorno vehicular elevado Vado II localizado en el kilómetro 12+839.823 de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo dentro del corredor troncal Manzanillo – Tampico en el municipio de Tonalá en el estado de Jalisco, describiendo las tecnologías, materiales, maquinaria y procedimientos empleados. Además de interpretar y comentar el proceso constructivo para poder llegar a una conclusión.

Para la culminación exitosa de la construcción del retorno fue necesario plantearse bases sólidas en el proyecto, buscando solucionar los problemas que se presentaban en el lugar como la accidentalidad y mejorar el nivel de servicio con el fin de que operara en condiciones más favorables de fluidez y de seguridad de tránsito; tomando en consideración aspectos como la velocidad, la comodidad y la calidad del servicio, por lo que el proyecto buscó y consiguió una planeación integral de todos los aspectos que intervinieron en el proceso constructivo como la selección de un retorno a desnivel (elevado) en forma de U y dimensionamiento adecuado en el radio de giro, relación velocidad – curvatura, ancho de calzada para los enlaces, carriles de cambio de velocidad, rampas , pendientes y que actualmente intervienen de forma eficiente en la operación del retorno.

Las conclusiones que se obtienen del proceso constructivo empleado en el retorno son:

- La aplicación de métodos y tecnologías avanzadas como fue el caso de la tierra armada, contribuyeron a que el proceso de construcción se realizará de forma fácil, rápida y de calidad.
- La excelencia en la calidad de construcción empleada conforme a las normas y especificaciones, a fin de asegurar la durabilidad y buena operación del retorno vehicular elevado Vado II.
- Cuidado del medio ambiente.
- Prevenir la ocurrencia de ilícitos, accidentes, pérdidas de vidas humanas y materiales.
- Tiempo de construcción estipulado gracias al buen control que existió en su construcción.

En el proceso constructivo y en los materiales se buscó siempre darle la mayor calidad constructiva a todos los elementos que conforman al retorno, por ejemplo los materiales fueron analizados para que cumplieran con las características deseadas y marcadas en el proyecto, ya que esto es un factor clave en la vida útil del retorno, además de garantizar que todo brindará mayor seguridad a los trabajadores del retorno y al momento de entrar en operación a los usuarios.

Para obtener tan buenos resultados, fue necesario aplicar correctamente las especificaciones marcadas en el proyecto, estudios y normas a cargo de personal capacitado. La tecnología, materiales, maquinaria y métodos empleados en la construcción del retorno vehicular elevado Vado II fueron ajustados a las especificaciones antes mencionadas.

Se controló de la mejor forma cualquier incomodidad y molestia que la construcción ocasionó a los usuarios de la autopista Guadalajara – Zapotlanejo, como fue el caso del transporte y montaje de las trabes, para lo que se estableció una logística vial (durante la noche), para que los usuarios a pesar de que tuvieron que disminuir la velocidad de circulación de sus vehículos nunca sufrieron detenciones de duración excesiva. Para el montaje de las trabes se tuvo que cerrar por un periodo de 12 horas la autopista con el fin de trabajar con toda seguridad y para poder brindar a los usuarios seguridad vial se les ofrecieron vías alternas por las que pudieran circular y también se les previno empleando señales y dispositivos de control de tránsito para advertirles acerca de la construcción del retorno; por último siempre se garantizó de la mejor forma la seguridad de los trabajadores, capacitándolos, verificando que usaran el equipo adecuado (botas, chaleco, casco y guantes) y se establecieron las condiciones óptimas de trabajo para que el personal desarrollara las actividades, procesos y operaciones que eran requeridas para la construcción del retorno vehicular elevado Vado II.

Por lo que se documentó en el presente trabajo de tesis se concluye que el retorno vehicular elevado Vado II se construyó en excelentes condiciones y durante el tiempo de construcción estimado que fue del 1 de noviembre del 2012 al 31 de mayo del 2013 debido a los diferentes estudios realizados como los de tránsito, sondeos a cielo abierto, estudio de mecánica de suelos, entre otros, también debido a la gran planeación que existió en el proyecto, a la capacitación de los empleados, a las medidas de seguridad empleados tanto para los usuarios como para los trabajadores y a las diferentes pruebas de laboratorio que se realizaron. Además de que se pudo verificar que el diseño fue el adecuado (un retorno vehicular elevado con forma de U) y el que cumplía con los diferentes objetivos que el retorno deseaba brindar a los usuarios.

Anexo

Anexo

El presente anexo contiene los planos que se fueron mencionando en el contenido de esta tesis. Los planos se muestran en el siguiente orden:

1) Planta general de trazo.
2) Planta de levantamiento topográfico.
3) Cargadero apoyo no.2.
4) Corte longitudinal y transversal.
5) Planta de gálibos.
6) Cimentación apoyo no.2.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.
Alvaro No. 145, Edificio A, Ser Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5230 8860, Ext. 3202

RETORNO " EL VADO II "
PLANTA GENERAL DE TRAZO

CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA
TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE
KM : DEL 12+839.823
ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.

FECHA: MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012

CLAVE: RCO-RETVADOII-PG-GRAL1-1/P-R00

SIVTEPSA — Servicios Integrales de Vias Terrestres Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

ESCALA 1: 1000

REFERENCIAS DE TRAZO

PUNTO REFERENCIADO		RAMA : 1					
IDENT	CADENAMIENTO	Φ 1	DR 1	DR 2 EN	Φ 2	DR 3	DR 4 EN
PST	112+100.000	204°11'25"	24.243m	40.055m S / CLAVO EN CUNETA.	327°46'16"	20.998m	41.339m S/ CLAVO EN CARPETA.
PST	112+419.966	229°40'29"	27.666m	41.867m S / CLAVO EN CARPETA.	293°58'04"	21.367m	31.990m S / CLAVO EN CARPETA.
PST	112+600.000	268°39'05"	20.072m	30.867m S / CLAVO EN CARPETA.	318°18'12"	28.309m	42.879m S/ CLAVO EN CARPETA.
PC	113+065.011	211°14'35"	47.628m	69.564m S / CLAVO EN CARPETA.	30°57'46"	24.152m	45.169m S / CLAVO EN CARPETA.
PI	113+261.670	43°16'19"	21.388m	32.383m S / CLAVO EN CARPETA.	76°59'45"	26.645m	37.237m S / CLAVO EN CARPETA.
PI	113+720.575	234°08'52"	21.458m	33.970m S / CLAVO EN CARPETA.	300°32'45"	20.143m	31.160m S / CLAVO EN CARPETA.

DESCRIPCION DE LOS BANCOS DE NIVEL

B.N.	DESCRIPCION	DISTANCIA	LADO	ESTACION	ELEV. PROM.
12-2	S / CLAVO EN ROCA CON PINTURA	36.00m	DERECHA	11+300.000	1510.486m
13-1	S / ROCA CON PINTURA AZUL	48.50m	IZQUIERDA	12+010.000	1513.436m
13-2	S / ROCA CON PINTURA AZUL	33.00m	DERECHA	12+507.000	1502.334m
132-1	S/TORNILLO EN POSTE SEÑAL	33.00m	IZQUIERDA	12+229.500	1515.979m
112-1	S / CLAVO EN LAVADERO	31.20m	IZQUIERDA	112+426.700	1500.280m

SIMBOLOGIA DE DERECHOS DE VIA

DERECHO DE VIA
DERECHO DE VIA ADICIONAL
CAMINO DE SERVICIO EXISTENTE Y CERCA
AREA = 0.000 Has POR ADQUIRIR

CROQUIS DE LOCALIZACION

Tlajomulco, Cajititlán, Tonalá, Tlaquepaque, Zapotlanejo, Ixtlahuacán del Río, Cuquío, Guadalajara, Zapopan, Tala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Ixtlahuacán de los Membrillos, Acatlán de Juárez, Ixtlahuacán del Río, Tlajomulco de Zúñiga, Tlajomulco de Zúñiga, Tlajomulco de Zúñiga

SCT
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

RED
Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.
Alvaro No. 145, Edificio A, 3er Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5270 0850, Ext. 3200

RETORNO " EL VADO II "
PLANTA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA
TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE

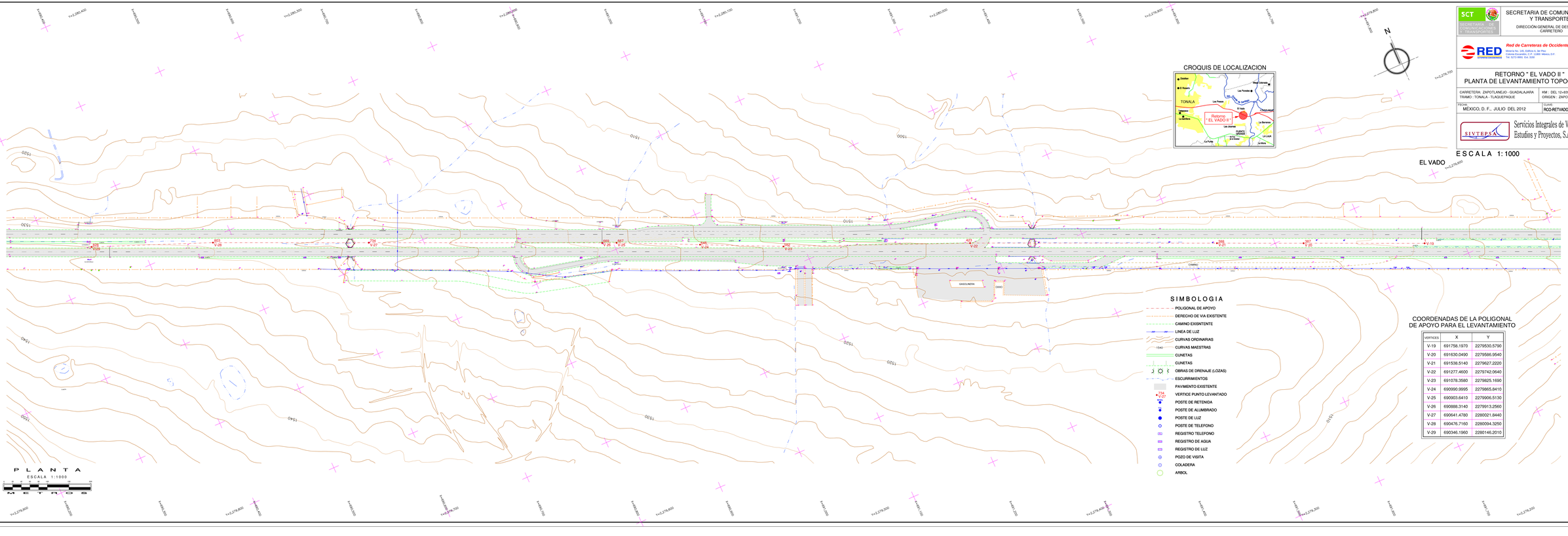
KM : DEL 12+839.823
ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.

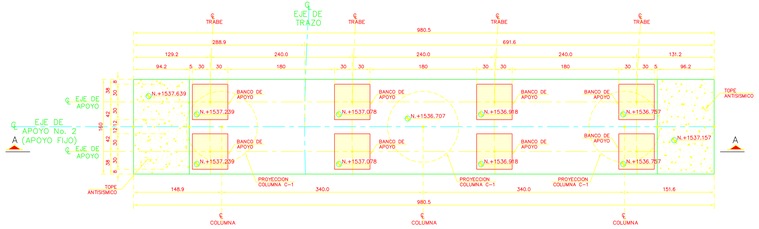
FECHA:
MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012

CLAVE:
RCO-RETVADOII-PG-02RAL1-1P-R00

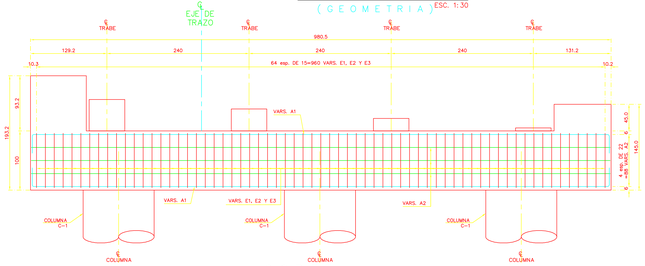
SIVTEPSA
Servicios Integrales de Vías Terrestres Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

E S C A L A 1: 1000

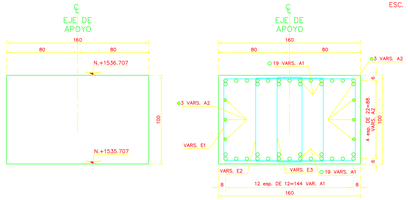




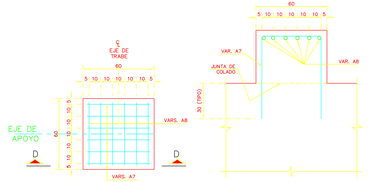
PLANTA DE CARGADERO CG-2
(APOYO No. 2)
(GEOMETRIA) ESC. 1:30



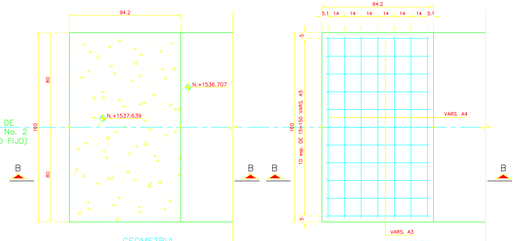
CORTE A-A
(REFUERZO CARGADERO APOYO No.2)
ESC. 1:30



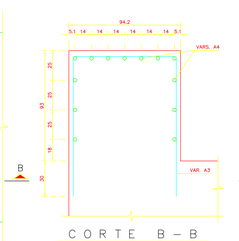
SECCION CARGADERO CG-2
ESC. 1:20



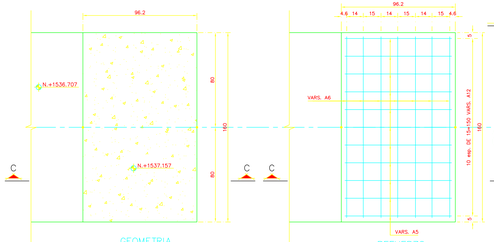
BANCO DE APOYO
ESC. 1:15
CORTE D-D
(REFUERZO BANCO DE APOYO)



TOPE ANTISISMICO
ESC. 1:15

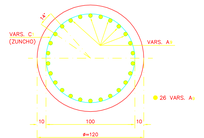


CORTE B-B
(REFUERZO TOPE ANTISISMICO)

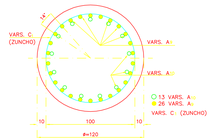


TOPE ANTISISMICO
ESC. 1:15

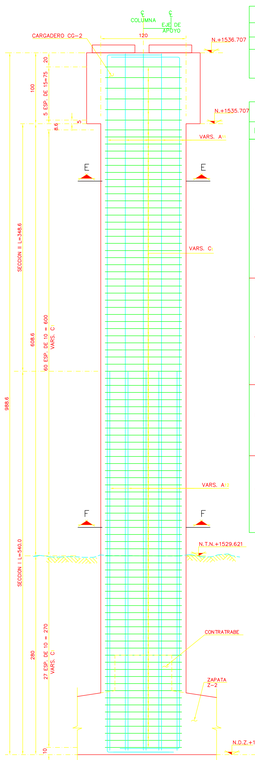
ELEVACION DE CARGADERO APOYO No.2
(GEOMETRIA)
ESC. 1:30



CORTE E-E
COLUMNA C-1 (SECCION II)



CORTE F-F
COLUMNA C-1 (SECCION I)



REFUERZO DE COLUMNA C-1
ELEVACION
ESC. 1:25

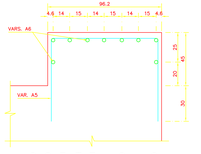
APOYO No. 2
CUBICACION DE MATERIALES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO f'c= 300 kg/cm²	m³	45.3
ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm²	Kg	7,830

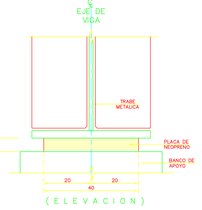
LISTA DE VARILLAS

ELEMENTO	Vars.	Num.	Diam.	Long. (cm.)	Croquis	a	b	c	Peso (kg.)
CARGADERO CG-2	A1	38	8C	1061		971	45	45	1603
	A2	6	5C	1031		971	30	30	97
	E1	65	4C	500		150	90	10	324
	E2	65	4C	352		76	90	10	228
	E3	65	4C	256		28	90	10	166
TOPE ANTISISMICO	A3	11	4C	320		84	118	118	35
	A4	7	4C	386		150	118	118	27
	A5	11	4C	226		86	70	70	25
	A6	7	4C	290		150	70	70	20
BANCO DE NIVEL	A7	48	4C	M=206 N=120		50	m=78 n=35 l=0.5	m=78 n=35 l=0.5	78
	A8	48	4C	M=206 N=120		50	m=78 n=35 l=0.5	m=78 n=35 l=0.5	78
COLUMNA C-1	A9	78	8C	1069		979	45	45	3314
	A10	39	8C	585		540	45	–	907
	C1	279	4C	334		314	–	–	928
									7,830

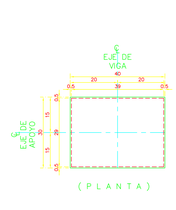
APOYO INTEGRAL DE NEOPRENO
APOYO FIJO
(ESPESOR 4.1)



CORTE C-C
(REFUERZO TOPE ANTISISMICO)



(ELEVACION)



(PLANTA)

DETALLES DE LAS PLACAS DE APOYO

SCT
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

RED
Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.
Minería No. 145, Edificio A, Sec Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5272-9991 Ext. 3330

RETORNO " EL VADO II " CARGADERO APOYO No. 2

CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA
TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE
KM : DEL 10+672.316
ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.

FECHA: MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012
CLAVE: RCO-RETVADO-EST-15

SIVTEPSA
Servicios Integrales de Vias Terrestres Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

NOTAS GENERALES:

1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS Y NIVELES EN METROS.
2.- TODOS LOS ESQUEMAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE SE INDICA EL ARMADO NO ESTAN A ESCALA.
3.- TODOS LOS EJES, COTAS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE DIRECTAMENTE EN OBRA

NOTAS DE MATERIALES:

1.- CONCRETO CLASE I CON PESO VOLUMETRICO P.V.=2200 kg/m3 Y f'c=300 kg/cm2 PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES (CABEZAL, DIAGRAMA, BANCOS DE NIVEL, TOPE ANTISISMICO)
2.- ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLUENCIA IGUAL A fy=4200 Kg/cm2.
3.- EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO SERA DE 3/4"
4.- EL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO NORMAL SERA DE 12 cm. + 2 cm.
5.- TODOS EL CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES (CABEZAL, DIAFRAGMAS, TOPE ANTISMICO Y BANCO DE NIVEL) DEBERA SER PREMEZCLADO.
6.- EL CONCRETO BOMBEADO DEBERA TENER UN ADITIVO FLUIDIFICANTE.
7.- EN CASO DE QUE EL CONTRATISTA REQUIERA USAR ADITIVOS PARA EL CONCRETO DEBERA JUSTIFICAR OPORTUNAMENTE LA CANTIDAD Y DOSIFICACION DE ESTOS PRODUCTOS, PRESENTANDO AL RESIDENTE PRUEBAS SATISFACTORIAS DE SU EMPLEO CON LOS AGREGADOS Y EL CEMENTO QUE SE VAYA A EMPLEAR
8.- SE TENDRA ESPECIAL CUIDADO EN LA LIMPIEZA DE LAS VARILLAS. ANTES DE COLOCAR EL CONCRETO SE LIMPIARAN LAS VARILLAS EL CONCRETO Y ADEMAS LOS EMPALMES SERAN TRABAPOSOS.
9.- SE DEBERA EMPLEAR ADHESIVO EPOXICO SIKADUR-32 PARA UNIR CONCRETO NUEVO A CONCRETO VIEJO EN LAS JUNTAS FRIAS

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.

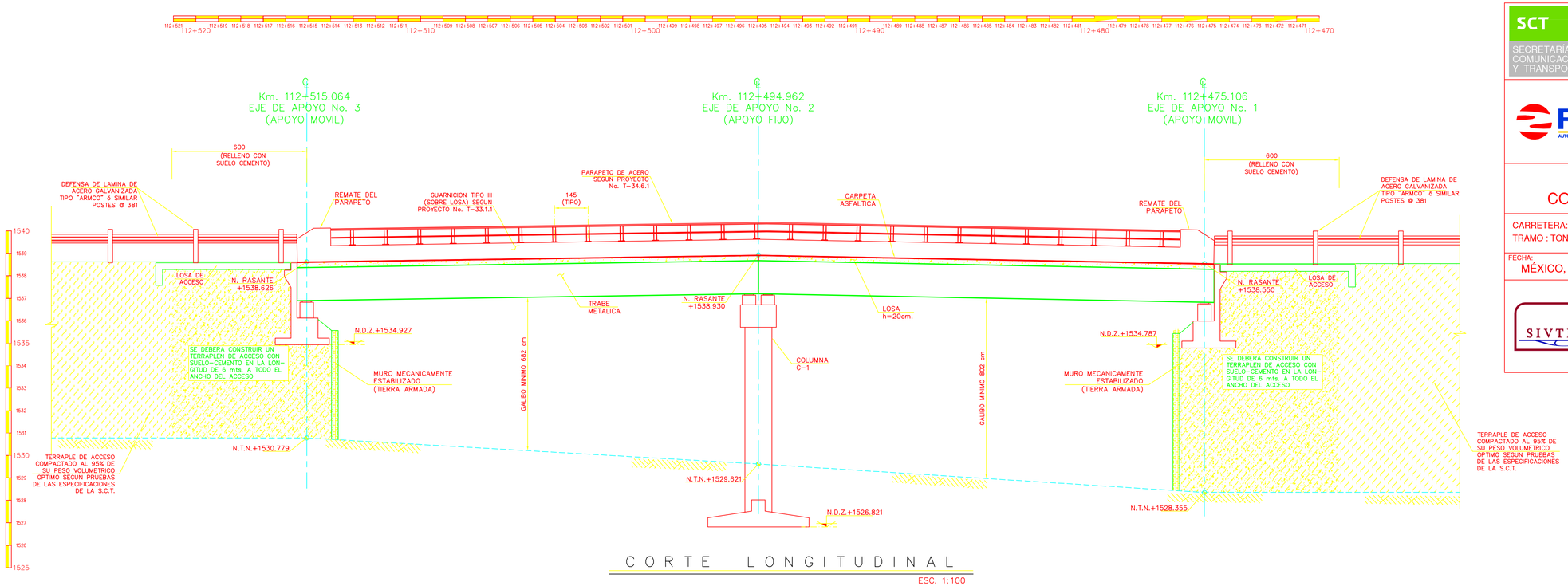
RED AUTOPISTAS CONCESIONADAS

Minería No. 145, Edificio A, 3er Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5272-9991 Ext. 3150

RETORNO " EL VADO II "
CORTE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

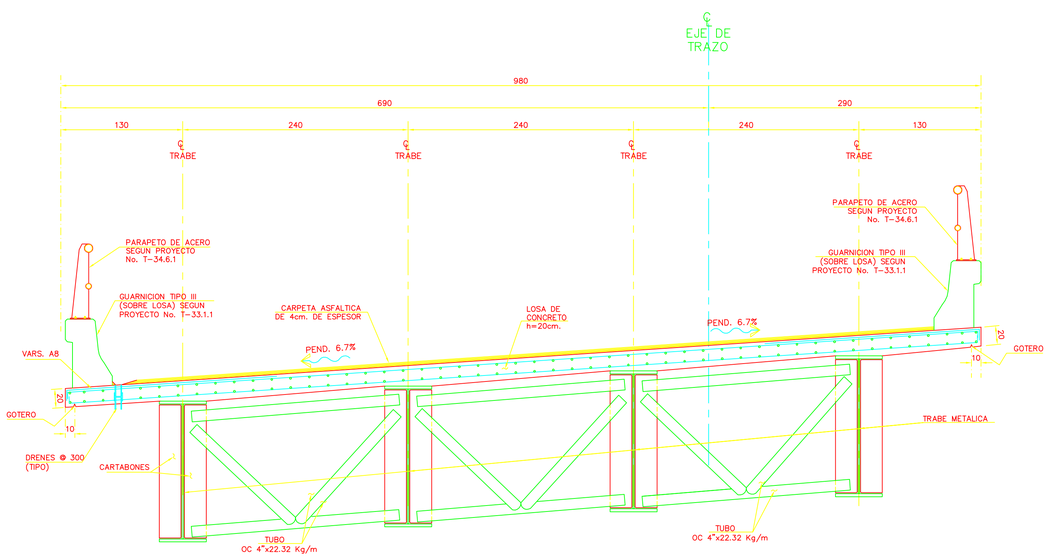
CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE	KM : DEL 10+872.316 ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.
FECHA: MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012	CLAVE: RCO-RETVADO-EST-02

SIVTEPSA
Servicios Integrales de Vias Terrestres
Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.



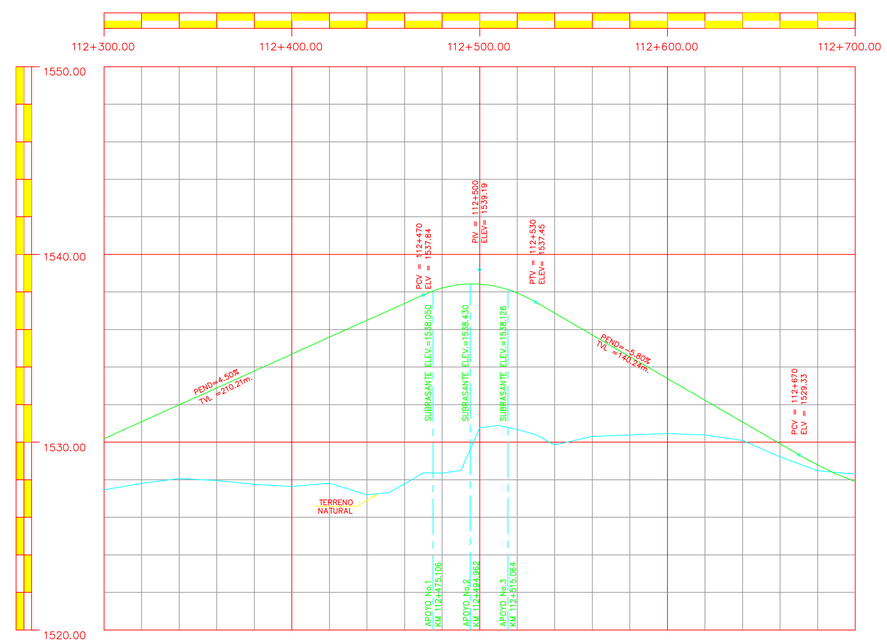
C O R T E L O N G I T U D I N A L

ESC. 1:100



C O R T E T R A N S V E R S A L

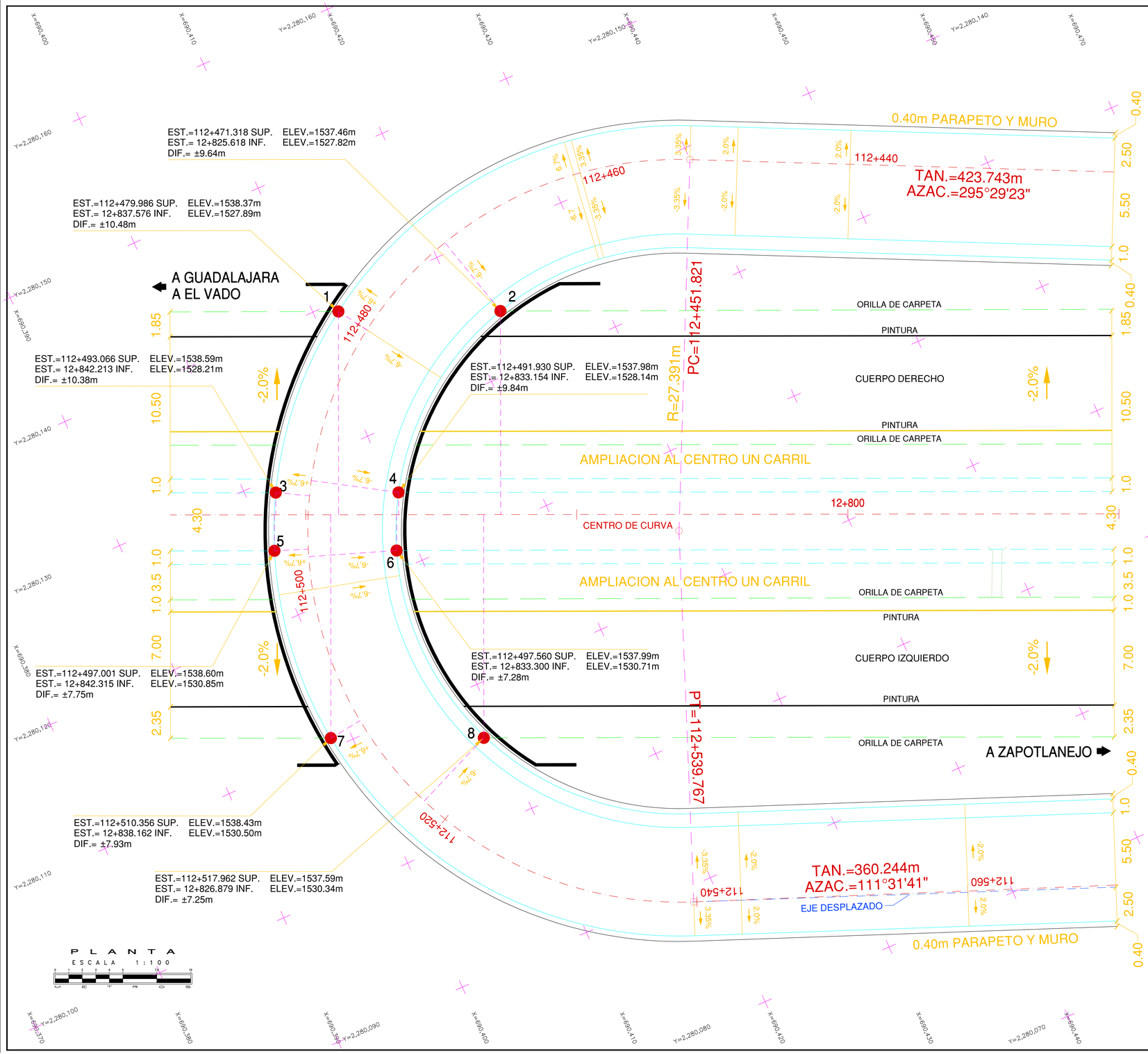
ESC. 1:30



ALINEAMIENTO VERTICAL POR EL EJE DE TRAZO

Nota: Para obtener la elevación de la Rasante, sumar 0.50 m.

ESC. HORIZONTAL 1:15
ESC. VERTICAL 1:1.5



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.

Minería No. 145, Edificio A, 3er Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5272-9991 Ext. 3150

RETORNO " EL VADO II "
PLANTA DE GALIBOS

CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA
TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE

KM : DEL 12+839.823
ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.

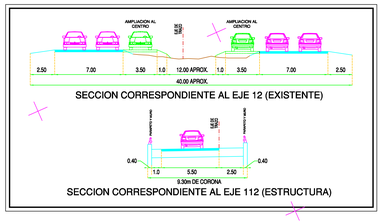
FECHA: MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012

CLAVE: RCO-RETVADO-PG-GRAL1-1P-R00

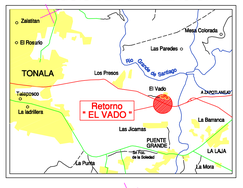
Servicios Integrales de Vias Terrestres
Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

ESCALA 1:100

SECCIONES TIPO



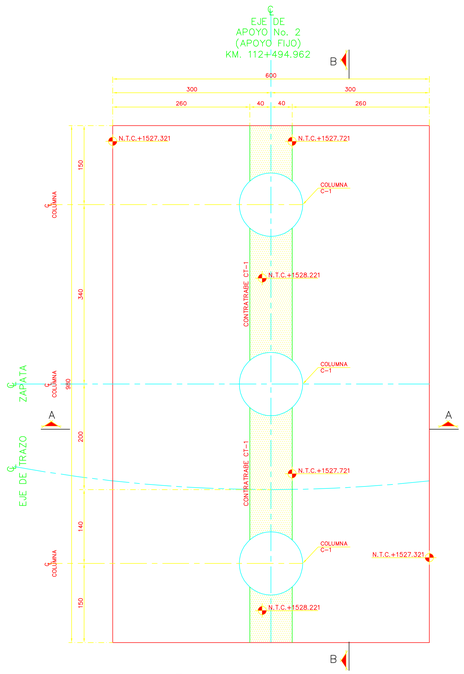
CROQUIS DE LOCALIZACION



CUADRO DE COORDENADAS DEL GALIBO

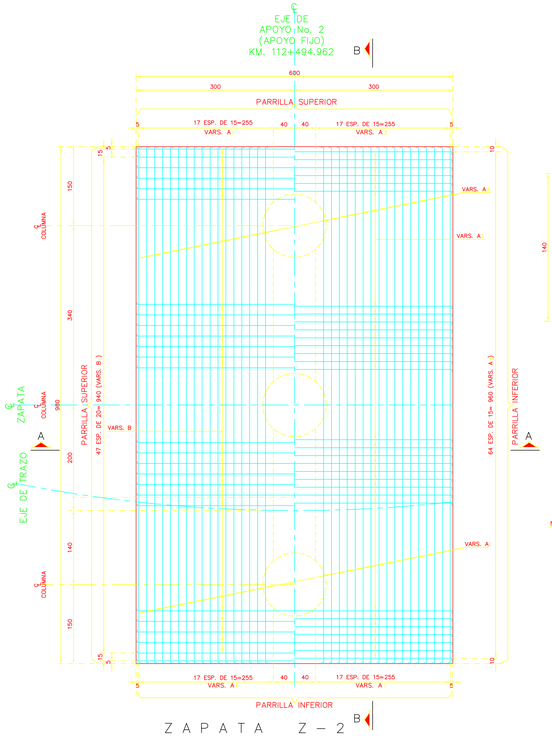
PUNTO	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	CADENAMIENTOS	ELEVACION	GALIBO
1	690411.746	2280139.286	112+479.986 SUP.	1538.37	10.48
			12+837.576 INF.	1527.89	
2	690422.699	2280134.490	112+471.318 SUP.	1537.46	9.64
			12+825.618 INF.	1527.82	
3	690402.123	2280128.930	112+493.066 SUP.	1538.59	10.38
			12+842.213 INF.	1528.21	
4	690410.417	2280125.284	112+491.930 SUP.	1537.98	9.84
			12+833.154 INF.	1528.14	
5	690400.303	2280125.044	112+497.001 SUP.	1538.60	7.75
			12+842.315 INF.	1530.85	
6	690408.557	2280121.421	112+497.560 SUP.	1537.99	7.28
			12+833.300 INF.	1530.71	
7	690398.540	2280110.723	112+510.356 SUP.	1538.43	7.93
			12+838.162 INF.	1530.50	
8	690408.869	2280106.184	112+517.962 SUP.	1537.59	7.25
			12+826.879 INF.	1530.34	

Altura Libre ———— 5.50m
Espesor Supraestructura 1.70m
7.20m



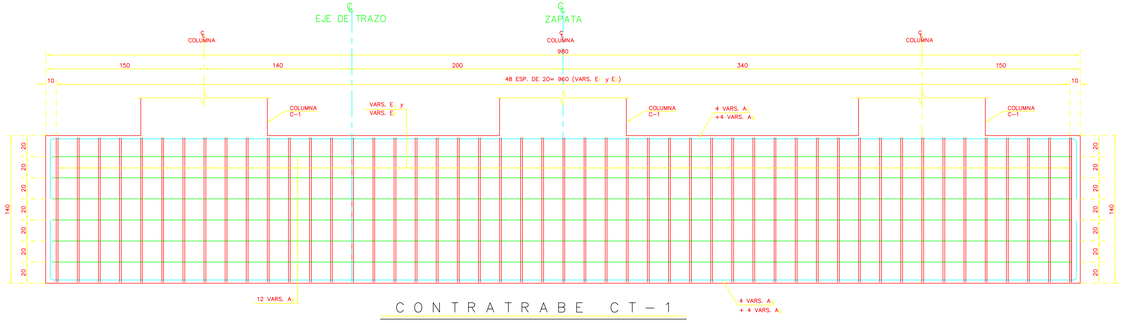
ZAPATA Z-2

(GEOMETRIA) ESC. 1:40

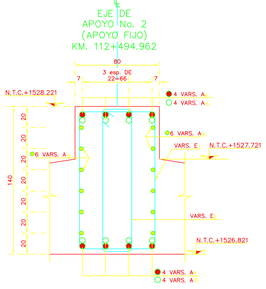


ZAPATA Z-2

(REFUERZO) ESC. 1:40

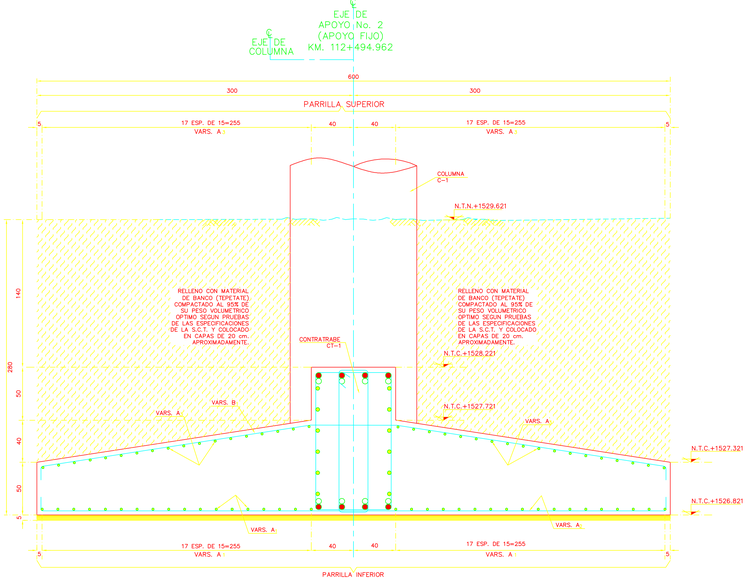


CONTRATRABE CT-1



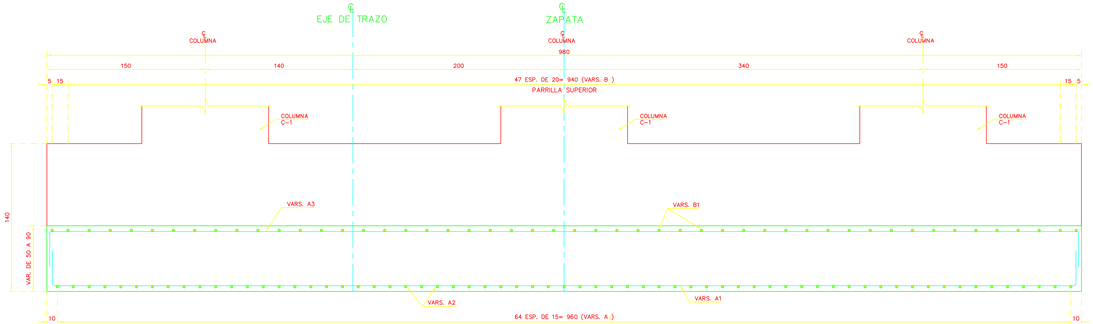
CONTRATRABE CT-1

(SECCION)



CORTE A-A

(GEOMETRIA Y REFUERZO) ESC. 1:20



CORTE B-B

SCT — SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO

RED AUTOPISTAS CONCESIONADAS

Red de Carreteras de Occidente S.R.L. de C.V.

Minería No. 145, Edificio A, 3er Piso
Colonia Escandón, C.P. 11800 México, D.F.
Tel. 5272-9991 Ext. 3150

RETORNO " EL VADO II "
CIMENTACION APOYO No. 2

CARRETERA: ZAPOTLANEJO - GUADALAJARA TRAMO : TONALA - TLAQUEPAQUE	KM : DEL 10+872.316 ORIGEN : ZAPOTLANEJO, JAL.
FECHA: MÉXICO, D. F., JULIO DEL 2012	CLAVE: RCO-RETVADO-EST-16

SIVTEPSA

Servicios Integrales de Vias Terrestres
Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

NOTAS GENERALES:

1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS Y NIVELES EN METROS.

2.- TODOS LOS ESQUEMAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE SE INDICA EL ARMADO NO ESTAN A ESCALA.

3.- TODOS LOS EJES, COTAS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE DIRECTAMENTE EN OBRA

NOTAS DE MATERIALES:

1.- CONCRETO CLASE I CON PESO VOLUMETRICO P.V.>2200 kg/m3 Y f'c=300 kg/cm2 PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES (CONTRATRABE Y ZAPATA)

2.- ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLUENCIA IGUAL A fy=4200 Kg/cm2.

3.- EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO SERA DE 3/4"

4.- EL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO NORMAL SERA DE 12 cm. + 2 cm.

5.- TODO EL CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES, (CONTRATRABE Y ZAPATA) DEBERA SER PREMEZCLADO.

6.- EL CONCRETO BOMBEADO DEBERA TENER UN ADITIVO FLUIDIFICANTE.

7.- EN CASO DE QUE EL CONTRATISTA REQUIERA USAR ADITIVOS PARA EL CONCRETO DEBERA JUSTIFICAR OPORTUNAMENTE LA CANTIDAD Y DOSIFICACION DE ESTOS PRODUCTOS, PRESENTANDO AL RESIDENTE PRUEBAS SATISFACTORIAS DE SU EMPLEO CON LOS AGREGADOS Y EL CEMENTO QUE SE VAYA A EMPLEAR

8.- SE TENDRA ESPECIAL CUIDADO EN LA LIMPIEZA DE LAS VARILLAS PARA EVITAR QUE TENGAN OXIDO SUELTO ANTES DE DEPOSITAR EL CONCRETO Y ADEMAS LOS EMPALMES SERAN TRASLAPADOS.

9.- SE DEBERA EMPLEAR ADHESIVO EPOXICO SIKADUR-32 PARA UNIR

DETALLES DEL REFUERZO

DIAM.	a	b	d	e
3C	7	17	8	40
4C	9	23	10	60
5C	12	29	11	65
6C	14	34	13	85
8C	19	45	17	120
10C	29	61	24	160
12C	42	79	33	180

ZAPATAS Y CONTRATRABES
LISTA DE VARILLAS

ELEM.	VARS.	DIAM.	NUM.	LONGITUD TOTAL(cm.)	CROQUIS	a	b	c	PESO TOTAL(Kg.)
ZAPATA Z-2 APOYO No. 2	A:	6C	36	1040		970	35	35	842
	A:	8C	65	660		590	35	35	1705
	A:	6C	36	1060		970	45	45	859
	B:	8C	48	692		260	45	–	1320
CONTRATRABE CT-1 APOYO No. 2	A:	10C	8	1060		970	45	45	528
	A:	8C	8	1030		970	30	30	328
	A:	5C	12	970		970	–	–	182
	E:	4C	49	420		70	130	10	205
	E:	4C	49	336		28	130	10	164
									6,133

LOSA Y DIAFRAGMAS
CUBICACION DE MATERIALES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
ACERO DE REFUERZO DE fy=4200 Kg/cm^2		
ZAPATA Y CONTRATRABE	Kg	6,757
CONCRETO f'c= 300 Kg/cm^2 ZAPATA Y CONTRATRABE	m^3	46.7

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- “Los retos de la infraestructura en México 2013-2018, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, julio 2013.

- “Carreteras, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, julio 2013.

- “Infraestructura de transporte 2013-2018”, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, julio 2013.

- “Programa sectorial de comunicaciones y transportes 2007-2012”, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, julio 2013.

- “El sector carretero en México – Red Nacional de Carreteras”, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, julio 2013.

- Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G., “Ingeniería de Tránsito – Fundamentos y aplicaciones”, Alfaomega, 8ª edición.

- Paul H. Wright y Wiley, “Highway Engineering”, Sixth edition.

- Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991.

- Congestión de tránsito. El problema y cómo enfrentarlo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2003.

- Google Earth, versión 7.1.2.2019.

- http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01010503.pdf
  Universidad de Buenos Aires, septiembre 2013.

- http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/tonala
  Gobierno del Estado de Jalisco, septiembre 2013.

- Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2006.

- Manual para el control del tránsito en calles y carreteras, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1986.

- http://iit.app.jalisco.gob.mx/jalisco/anexos/12_centro.html
  Gobierno del Estado de Jalisco, septiembre 2013.

- Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Ministerio de Transportes y Comunicaciones de España, 2008.

- Norma de poliductos para fibra óptica en el acotamiento de carreteras, N·CTR·CAR·1·08·001/07, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2007.

- Gómez González Bernardo. Notas de cimentaciones, Procedimientos de exploración y muestreo de suelos y rocas, 2013.

- Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa de México, 2013.

- Olivera Bustamante Fernando, Estructuración de vías terrestres, Grupo editorial Patria, décima primera reimpresión, 2011.

- Recomendaciones para el diseño, ejecución y control de suelo mecánicamente estabilizado con armadura inextensible, Corporación de desarrollo tecnológico, Chile, 2011.

- Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras, Ministerio de fomento de España, 2000.

- Revista de divulgación científica y tecnológica, Facultad de ingeniería civil – Universidad Autónoma de Nuevo León, No. 1 Cuatrimestral, Enero-Abril 2007.

- Manual para el mantenimiento de la red vial, Construcción o alargamiento de los drenes, Ministerio de transporte de España, consultado en 2013.

- Bañón Blázquez Luis, Construcción de terraplenes. 2010.

- ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Electiva%20-%20Modulo%20Dise%F1o%20de%20muros%20de%20contenci%F3n/Lecturas/Articulo%20680-06.pdf
  Tierra Armada, noviembre 2013.

- http://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones_por_Zapatas#Proceso_Constructivo
  Cimentaciones por zapatas, noviembre 2013.

- Información brindada por la constructora Freyssinet-Sustainable Technology:

  - Estudio de mecánica de suelos paso de p.s.v. km 112+539.767, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
  - Memoria de cálculo de muros de tierra armada, Tierra Armada-Sustainable Technology.
  - Diseño geotécnico.
  - Información técnica personal proporcionada por el Residente General de obra, Ing. Emmanuel Bernardo Hernández.
  - Planos:
    - Planta general de trazo, Tierra Armada-Sustainable Technology.
    - Planta de levantamiento topográfico.
    - Planta general de trazo, SIVTEPSA.
    - Planta constructiva complementaria.
    - Planta de gálibos.
    - Planta de señalamiento.
    - Corte longitudinal y transversal.
    - Cargadero apoyo no. 2.
    - Cimentación apoyo no. 2.
    - Cortes generales.