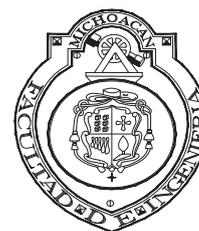




**Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo**



**Facultad de Ingeniería Civil**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA “PASO A  
DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN”**

Tesis profesional

Que para obtener el título de  
Ingeniero Civil

Presenta

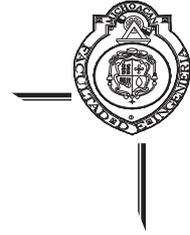
P.I.C. José de Jesús Rodríguez Sánchez

Asesor

Ing. Jaime Camacho Moreno

Morelia, Michoacán, Abril de 2008

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



## DEDICATORIA.

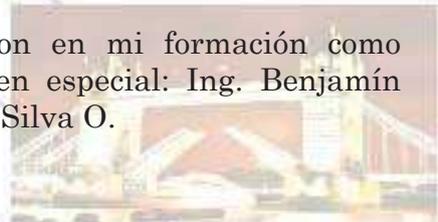
A mis padres, Luz Sánchez Garibay y Daniel Rodríguez Melgoza (†), por que ellos me dieron la oportunidad de estar aquí, otorgándome el mejor y mas grande regalo, una vida llena de cariño, comprensión y apoyo incondicional.

Gracias, mamá porque desde niño me enseñaste a ser fuerte, por tu tiempo y sacrificios, por estar siempre a mi lado y no permitirme rendir en ningún momento por difícil que fuera, alentándome siempre a continuar hacia adelante y luchar por mis sueños hasta verlos realizados.

En memoria de Daniel Rodríguez M., papá porque creíste en mí y me enseñaste el coraje para mantener la serenidad, sin importar lo hostil del escenario, por todos los valores que me enseñaste a respetar, siendo así mi ejemplo y porque seguirás acompañándome en cada momentos.

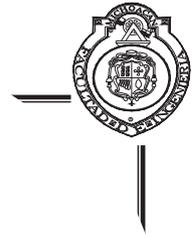
A mis hermanos, por brindarme su comprensión y apoyo en todo momento, gracias.

Por ultimo gracias a quienes contribuyeron en mi formación como ingeniero, mediante sus clases y consejos, muy en especial: Ing. Benjamín Pérez M., Ing. Jaime Camacho M. y al Ing. Ramiro Silva O.

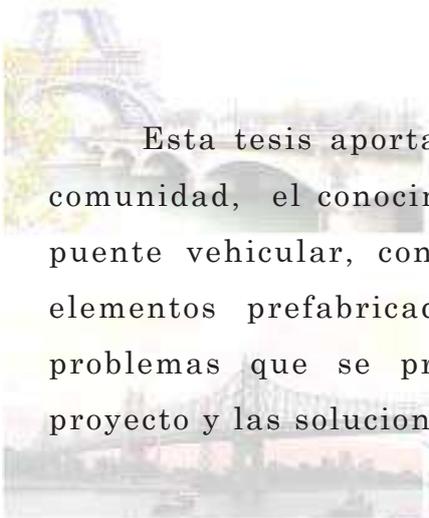


José de Jesús Rodríguez Sánchez

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



**ANTECEDENTE:**



Esta tesis aportará a la Facultad de Ingeniería Civil y a la comunidad, el conocimiento del procedimiento constructivo de un puente vehicular, conformado por elementos hechos "in situ" y elementos prefabricados, además de presentar el análisis de problemas que se presentaron durante la ejecución de dicho proyecto y las soluciones encontradas.









## I. Introducción.

Un puente es una construcción, por lo general artificial, que permite salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un valle, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua, o cualquier obstrucción. Su diseño varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el cual se construirá.

El proyecto y cálculo pertenecen a la ingeniería estructural, siendo varios los tipos de diseños aplicados a lo largo de la historia, influidos en un principio por, los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores.

Posiblemente el primer puente fue un árbol, que usó un hombre prehistórico para comunicar las dos orillas de un río, teniendo así, su origen en la misma prehistoria. Los primeros puentes construidos fueron arcos hechos con troncos o tablones y eventualmente con piedras, usando un soporte simple y colocando vigas transversales; siendo muy pobremente construidos, raramente soportaban cargas pesadas, siendo esta insuficiencia la que llevo a desarrollar mejores puentes.

El imperio romano fue el primero en usar la técnica del arco para la construcción de puentes y acueductos.

Los puentes de cuerdas, son un tipo de puentes suspendidos, los cuales fueron usados por los Incas en los Andes de Sudamérica, antes de la colonización europea en el siglo XVI.

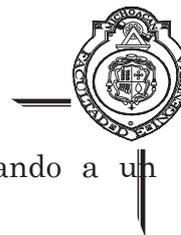
Durante el siglo XVIII hubo muchas innovaciones en el diseño de puentes con vigas por parte de Hans Ulrich, Johannes Grubenmann, y otros. El primer libro de ingeniería para la construcción de puentes fue escrito por Hubert Gautier en 1716.

Existen seis tipos principales de puentes: puentes viga, en ménsula, en arco, colgantes, atirantados y apuntalados. El resto de tipos son derivados de estos.

Por su uso, un puente es diseñado para el paso de trenes, tráfico automovilístico o peatonal, tuberías de gas o agua para su transporte o tráfico marítimo. En algunos casos puede haber restricciones en su uso. Por ejemplo, puede ser un puente en una autopista y estar prohibido para peatones y bicicletas, o un puente peatonal, posiblemente también para bicicletas.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Un acueducto es un puente que transporta agua, semejando a un viaducto, que es un puente que conecta puntos de altura semejante.

El propósito de la construcción del puente vehicular en el cruce de la Av. Madero poniente con las vías del ferrocarril en la ciudad de Morelia, es tratar de dar solución al problema ocasionado por el tráfico vehicular y el tren.

La línea del ferrocarril que pasa por la ciudad de Morelia se integra del ramal de Acámbaro-Morelia-Pátzcuaro, atravesando los distritos de Zinapécuaro y Morelia, construida en dos tramos.

Tramo de Acámbaro-Morelia.

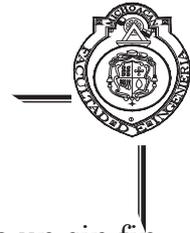
Este tramo tiene una extensión total de 92 kilómetros 17 metros, atravesando los territorios de los estados de Guanajuato y Michoacán.

Tramo de Morelia-Pátzcuaro.

Este tramo se inauguró con una extensión de 62 kilómetros 18 metros en el año de 1886, sobre el territorio de Michoacán.

Actualmente la línea del ferrocarril que pasa por la ciudad de Morelia solo transporta mercancía.





## II. Proyecto ejecutivo.

Comprende todo lo necesario para construir una obra, incluyendo un sin fin de variables, la expresión gráfica de sus características en planos, las especificaciones y otros documentos, de manera que el constructor tenga los datos necesarios para ejecutar la obra, tal y como fue concebida por el proyectista.

Todo proyecto sin excepción ya sea que hablemos desde el de una casa habitación hasta el más complejo, sufre cambios y modificaciones durante el proceso de ejecución, esto a consecuencia que en todo momento durante su ejecución se presentan situaciones que se deben resolver ya sea en campo o en gabinete, dependiendo de la importancia y de los riesgos en que se ponga la seguridad y funcionalidad de la obra.

Un proyecto ejecutivo comprende trabajos de campo, gabinete y en algunos casos de laboratorio.

### II.1. Descripción del Proyecto.

El desarrollo de las ciudades hacia la modernidad trae consigo una serie de problemas y conflictos que aunado a su crecimiento demográfico, es necesario y de vitalidad resolver, como Ingenieros además de tomar participación en el desarrollo y modernización de una ciudad, debemos participar en la propuesta de soluciones a los problemas producidos por el crecimiento ya sea conduciendo servicios de primera necesidad a lugares donde no se cuentan o como en este caso, el de aportar una solución a un nodo de conflicto vehicular.

La concepción del Proyecto "PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AV. MADERO PTE. CRUCE FFFCC." se originó a consecuencia del punto de conflicto ubicado en el cruce del Ferrocarril y La Av. Madero Poniente, la cual es una de las principales arterias de la ciudad, misma que la cruza de Oriente a Poniente pasando por el centro histórico.

El cruce en la zona de conflicto, esta conformado por vialidades urbanas de primer y segundo orden como son:

Vialidades de Primer Orden.

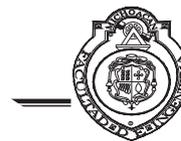
- Av. Madero Poniente
- Vialidades Marginales del Río Grande de Morelia.

Vialidades de Segundo Orden.

- Av. Periodismo.
- Av. Pedregal.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Esta es una de las zonas de mayor conflicto dentro de la ciudad ya que el patio de maniobras del ferrocarril se encuentra ubicado a un costado del cruce mencionado y el constante número de maniobras realizadas por el ferrocarril durante las horas de mayor afluencia vehicular, ocasionaba embotellamientos.

El proyecto geométrico del paso vehicular es conformado principalmente por un cuerpo de 4 carriles principales divididos por una guarnición central, con un ancho de 14 metros y una longitud total de 398 metros, se definieron 16 tramos de claros variables con sus respectivos accesos en ambos sentidos\*.

La superestructura se integra por traveses pretensados de concreto tipo AASHTO III de 1.15 m de peralte, la calidad del concreto es de resistencia 350 Kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo pretensado, el sistema de piso se integra trabajando en colaboración con una losa de concreto reforzado con calidad del concreto de 250 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.20 m de espesor en promedio.

Las traveses son simplemente apoyadas sobre un cargador principal de concreto, sobre placas de neopreno que permitirán o no el movimiento por dilatación de las mismas, se cuenta así mismo con juntas constructivas de neopreno o similares.

La carga viva de diseño es la correspondiente a un camión tipo IMT-66.5, con un peso de 66.5 toneladas en los cuatro ejes o carriles de tránsito.

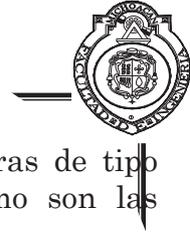
Los accesos en los extremos son a base de estribos de concreto reforzado con aleros que soportan la descarga de las traveses pretensadas colocadas en forma paralela al eje de la calle y terraplenes de material de banco "tezontle-tepetate", en proporción 85 % -15 % en capas de 30 cm. de espesor compactadas al 100 % de su PVSM, confinados entre el estribo y muros de contención de concreto armado en ambos lados (norte y sur), los demás apoyos se componen por 16 ejes conformados por pilas de concreto reforzado siendo éstas de forma circular de 1.40 m y 1.20 m de diámetro y uno con zapata corrida y columnas del mismo estilo, todos coronados con cabezal de concreto para apoyo de las traveses como ya se indicó.

La cimentación de los apoyos es de tipo profunda, de acuerdo con los niveles de desplante recomendados en el estudio de mecánica de suelos correspondiente, y resulta con pilas de concreto reforzado.

Las pilas son coladas en el lugar, con perforación previa y utilizando lodo bentonítico para estabilización de las excavaciones, las profundidades de desplante varían de los 6 m a los 15 m de acuerdo a la ubicación del estrato resistente.

\* Ver plano GRAL anexo.





Se han considerado también en el proyecto todas aquellas obras de tipo accesorio necesarias en el buen funcionamiento de la obra como son las siguientes:

- A) Iluminación:** Mediante lámparas de tipo mercurial, colocadas en el camellón central dirigidas en dos brazos hacia cada uno de los carriles principales, toda la instalación es oculta de tipo subterráneo.
- B) Colectores de agua pluvial:** Conductos circulares de PVC distribuidos en forma equilibrada para la recolección de las aguas de la lluvia de la superficie de rodamiento, y conducidas mediante tuberías tipo columna hacia los colectores de agua pluvial contemplados y diseñados para conducir y eliminar esta agua hasta su vertido al cauce del río grande de Morelia.
- C) Señalización:** Se ha contemplado en el proyecto todas las señalizaciones necesarias y requeridas para el buen funcionamiento de la obra, mismas que consisten básicamente en indicaciones de piso, orientaciones e información que deberá respetar el usuario durante el trayecto o uso de esta vía de circulación.
- D) Semaforización:** Con el objeto de dar ordenamiento a la zona y área del proyecto, se han considerado las semaforizaciones necesarias en el mismo, con base a un estudio de tipo vial y de ingeniería de tránsito, dada la importancia de todas las vialidades así como de los desarrollos que existen en el área de influencia como son el caso de centros comerciales, oficinas, etc.
- E) Carriles de desaceleración o de integración a la vialidad principal:** Como partes integrales del proyecto se consideraron las correspondientes desviaciones o carriles de integración a la vialidad principal realizándose el estudio y análisis de todas las posibilidades de circulación, en todo el tramo de impacto de la obra.
- F) Retiro de elementos de Cantera:** En el desarrollo del proyecto del paso a desnivel se contempla el retiro de elementos de cantera; "garitones y lomos de burro" con la finalidad de evitar su deterioro, sustrayéndose pieza por pieza identificado y numerado, para su posterior colocación de acuerdo a las normas y especificaciones implementadas por el I.N.A.H.
- G) Guarniciones y Parapetos:** Como complemento en las protecciones y delimitación de los carriles, se integran guarniciones laterales con parapeto y una guarnición central.





**H) Ampliaciones Laterales:** Como partes integrales del proyecto se consideraron las correspondientes ampliaciones en los carriles laterales, con el propósito del buen funcionamiento de la vialidad.

La elaboración del proyecto técnico y/o geométrico del puente requirió de una serie de estudios previos básicos como son:

- **Topografía:** Se realizó un estudio topográfico de la vialidad actual para tener la base sobre la cual se desarrolla el proyecto geométrico del puente.
- **Mecánica de Suelos:** Realizado para determinar el tipo de cimentación más conveniente considerando la composición y carga del tránsito vehicular de proyecto.
- **Aforo Vehicular:** El objetivo principal es determinar el tránsito diario promedio anual (TDPA) actual y el estimado para el periodo de diseño.
- **Estudio de Impacto Ambiental:** Su finalidad es identificar los posibles impactos ambientales que se pudieran generar con la construcción de la obra y el diseño de las medidas de prevención, mitigación remediación y compensación.

## II.2. Comparativa del 1er Proyecto propuesto con el Ejecutado.

Al realizar cambios a los proyectos es de vital importancia que este siga manteniendo su funcionalidad, pudiendo sufrir cambios estructurales, ampliaciones o reducciones, entre otras cosas, arrojándonos como resultado un proyecto mejorado el cual aporta una mejor solución al conflicto.

**El 1er proyecto consistía en:**

- Longitud total del puente de 315 m.
- Teniendo una longitud de 156.41 m consistente en estructura a base de pilas, columnas, cabezales y traveses prefabricadas,
- Siendo 10 ejes de pilas con 9 claros de longitud variable.
- Pilas de 1.20 m de diámetro y profundidad de 18 m del eje 1 al eje 6.
- Pilas de 1.20 m de diámetro y profundidad de 11 m del eje 7 al eje 10.
- Columnas de diámetro de 1.20 m de altura variable.
- Accesos oriente y poniente consistentes en terraplenes a base de tierra armada y muros de contención para conformar el terraplén.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

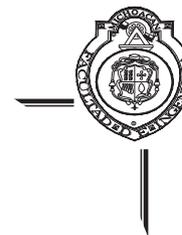


- Trabes pretensadas en cajón tipo T para los 9 claros (7 trabes por claro).
- Losas de concreto hidráulico de 15 cm. de espesor promedio.
- Concreto asfáltico en calzada de 4 cm. de espesor.
- Colector de Agua Pluvial con tubería de PVC en el desarrollo del puente.
- Carriles de desaceleración y de integración a la vialidad principal.
- Ampliaciones en carriles laterales.

**El proyecto realizado quedó como sigue:**

- Longitud total del puente de 293.95 m con estructura a base de pilas, columnas, zapata corrida, cabezales y trabes prefabricadas.
- 16 Claros con longitudes variables.
- Pilas de 1.20 m de diámetro y profundidad de 15 m del eje 1 al eje 5.
- Pilas de 1.40 m de diámetro y profundidad de 15 m del eje 6 al eje 10.
- Pilas de 1.40 m de diámetro y profundidad de 12 m del eje 11 al eje 13.
- Pilas de 1.20 m de diámetro y profundidad de 6 m del eje 14 al eje 16.
- Zapata corrida en el eje 17 con 2 m de profundidad y columnas de 120 de diámetro.
- Columnas de diámetros de 1.20 m y 1.40 m de altura variable.
- Acceso oriente de 49.30 m realizado con terraplén y muros de contención para conformar el terraplén y losa de transición.
- Acceso poniente de 55.0 m realizado con terraplén y muros de contención con tensores de acero para conformar el terraplén y losa de transición.
- Trabes pretensadas en cajón tipo T para los 16 claros (7 trabes por claro).
- Losa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor promedio.
- Escurrimiento natural del agua pluvial sobre la superficie de rodamiento, y construcción de rejilla pluvial en extremo poniente.
- Ampliación en carriles laterales.





### III. Estudios previos básicos.

Los principales estudios previos básicos realizados para elaborar el proyecto del paso a desnivel, fueron: topografía, mecánica de suelos, aforo vehicular, estudio de impacto ambiental.

La finalidad de estos es tener una base sobre la cual se desarrolle y ejecute un proyecto, marcar los parámetros con los cuales estará regida su concepción y desarrollo.

#### III.1. Topografía:

A la topografía se le puede considerar como una de las herramientas básicas de la ingeniería civil, por su extenso campo de aplicación, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento, no podría el ingeniero proyectar ninguna obra.

Se realizó un levantamiento topográfico de la vialidad actual, con la finalidad de tener una base sobre la cual realizar el proyecto del puente. Para determinar el trazo de la vialidad y definir el proyecto\*.

Este estudio consistió en la planimetría y altimetría, para la ubicación y el nivel de las estructuras, la topografía fue una de las actividades presentes durante todo el proceso de construcción de la obra.

#### III.2. Mecánica de suelos:

El objetivo principal es estudiar el comportamiento del suelo para ser usado como material de construcción o como base de sustentación de las obras de ingeniería.

La importancia de este estudio, radica en el echo de que si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aun sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, produciendo daños a la estructura, que en casos extremos, peden ocasionar el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

El estudio se realizó mediante la exploración y muestreo de: 9 Sondeos Mixtos (SM) en el área y colindancia de la zona del proyecto, en un primer estudio; 2 Sondeos Mixtos (SM) al lado oriente del cauce del río (Foto 1) y la exploración de 2 pozos a cielo abierto (PCA) al lado poniente del cauce del río, en un estudio complementario\*\*.

\* Ver plano 35-TOP-01 anexo. \*\* Ver plano Localización de Sondeos Mixtos anexo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

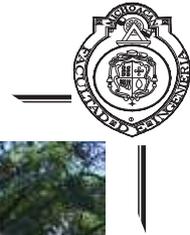


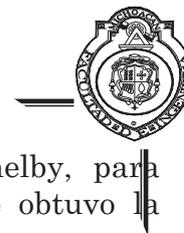
Foto 1: Realización de Sondeo con una maquina perforadora para determinar propiedades de los estratos.

Los trabajos de campo consistieron en la exploración y muestreo de los diferentes materiales que forman el subsuelo, observados en los SM, mediante una maquina perforadora (Foto 2), utilizando lodos bentoníticos como fluido de perforación.



Foto 2: Instalación de maquina para realizar Sondeo.





Se extrajeron muestras "inalteradas" (Foto 3), con tubo Shelby, para determinar sus propiedades, índices y mecánicas, con lo que se obtuvo la capacidad de carga para la cimentación.



Foto 3: Muestras de sondeo.

### III.2.1. Estratigrafía del terreno.

Los resultados generales de los Sondeos Mixtos realizados en el lado Oriente del cauce del río, en los cuales se incluyen los SM-1, SM-2, SM-3 y el SM-1A (del estudio de mecánica de suelos complementario), son:

- ✦ El estrato resistente predominante consiste en una Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH), color gris verdoso, de consistencia natural que varía de "muy firme" a "Dura". Estratos subsiguientes son de mejores características.
- ✦ Se encuentra presente en algunos casos desde los 0.60 m hasta los 7.20 m, espesor del estrato variable.
- ✦ No se detectó el Nivel de Aguas Freáticas (NAF).

Los resultados generales de los Sondeos Mixtos realizados en el lado Poniente del cauce del río, en los cuales se incluyen los SM-4, SM-5, SM-6 SM-7, SM-8, SM-9, y el SM-2A (del estudio de mecánica de suelos complementario), son:

- ✦ El estrato resistente predominante consiste en una Arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH), color café, de consistencia natural "Dura".
- ✦ El cual se encuentra presente en zonas desde los 12.20 m hasta 18.10 m (profundidad final de sondeo)





- ✦ Se detecto el Nivel de Aguas Freáticas a 4.00 m de profundidad (NAF).

### III.2.2. Capacidad de carga del terreno.

Con los resultados de los SM, donde se obtienen y consideran los resultados (ángulo de fricción interna, cohesión, peso volumétrico) de las pruebas realizadas a los estratos resistentes, considerando una profundidad de desplante o longitud de la pila, el factor de seguridad, y aplicando las teorías de Terzaghi (Cimentaciones en terraplén) y de Zeevaert\* (Cimentaciones profundas), se obtienen las capacidades de carga admisibles ( $q_{adm}$ ) en  $tn/m^2$  siguientes:

#### A).Capacidad de carga del terreno natural para cimentaciones en terraplén de acceso oriente.

Con los resultados del SM-1

$$q_{adm} = 26.61 + 3.63 B \text{ tn/m}^2 \quad \text{Cimientos continuos.}$$

$$q_{adm} = 28.97 + 2.90 B \text{ tn/m}^2 \quad \text{Cimientos aislados.}$$

B= ancho de la plataforma a nivel de desplante

#### B).Capacidad de carga del terreno natural para cimentaciones en terraplén de acceso poniente.

Con los resultados del SM-9

$$q_{adm} = 29.36 + 3.92 B \text{ tn/m}^2 \quad \text{Cimientos continuos.}$$

$$q_{adm} = 32.29 + 3.13 B \text{ tn/m}^2 \quad \text{Cimientos aislados.}$$

B= ancho de la plataforma a nivel de desplante

\* Ecuación ( $Q_t = Q_B + Q_S$ ) de la teoría de Zeevaert, para determinar Capacidad de Carga Ultima para Pilas por: Punta ( $Q_B = q_B \cdot A_s$ ), Fricción ( $Q_S = q_s \cdot A_s$ ) y Adherencia ( $Q_S = q_s \cdot A_s$ ).





**C).Capacidad de carga a 8.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-2

$q_{adm} = 186.6 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 58.4           |
| 0.70                    | 77.1           |
| 0.80                    | 98.3           |
| 0.90                    | 122.0          |
| 1.00                    | 148.3          |
| 1.10                    | 177.1          |
| 1.20                    | 208.5          |
| 1.30                    | 242.4          |
| 1.40                    | 278.9          |
| 1.50                    | 317.9          |

**D).Capacidad de carga a 15.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-5

$q_{adm} = 241.0 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIAMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 52.3           |
| 0.70                    | 72.7           |
| 0.80                    | 96.4           |
| 0.90                    | 123.5          |
| 1.00                    | 154.0          |
| 1.10                    | 187.8          |
| 1.20                    | 224.9          |
| 1.30                    | 265.4          |
| 1.40                    | 309.2          |
| 1.50                    | 356.3          |





**E). Capacidad de carga a 15.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-7

$q_{adm} = 201.4 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIAMETRO DE LA PILA (m) | Qadm (tn) |
|-------------------------|-----------|
| 0.60                    | 62.9      |
| 0.70                    | 83.1      |
| 0.80                    | 106.2     |
| 0.90                    | 132.0     |
| 1.00                    | 160.6     |
| 1.10                    | 192.1     |
| 1.20                    | 226.3     |
| 1.30                    | 263.3     |
| 1.40                    | 303.1     |
| 1.50                    | 345.7     |

**F). Capacidad de carga a 15.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-8

$q_{adm} = 244.8 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | Qadm (tn) |
|-------------------------|-----------|
| 0.60                    | 65.3      |
| 0.70                    | 88.0      |
| 0.80                    | 114.2     |
| 0.90                    | 143.7     |
| 1.00                    | 176.7     |
| 1.10                    | 213.0     |
| 1.20                    | 252.7     |
| 1.30                    | 295.9     |
| 1.40                    | 342.4     |
| 1.50                    | 392.4     |





**G). Capacidad de carga a 8.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-9

$q_{adm} = 272.1 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 79.8           |
| 0.70                    | 106.3          |
| 0.80                    | 136.6          |
| 0.90                    | 170.7          |
| 1.00                    | 208.5          |
| 1.10                    | 250.1          |
| 1.20                    | 295.5          |
| 1.30                    | 344.7          |
| 1.40                    | 397.6          |
| 1.50                    | 454.3          |

**H). Capacidad de carga a 6.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-2A (Ubicado entre el SM-1 y el SM-2 del estudio inicial) del estudio complementario de Mecánica de Suelos.

$q_{adm} = 207.1 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 68.6           |
| 0.70                    | 91.3           |
| 0.80                    | 117.3          |
| 0.90                    | 146.5          |
| 1.00                    | 178.9          |
| 1.10                    | 214.6          |
| 1.20                    | 253.5          |
| 1.30                    | 295.7          |
| 1.40                    | 341.1          |
| 1.50                    | 389.7          |





**I). Capacidad de carga a 12.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-1A (Ubicado a un lado del SM-3 del estudio inicial) del estudio complementario de Mecánica de Suelos.

$q_{adm} = 224.7 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 68.7           |
| 0.70                    | 92.4           |
| 0.80                    | 119.7          |
| 0.90                    | 150.4          |
| 1.00                    | 184.7          |
| 1.10                    | 222.4          |
| 1.20                    | 263.7          |
| 1.30                    | 308.5          |
| 1.40                    | 356.8          |
| 1.50                    | 408.6          |

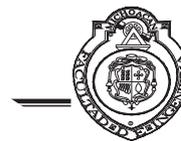
**J). Capacidad de carga a 15.0 m. de profundidad, considerando pilas de cimentación de diámetro según la tabla.**

Con los resultados del SM-1A complementario (Ubicado a un lado del SM-3 del estudio inicial) del estudio complementario de Mecánica de Suelos.

$q_{adm} = 170.6 \text{ tn/m}^2$  (POR PUNTA, FRICCIÓN NEGATIVA Y ADHERENCIA) PILA DE CIMENTACIÓN.

| DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) | DIÁMETRO DE LA PILA (m) | $Q_{adm}$ (tn) |
|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0.60                    | 69.3           | 1.10                    | 200.2          |
| 0.70                    | 90.2           | 1.20                    | 234.3          |
| 0.80                    | 113.7          | 1.30                    | 271.1          |
| 0.90                    | 139.9          | 1.40                    | 310.6          |
| 1.00                    | 168.7          | 1.50                    | 352.7          |





De acuerdo a los resultados de laboratorio y estratigrafías obtenidas, se recomendó utilizar una cimentación superficial a base de zapatas corridas, para los muros de retención, y una cimentación profunda a base de pilas de concreto reforzado, para la construcción de la subestructura, en los sitios donde se tienen los apoyos de los puentes. El número y diámetro de las pilas dependerá de la capacidad de carga y solicitaciones de la estructura.

Se recomendó desplantar a 15.0 m de profundidad, para la cimentación de las pilas, lado poniente del cauce del río, en el estribo del lado poniente, debe utilizarse una cimentación profunda, mediante pilas de cimentación desplantadas a 15.0 m de profundidad, ya que las descargas son muy grandes y las características superficiales del suelo, no garantizan un comportamiento adecuado para una cimentación superficial, y a 15.0 m, 12.0 m y 6.0 m de profundidad, para la cimentación de las pilas, lado oriente del cauce del río, el estribo del lado oriente del cauce del río se recomendó cimentación superficial a base de zapata corrida a 2.0 m de profundidad.

Para contener el terraplén de los accesos, se recomendó de muros de contención desplantados a una profundidad de  $D_f = 1.20$  m, y se recomienda una capacidad de carga admisible de  $8.0$  tn/m<sup>2</sup>.

### III.3. Aforo vehicular.

El aforo vehicular consiste en contar y clasificar la composición del tráfico, además de su sentido y dirección.



Foto 1: Aforo vehicular en zona de estudio.





Este estudio tuvo como objetivo la determinación del tránsito diario promedio anual (TDPA) actual y el estimado con una tasa de crecimiento del 7 % anual para un periodo de 20 años, a fin de determinar la capacidad de carga del puente de diseño. Con este estudio se determinó un TDPA actual de 82,246 vehículos y un tránsito a 20 años de 297,445 vehículos para un tipo de carga de 9.7 ton (T2-S1).

#### **III.4. Estudio de impacto ambiental.**

Se elaboró la manifestación de impacto ambiental con la finalidad de identificar los posibles impactos ambientales que se pudieran generar con la construcción de la obra y el diseño de las medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación.

Específicamente, para el proyecto que nos ocupa se seleccionaron los siguientes indicadores de impacto, para cada uno de los factores ambientales potencialmente impactados:

- A). Geomorfología.
- B). Atmósfera.
- C). Suelo.
- D). Agua.
- E). Flora.
- F). Fauna.
- G). Paisaje.
- H). Socioeconomía.

Las modificaciones que se han efectuado desde hace un buen tiempo en el área del proyecto derivadas de los cambios de uso de suelo, crea un escenario modificado en su inventario ambiental. La construcción de este paso a desnivel vendrá a reducir en las horas pico la concentración de gases emitidos a la atmósfera.

Considerando que el sitio del proyecto es una vía de comunicación que corresponde a la carretera federal No. 15 México-Morelia-Nogales, una de las más antiguas del país, y encontrándose que la zona del proyecto esta casi totalmente urbanizada, no se encuentran dentro de la superficie destinada al paso a desnivel, especies de flora o fauna nativa del lugar, por lo que estos factores no se ven afectados con la obra.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



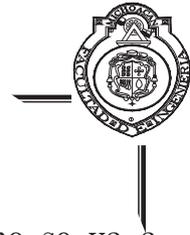
Como ya se mencionó el sitio corresponde a la carretera No. 1, encontrando que el suelo del área del proyecto no sufrirá ninguna afectación adicional derivada de la ejecución de la obra, puesto que el mismo ya se encuentra afectado al haberse perdido la capa superficial o capa fértil del suelo y haberse modificado en general sus propiedades físicas, cuando se construyó la carretera, por lo que se considera que este recurso no sufrirá ya modificación alguna, por lo tanto los materiales edafológicos presentes solo pueden ser apreciados en el bordo del Río Grande y en los pocos terrenos baldíos cercanos.

El diagnostico realizado a la hidrología del área indica que el Río Grande presenta un alto grado de contaminación derivado de las descargas de aguas de origen industrial y doméstico. Encontrando que la construcción del paso a desnivel no incluye afectaciones a los recursos hidrológicos, puesto que no contempla durante su operación la utilización de agua, ni mucho menos la descarga de aguas residuales a sus cauces.

En relación con el paisaje se encontró que el 66 % de los atributos de este han sufrido una afectación, de hecho se trata de un paisaje artificial donde el impacto se ve mínimamente mitigado por los fresnos existentes en los camellones. Con la ejecución de la obra se tendrá una modificación en el paisaje actual.

Finalmente y en cuanto a los factores socioeconómicos, se encontró que el sitio del proyecto se localiza prácticamente dentro de la mancha urbana de la ciudad de Morelia, donde los usos del suelo son: habitacionales, comerciales y de servicio. Donde confluyen algunas vialidades de importancia, la vía del ferrocarril y la Av. Madero Pte., con la agilización de esta vialidad de importancia para la capital michoacana, se verá incrementada la productividad de los que normalmente la utilizan, al reducir los tiempos de traslado con los diferentes puntos de la ciudad.





#### IV. Procedimiento constructivo.

El procedimiento constructivo es una guía que indica como se va a desarrollar una actividad determinada.

Se puede pensar que un procedimiento constructivo es una tarea repetitiva importando solo el tipo de trabajo a realizar "siguiendo una serie de pasos establecidos", sin embargo es imperativo recordar que esto no es así, ya que cada obra requiere de atenciones especiales en cada uno de los trabajos que la integran, esto por que para realizar los trabajos se requiere en gran parte de observar las condiciones que presenta el lugar, tipo de suelo, condiciones del clima, condiciones económicas, políticas, sociales, etc.

Antes de iniciar toda obra debe realizarse una visita al sitio donde se alojara está, para realizar un reconocimiento del lugar, con la finalidad de observar físicamente los servicios con los que se cuenta y los que son ineludibles para su buen funcionamiento, establecer zonas para los diferentes trabajos y ubicación de posibles zonas para material, maquinaria, oficinas de campo, etc.

Otro punto importante de observar es el clima y época del año, ya que de esto depende mucho el avance y los tiempos de trabajo que se pueden estimar para realizar un programa de trabajo tentativo, evitando en todo momento poner en riesgo la seguridad de los trabajadores y de la obra.

Ya que no era posible interrumpir el transito del tren mientras duraba la construcción del paso a desnivel se tuvo que dividir la obra en dos frentes Oriente y Poniente tomando como eje para formar los frentes las vías del tren.

El primer frente que se comenzó a atacar fue el lado Poniente, iniciando la obra con el cierre de la vialidad donde se alojaría la construcción (carriles centrales de la Av. Madero Poniente en el cruce con las vías del tren en Tres puentes), circulando de las vías del tren, los costados bajo los prados laterales a está hasta el semáforo de la Av. Pedregal, esta medida para evitar que al momento de trabajar no fuera posible el acceso de peatones que estuvieran en riesgo por los distintos trabajos. Posterior al cierre comenzó a llegar la maquinaria para la perforación de las pilas, el acero de refuerzo para su posterior habilitado, la bentonita.





#### IV.1. Cimentación.

Se entiende por cimentación a la estructura o parte de la misma que esta destinada a soportar el peso de la construcción que esta sobre ella y a transmitir al terreno en que se encuentra desplantada las cargas que soporta. Toda construcción debe estar soportada por una cimentación apropiada y satisfaciendo las medidas de seguridad.

Los cimientos no se construyen de una manera caprichosa sino que su ancho, profundidad, los materiales que hayan de emplearse y la manera de hacer los cimientos dependen de la carga que deben soportar.

Para elegir el mejor tipo de cimentación es riguroso observar la naturaleza del terreno, el tipo de obra, el nivel freático, plazo de construcción, materiales empleados, los medios disponibles y la parte económica, pero lo más importantes es que realice su función adecuadamente.

Existen diversos tipos de cimentaciones, las cuales podemos dividir en dos grandes ramas:

##### 1) Cimentaciones Superficiales:

Este tipo de cimentación se emplea cuando el terreno firme se encuentra a poca profundidad y en ausencia de agua, además son recomendables para construcciones no muy grandes, como pequeños edificios, casas habitación, etc., y se subdividen en:

- a) Cimiento de mampostería.
- b) Zapatas aisladas.
- c) Zapatas corridas.
- d) Losas de cimentación.

##### 2) Cimentaciones Profundas:

Son utilizadas en los casos en que el terreno resistente se encuentra a profundidades considerables, y por lo tanto es necesario construir una estructura de mayor profundidad que transmita las cargas hasta el estrato resistente, siendo común subdividir las en:

- a) Pilas
- b) Pilotes:
  - i) De contacto o apoyo.
  - ii) Por fricción.





Los principales casos en los que se utilizan las cimentaciones profundas son:

- a).- Cuando los esfuerzos transmitidos por el edificio no pueden ser distribuidos suficientemente a través de una cimentación superficial, y en la solución probable se sobrepasa la capacidad cortante del suelo.
- b).- Cuando el terreno tiende a sufrir grandes variaciones estacionales: hinchamientos y retracciones.
- c).- Cuando los estratos próximos al cimiento pueden provocar asentamientos imprevisibles y a cierta profundidad, caso que ocurre en terrenos de relleno o de baja calidad.
- d).- En edificios sobre el agua.
- e).- Cuando los cimientos están solicitados a tracción; tal como ocurre en edificios altos sometidos a esfuerzos por vientos, o en estructuras que necesitan elementos sometidos a tracción para lograr estabilidad, como estructuras de cables o cualquier estructura anclada al suelo.
- f).- Para resistir cargas inclinadas, como aquellos pilotes que se colocan en los muelles para resistir el impacto de los cascos de barcos durante el ataque.
- g).- Para el recalce de cimientos existentes.

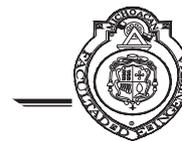
#### **IV.1.1. Tipo de Cimentación.**

Con base al estudio de mecánica de suelos de la zona y sitio de construcción del puente vehicular se eligió la cimentación más favorable para la construcción de dicha obra, resultando que la mejor opción es apoyar la superestructura en pilas coladas in situ, de los ejes 1 al 16 y zapata corrida para el eje 17 y los muros de contención de los accesos oriente y poniente.

#### **A) Pilas**

La cimentación a base de pilas coladas in situ, es un sistema que consiste esencialmente en realizar el armado del acero de refuerzo en el sitio donde se requiere el elemento de cimentación colocándolo mediante una grúa en la perforación para el colado posterior, la perforación se taladra con una maquina perforadora rotatoria con distintos tipos de brocas y botes dependiendo del tipo de estrato que se tiene, principalmente son brocas con punta de diamante para estratos rocosos y botes para sacar los caídos o boleos (piedras chicas).





## **B) Zapata Corrida**

Los cimientos a base de zapatas corridas de concreto armado se utilizan como base de las columnas o muros en las construcciones, cuando las condiciones de carga en las mismas o la resistencia del terreno así lo requieren.

### **IV.1.2. Procedimientos Constructivos.**

#### **A) El procedimiento constructivo para una pilas es:**

- 1) Se procedió a realizar la excavación en el diámetro y a la profundidad fijada en el proyecto, debiendo quedar desplantadas a un metro dentro del estrato resistente, las paredes de la excavación debieron ser estabilizadas con lodo bentonítico.
- 2) Se continuó con el habilitado del acero de refuerzo, mediante la realización de las operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos y colocar las varillas de acero de refuerzo utilizadas para la formación de concreto reforzado.
- 3) Para dejar en posición, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas, debieron apegarse a las consignadas en los planos o las que ordenó el residente. El acero de refuerzo debió ser enderezado en frío en la forma adecuada, previamente a su empleo en las estructuras. Antes de proceder a su colocación, la superficie de las varillas y de los soportes metálicos de estas, debieron limpiarse de óxido, polvo, grasa u otras sustancias, debiendo mantenerse en estas condiciones hasta que se ahogó en concreto.
- 4) En ningún caso se permitió empalmar en una misma sección, más del 50 % de las varillas.
- 5) El acero de las pilas debió ser previamente habilitado y autorizado por el residente, para lo cual debió cumplir con lo estipulado en las Normas para construcción e instalaciones de la SCT.
- 6) Una vez autorizado y colocado el acero de refuerzo se continuó con el suministro del concreto premezclado de una resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup>, adicionado con el aditivo Dispersil 5000 AL, a razón de 200 ml a 500 ml, de acuerdo a recomendación hecha por el laboratorio de control de calidad.
- 7) Para la colocación del concreto se recomendó fuera mediante el empleo de un tubo-embudo adicionado con los accesorios necesarios para evitar la segregación del concreto hidráulico y tener una caída mayor de 1.5 m.





debiendo siempre el extremo inferior estar ahogado en concreto, a fin de conservarlo lleno de revoltura.

- 8) Para el armado de las pilas se utilizó acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

### **B) El procedimiento constructivo para una zapata corrida es:**

- 1) Limpieza del lugar.
- 2) Señalización de la superficie o perímetro de la zapata.
- 3) Fijar o marcar perfectamente los ejes mediante crucetas.
- 4) Excavación siguiendo o guiados por el plano de replanteo hasta la cota que se considere como firme según el estudio de mecánica de suelos.
- 5) Refinado de paredes y del fondo hasta la cota del firme.
- 6) Se vertió el hormigón de regularización.
- 7) La capa de hormigón de regularización fue de 15 cms.
- 8) Se realizó el armado de las estructuras, colocando calzas para asegurar el recubrimiento, mismas que dan la horizontalidad de la estructura.
- 9) Se fijo a la parrilla el arranque del pilar (en su caso).
- 10) Se vertió el concreto, evitando en lo posible hacer juntas del concreto, ya que si por necesidad debe de haber una junta en la zapata por falta de concreto se realizara bajo el nivel del canto de las vigas y será perpendicular a la dirección de esfuerzos horizontales.

### **IV.1.3. Desarrollo de los trabajos.**

#### **IV.1.3.1. Construcción de pilas.**

Durante la construcción de la infraestructura a base de pilas coladas in situ se presento el "problema" de que estratos definidos en el estudio de mecánica de suelos, no concuerdan con la realidad, esto a consecuencia que la obra se realizó sobre un terreno ya modificado con el paso de los años, como consecuencia de la intervención de la mano del hombre, ya que la vialidad sobre la que se aloja dicha obra forma parte de las principales vialidades que comunicaban a la ciudad de México con las provincias desde 1541; lo anterior dio origen a la siguiente problemática:





Al desconocer el tipo de estrato que se perfora para la construcción de las pilas, no se puede prever el mejor método para estabilizar las paredes de la perforación, ya que es de conocimiento general que uno de los principales y más común problema que se presenta, es la presencia de derrumbes, a consecuencia de la presencia del nivel freático y de la extracción del suelo, lo que provoca inestabilidad en la estructura del material que se perfora, por lo cual es común recomendar el uso de la bentonita para complementar el empuje que el suelo extraído produce con el que esta formando las paredes de la perforación y reducir en gran numero los caídos, esté procedimiento funciona siempre y cuando lo que conforman las paredes no sean rocas que forman parte de un pedraplén, ya que si este es el caso lo más recomendable es evitar el uso de la bentonita como estabilizador ya que sería más peligroso no poder ver lo que esta sucediendo a parte de que esta no ayudaría a mantener las rocas en su lugar con el empuje que ejercería sobre la bentonita.

El armado del acero de refuerzo para las pilas (Foto 1) esta hecho con: varillas de 1" de diámetro para el acero longitudinal y ½" de diámetro para los estribos, siendo el mismo tipo de armado en todas las pilas\*.



Foto 1: Habilitado del acero de refuerzo para pilas

\* Ver plano P-6, P-15 anexo

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Foto 2: Acero de refuerzo.



Foto 3: Maniobra de izado y colocación del armado de refuerzo para pilas.





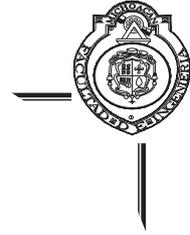
La colocación de los armados para las pilas se realizó con una "grúa" (Foto 3), el armado no debía apoyarse sobre el terreno de la perforación, para lo cual estando el acero dentro de la perforación se mantenía en su lugar sosteniéndolo con vigas I (Foto 4) colocadas entre los anillos de la parte superior del armado, los cuales se colocaban con este propósito, permitiendo que al momento de colar se tuviera el recubrimiento en el lecho inferior.



Foto 4: Acero sostenido en posición con vigas I.

Los casos más representativos en la ejecución de los trabajos durante la construcción de la cimentación fueron en los siguientes elementos:

En la construcción de las pilas y la construcción de las zapatas corridas para cimentar el apoyo del puente en el eje 17 y los muros de contención para los terraplenes de acceso oriente y poniente.



### A) Pila 6A.

Características principales:

- Diámetro de 1.40 m.
- Profundidad de desplante a 15.0 m del NPT\*.

Una vez que la brigada de topografía realizó el trazo del centro de la pila, que corresponde al centrado de la broca de la perforadora se dio inicio a la perforación para la pila, sin ningún contratiempo mientras se irrumpe en las capas de base y sub-base que constituyen la vialidad, pero cuando se alcanzan una profundidad de 1.20 m aproximadamente, se encuentra un pedraplén o capa rompedora de capilaridad, teniendo el inconveniente en un retraso en el avance de la perforación, como consecuencia de tener la necesidad de requerir de la ayuda del personal auxiliar del equipo de perforación, para extraer pequeñas piedras que la propia perforadora no podía extraer.



Foto 1: Derrumbes por inestabilidad en pedraplén o capa rompedora de capilaridad.

\* NPT = Nivel de Piso Terminado.





Al alcanzar una profundidad aproximada de 4 m y comenzar a llegar al nivel freático, las paredes de la perforación sufrieron un reacomodo del material a consecuencia de que este trata de tomar su ángulo natural de reposo, produciéndose un derrumbe en el interior de la perforación (Foto 1), generando una caverna de aproximadamente 2 m, sin embargo, dicha dificultad no generó problemas para continuar la perforación, ya que no se corría el riesgo de inestabilidad del suelo donde se encontraba apoyado el equipo de perforación. Continuando con la perforación se encontró que el espejo del nivel freático esta a 4 m de profundidad del nivel de piso terminado (NPT), siendo mas incierta la perforación bajo esté ya que no era posible ver hasta que profundidad se encontraba la capa rompedora de capilaridad, como consecuencia del desacomodo e inestabilidad, originándose un segundo derrumbe, el cual es mas complicado de deducir y cuantificar ya que en su mayoría fue bajo el nivel freático, en este punto se decidió colocar un ademe fabricado a base de varillas longitudinales de 1" de diámetro y anillos

circulares de 1/2" de diámetro, colocando una malla ciclónica a su alrededor, para evitar que se derrumben las paredes del terreno que se está perforando (Foto 2), sin embargo esta solución no dio resultado ya que al continuar con la perforación continuó el problema de los



Foto 2: Ademe de varillas y malla ciclónica.





derrumbes incluso sobre el ademe y fue necesario sacar tanto el ademe como el bote de la perforadora para evitar que estos quedarán atrapados con los caídos.

Ante el resultado anterior, se procedió a vaciar una mezcla de arena, cemento y agua con una resistencia de 80 a 100 kg/cm<sup>2</sup> (fluido), con un volumen de 40 m<sup>3</sup> de fluido, a tiro directo en la perforación hasta alcanzar el NPT y dejar que fragüe pero sin alcanzar una resistencia alta, para así continuar con la perforación al día siguiente, lo que dio como resultado que se continuara con la perforación sin ningún contratiempo (Foto 3), presentándose un pequeño derrumbe al finalizar los trabajos, lo cual se detectó, al medir la profundidad de esta al terminar y al momento de ir a colocar el acero, constatando que dicha profundidad era menor, por lo que se procedió a extraer el material derrumbado y colocar el acero de refuerzo para su colado inmediato y evitar un derrumbe posterior, con el acero dentro de la perforación.



Foto 3: Perforación en mezcla fluida.

Otros elementos en los cuales se presentaron derrumbes fueron: las pilas 3A, 4A, 5B, 5C, en las cuales al presentarse la insistente problemática de derrumbes (Foto 4) se optó por colocarles concreto simple con resistencias de 80 a 100 kg/cm<sup>2</sup>. Siendo esta la mejor solución para controlar los derrumbes en las perforaciones de las pilas para la cimentación del lado poniente de la obra.





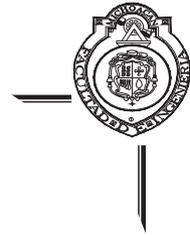
Por lo que la solución más favorable para evitar que se continuaran los derrumbes fue la de utilizar concreto simple de baja resistencia, sin embargo produjo un encarecimiento en el costo de la obra.

En el lado oriente en cuanto a las perforaciones no se presentaron problemas ya que todas se alojaron sobre un estrato compuesto por una arcilla limosa de buena calidad y excelentes características para desarrollar la perforación.



Foto 4: Suministro de fluido en perforación con problema de derrumbes.





## B) Pila 9D.

Características principales:

- Diámetro de 1.40 m.
- Profundidad de desplante de 15 m.

En la construcción de este elemento, lo que ocasiono la inestabilidad en la perforación fue la composición del estrato, la cual era una Arena limosa, en estado suelto y de color café, produciendo derrumbes de poca importancia, incrementándose al alcanzar la perforación el nivel freático, la presencia del agua produjo deslaves en las paredes de la perforación, generando cavernas internas en un principio, y a consecuencia de estas se produjo una ampliación en la perforación desde el NPT, alcanzando está un diámetro aproximado de 2.5 m (Foto 1), dicha dificultad no generó problemas para continuar la perforación, ya que no se corrió el riesgo de inestabilidad del suelo donde se encontraba apoyado el equipo de perforación, sin embargo se continuaron presentando cavernas a consecuencia de la presencia del agua y el avance constante en la perforación, estimando el diámetro de la perforación en algunas secciones mayor a 3.5 m en la parte visible, desconociendo por completo la ampliación ocasionada bajo el espejo del agua, se opto por tratar de contrarrestar esta situación utilizando bentonita (Foto 2), no siendo esta la mejor solución ya que al colocar la mezcla y subir el nivel del agua y el movimiento de la misma producido por la maquinaria ocasionaba mayor inestabilidad y ampliación en las cavernas, debiendo suspender el suministro del lodo bentonítico.



Foto 1: Cavernas por inestabilidad del terreno y presencia del agua freática.





Como consecuencia de esta situación y de la dirección que tomaban las cavernas, se temía que la perforación se conectaran con la 9C por medio de las cavernas ya que esta perforación también presentó pequeñas cavernas, estando la pila 9C de resiente colado, lo cual hubiese ocasionado que el concreto se fugara por alguna caverna. Sin embargo se decidió continuar con la perforación, logrando concluirla, procediendo al colocado del acero de refuerzo (Foto 3) y colado posterior.



Foto 2: Suministro de Bentonita para estabilizar las paredes de la perforación.



Foto 3: Colocación del acero de refuerzo en la perforación.





#### IV.1.3.2. Construcción de zapata corrida.

El eje 17 es el único desplantado sobre una cimentación a base de zapata corrida\*, con dimensiones de 3.0 m de ancho por 13.5 m de largo y 2.0 m de profundidad, para lo cual se realizó una "zanja", se colocó una plantilla de concreto simple sobre la cual se realizó el armado del acero de refuerzo, cimbrado y colado posterior del elemento.



Foto 1: Zanja con plantilla de desplante para cimentación del eje 17.

Se realizó la excavación en zanja con la retroexcavadora de 3.5 m de ancho, 14.0 m de longitud y 2.15 m de profundidad, las dimensiones de la zanja son mayores para facilitar el trabajo y maniobras que realizan los trabajadores, por las características mecánicas del estrato de desplante, no fue necesario realizar un mejoramiento de terreno con material de banco para desplante, realizando únicamente una compactación del terreno natural, procediendo a construir la plantilla de desplante con concreto simple de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y un espesor de 15 cm, el armado del acero de refuerzo es de 5/8" de diámetro separación 20 cm @ en sentido longitudinal y 3/4" de diámetro separación 20 cm @ en sentido transversal (Foto 2), con respecto al eje de las pilas.

\* Ver plano C-17 anexo



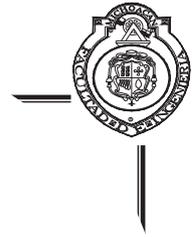


Foto 2: Parrillas de armado de zapata corrida.

El acero de las 4 columnas se desplanto y ligo a la parrilla inferior de la zapata corrida, el armado es igual que el de las demás, de 1" de diámetro el acero longitudinal y  $\frac{1}{2}$ " de diámetro los anillos, las columnas son de 1.20 m de diámetro y 1.25 m de longitud, quedando bajo el NTN (Foto 3).



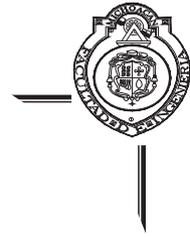


Foto 3: Cimbrado para columnas de eje 17.

El colado de la zapata y las columnas se realizó el mismo día, este se pretendía colar de forma monolítica zapata y columnas, se tomó esta decisión ya que las columnas eran de poca altura, no siendo posible este procedimiento ya que el peso propio del concreto produjo que se “escapara” por la parte inferior de la cimbra de las columnas, por lo que se decidió colar la zapata y darle tiempo al concreto para que comenzara el fraguado inicial (Foto 4), teniendo el fraguado inicial en el concreto de la zapata se procedió a colocar adhesivo de concreto nuevo a concreto endurecido para colocar el concreto de las columnas (Foto 5), el tiempo transcurrido entre el colado de la zapata y el inicio de colado de las columnas no fue mayor a 2 horas, ya que se estaba empleando concreto con acelerante para que alcanzara su resistencia máxima a tres días.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

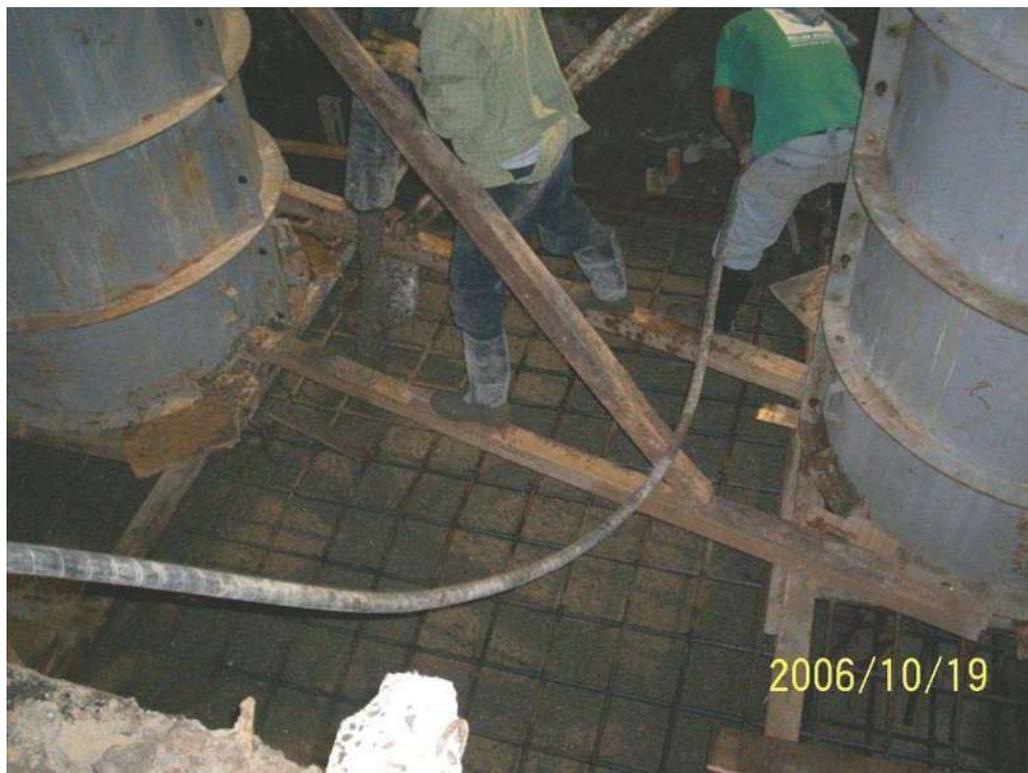
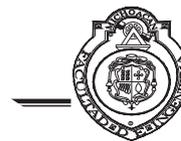


Foto 4: Colado de Zapata corrida, eje 17.

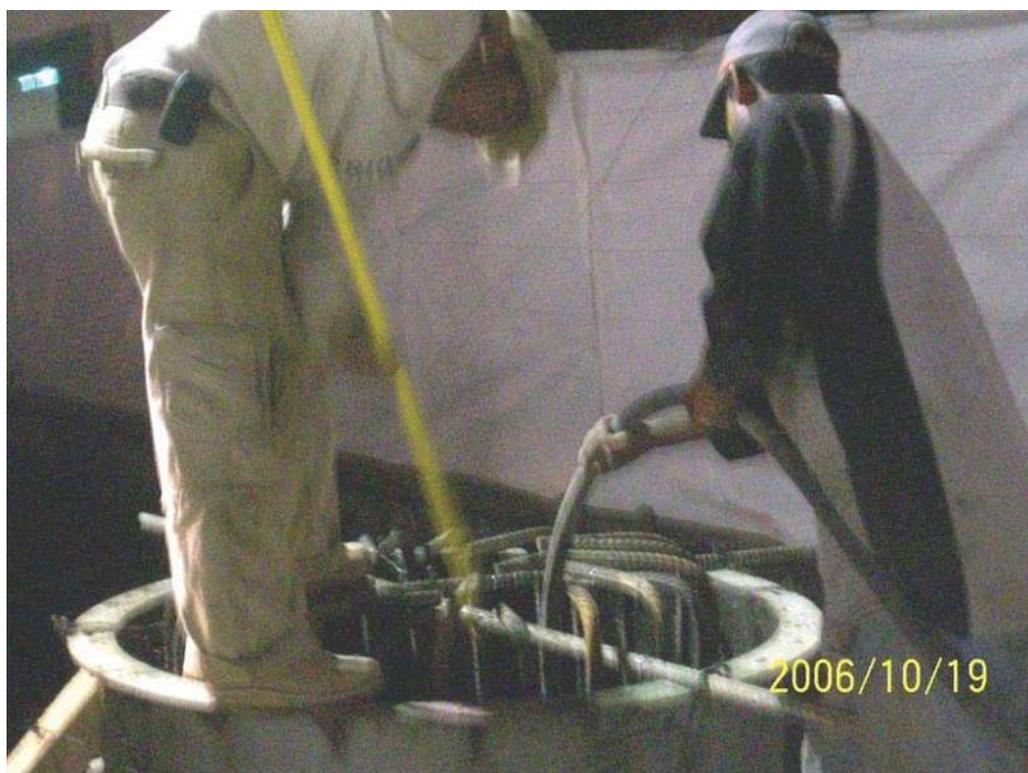


Foto 5: Colado de Columnas, eje 17.





#### IV.2. Superestructura.

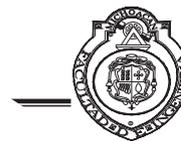
Se compone en esencia de los elementos estructurales que se encuentran sobre el nivel del terreno y/o a la vista, y su función es la de soportar las cargas de servicio de la construcción para transmitir las a la Infraestructura o Cimentación que a su vez las transmite al terreno de desplante.

La superestructura del "PUENTE VEHICULAR" esta integrada principalmente por: columnas, cabezales, diafragmas, losas armadas y coladas en el sitio y traveses prefabricados del tipo pre esforzados fabricados en planta (Foto 1).



Foto 1: Puente vehicular, conjunto de elementos estructurales.





## A) Columnas.

La Columna es un elemento axial sometido a compresión, lo bastante delgado respecto su longitud, para que bajo la acción de una carga gradualmente creciente se rompa por flexión lateral o pandeo ante una carga mucho menor que la necesaria para romperlo por aplastamiento.

Una columna ideal es un elemento homogéneo, perpendicular al eje y sometido a compresión. Sin embargo, suelen tener siempre pequeñas imperfecciones de material y fabricación, así como una inevitable excentricidad accidental en la aplicación de la carga.

Las columnas se suelen dividir en 2 grupos principales, que son columnas largas y columnas cortas, la clasificación en estos grupos esta de acuerdo a su relación longitud/sección y su comportamiento ante los diferentes esfuerzos; en los cuales la columna larga está sometida principalmente al esfuerzo de flexión, mientras que una columna corta soporta fundamentalmente el esfuerzo directo de compresión.

Para cimbrar las columnas se contemplo en un principio un encofrado a base de madera y lamina de acero galvanizado (Foto 2). La cual consistía en tablillas estrechas para que adoptaran una forma circular, montadas en *camones* (Foto 3), que son unas tablas que tienen recortado por una de sus partes un arco de circunferencia, de modo que entre todas ellas completen la sección pedida. Los camones se colocaron en los extremos del molde e intermedios para dar rigidez al encofrado, en el interior se colocó una "lamina" para dar un terminado aparente al elemento (Foto 4).



Foto 2: Construcción de cimbra de madera para colado de columnas.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Foto 3: Tablillas montadas sobre *camones*.



Foto 4: Cimbra de madera, terminada con lámina de acero galvanizado para colado de columnas.





Para la elaboración de las columnas se desechó la utilización de la cimbra a base de madera con lamina de acero galvanizado, ya que se utilizó cimbra deslizante de acero (Foto 5), la cual se consiguió en los diámetros necesarios, el armado está compuesto por varillas de 1" para el acero vertical y anillos de ½" de diámetro.



Foto 5: Cimbra deslizante de acero de 1, 2 y 2.5 m de longitud, diámetro de 1.20 y 1.40 m.





## B) Cabezal, topes, bancos y diafragmas.

Cada eje de columnas, se coronó con un cabezal de concreto armado para recibir las traveses, que en conjunto forman la calzada del puente (Foto 6), la implementación de los topes es para restringir el movimiento lateral a las traveses que se encuentren en los extremos, los bancos es donde se colocan las traveses colocando previamente sobre estos una placa de neopreno para restringir el movimiento horizontal de las mismas, los diafragmas son la liga entre traveses y traveses y se colaron en conjunto con la losa.



Foto 6: Cabezal con topes y bancos para apoyo de traveses.

Los cabezales, topes y bancos fueron colados monolíticamente, ya que es conveniente que se comporten como un elemento único estructuralmente. Se contempla cimbra aparente, suministro y colocación de acero de refuerzo de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  en estructura, colocación de concreto premezclado  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  vaciado con bomba. Colocación de apoyos de neopreno con dureza Shoke 60 de 30X30 cm (Foto 7).





Foto 7: Placas de Neopreno, apoyo de las traves

Para la accesibilidad y facilitar la construcción de estos elementos se utilizaron andamios metálicos o *torretas* (Foto 8), denominados así por comprender alturas entre 2 y 10 m, ya que estos permitían realizar los trabajos con mayor seguridad, comodidad y eficiencia. Están compuestos de elementos de tubo de acero que se ajustan entre sí, permitiendo una instalación rápida y de gran capacidad, adaptación al terreno y facilitan un perfecto arriostramiento.



Foto 8: *Torretas*: elemento auxiliar en la construcción de los cabezales.





### C) Trabes.

Es un elemento horizontal sometido a flexión, a consecuencia de las cargas a las que se encuentra sometida (Foto 9).

Las trabes en cajón usadas en el "PUENTE VEHICULAR" son elementos de concreto pre esforzado con  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , preesfuerzo (K-270)  $f_{sp} = 19000 \text{ kg/cm}^2$  en torones de  $\frac{1}{2}$ " y acero de refuerzo de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Entre las ventajas principales de estos elementos, podemos citar su ligereza dada la eficiencia de la sección y su buena capacidad para resistir las torsiones provocadas por la asimetría en la aplicación de las cargas vivas.

Su colocación se realizó mediante el implemento de una grúa, siendo apoyadas sobre las bases de neopreno que se colocaron en los bancos.



Foto 9: Trabe en cajón tipo T.





#### D) Losas, superficie de rodamiento.

Es el principal elemento que se encarga de la transmisión de las cargas a los demás elementos que componen la estructura, es el que se encuentra en contacto directo con el tránsito vehicular (Foto 10).

Esta construido sobre las traveses en cada claro como elemento independiente.

Se construyeron sobre las traveses, con concreto armado de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  con acelerante a 3 días, realizando el habilitado del acero sobre éstas, colocando la cimbra lateral de la calzada y armado y cimbrado de los diafragmas, formando 1 elemento en cada claro, con juntas de dilatación entre bloque y bloque, permitiendo el comportamiento independiente de cada claro como un elemento.

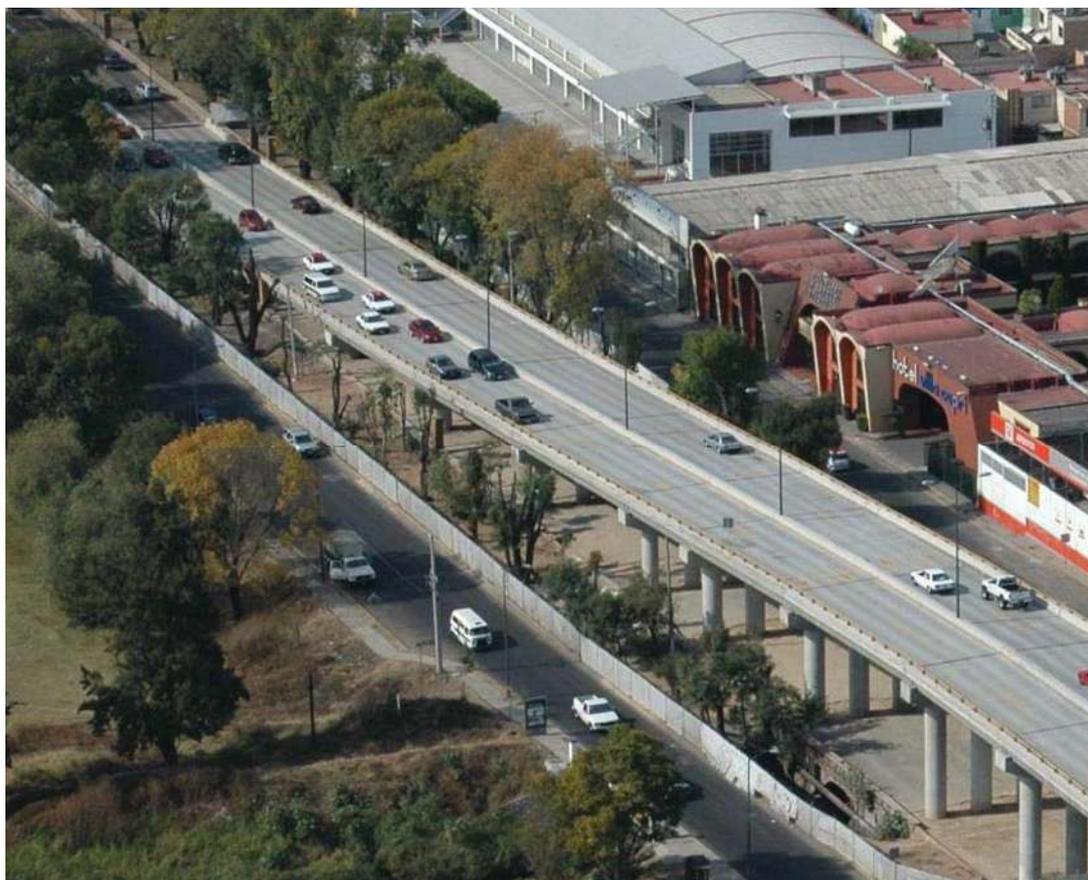
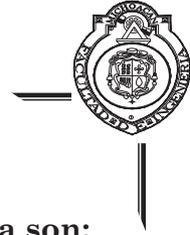


Foto 10: Puente vehicular en operación.





#### IV.2.1. Procedimientos Constructivos.

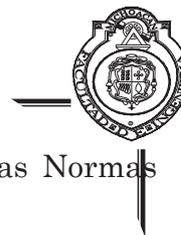
##### A) Los pasos a seguir para la construcción de una columna son:

- 1) Previamente al cimbrado de la columna se recomienda aplicar un martelinado a la pila, con la finalidad de dejar una superficie áspera o con los agregados expuestos.
- 2) Se procederá con el habilitado del acero en la columna apegándose a lo estipulado en las normas de construcción e instalaciones de la SCT.
- 3) Par la colocación de concreto se recomienda sea por medio de bombeo. Dicha operación deberá hacerse con flujo continuo de la revoltura. La primera carga de la bomba deberá ser de mortero cemento-arena, de la misma dosificación relativa fijada para el concreto, en un volumen suficiente para recubrir interiormente la tubería, con el objetivo de facilitar el flujo del concreto.
- 4) El vibrado del concreto deberá hacerse en un tiempo no mayor de 30 minutos después de su vaciado, el acomodo y compactación de la revoltura se harán de manera que llene totalmente los moldes, sin dejar huecos en su masa. Para lo cual se usaran vibradores de inmersión.
- 5) El curado del concreto será mediante una membrana de curado.

##### B) Los pasos a seguir para la construcción de la losa son:

- 1) Se continúa con el habilitado del acero de refuerzo, mediante la realización de las operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos y colocar las varillas de acero de refuerzo utilizadas para la formación de concreto reforzado.
- 2) Para dejar en posición, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas, debe apegarse a las que se consignen en los planos o las que ordene el residente. El acero de refuerzo debe ser enderezado en frío en la forma adecuada, previamente a su empleo en las estructuras. Antes de proceder a su colocación, la superficie de las varillas y de los soportes metálicos de estas, debe limpiarse de oxido, polvo, grasa u otras sustancias, debiendo mantenerse en estas condiciones hasta que sea ahogado en concreto.
- 3) En ningún caso se permite empalmar en una misma sección, más del 50 % de las varillas.
- 4) El acero de las losas debe ser previamente habilitado y autorizado por el





residente, para lo cual debe cumplir con lo estipulado en las Normas para construcción e instalaciones de la SCT.

- 5) Una vez autorizado y colocado el acero de refuerzo se continúa con el suministro del concreto premezclado de una resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup>, adicionado con el aditivo Dispersil 5000 AL, a razón de 200 ml a 500 ml, de acuerdo a recomendación echa por el laboratorio de control de calidad.
- 6) Par la colocación de concreto se recomienda sea por medio de bombeo. Dicha operación deberá hacerse con flujo continuo de la revoltura. La primera carga de la bomba deberá ser de mortero cemento-arena, de la misma dosificación relativa fijada para el concreto, en un volumen suficiente para recubrir interiormente la tubería, con el objetivo de facilitar el flujo del concreto.
- 7) El vibrado del concreto deberá hacerse en un tiempo no mayor de 30 minutos después de su vaciado, el acomodo y compactación de la revoltura se harán de manera que llene totalmente los moldes, sin dejar huecos en su masa. Para lo cual se usara una regla vibratoria dándole un ligero rayado a la terminación.

#### **IV.2.2. Desarrollo de los trabajos.**

##### **IV.2.2.1. Construcción de columnas.**

Una vez concluida la cimentación, la siguiente etapa a desarrollar fue la superestructura, la cual inicio con la construcción de las columnas, las cuales conservaban la sección y el diámetro de las pilas.

Los trabajos iniciales para comenzar a construir estos elementos fue realizarles a las pilas un descabece de 1 m con "martillo hidráulico manual" (Foto 12 y 13), ya que se requería eliminar el concreto contaminado, debiendo abrir una caja con la retroexcavadora para poder ejecutar esta tarea (Foto 11).



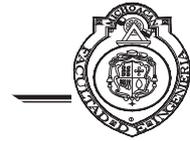


Foto 11: Retroexcavadora abriendo caja.



Foto 12: Descabece de pilas con "martillo hidráulico manual".



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

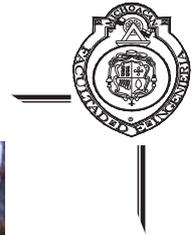


Foto 13: Pilas descabezadas para continuar con la construcción de las columnas.

La verticalidad de estos elementos estaba bajo la constante supervisión de la brigada de topografía, comenzando por centrar el acero de refuerzo y plomo de la cimbra.

La cimbra se ajustaba en su sitio por medio de la ayuda de puntales y los tornillos que unían las dos partes que formaban una sección de columna (Foto 14).



Foto 14: ajuste de cimbra deslizante con tornillos y puntales.





Por procedimiento el armado de refuerzo de las columnas tuvo que realizarse de manera vertical, teniendo las opciones de poder colocar zuncho o estribos, eligiendo emplear estribos, ya que al realizar el armado de forma vertical era más fácil trabajar con estos, facilitando su colocación, el armado es de varillas de 1" de diámetro en acero longitudinal y ½" de diámetro para los anillos, mismos diámetros que se usaron en las pilas. El colado de las columnas se realizó en etapas (Foto 15), colando secciones de 3 m de altura, se empleó un adhesivo de concreto nuevo a concreto endurecido, realizando juntas a distintos niveles, otra ventaja en el colado por secciones es evitar el segregado del concreto, empleando un concreto con acelerante de  $f'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup> y resistencia máxima a 14 días, lo cual proporcionaba que se descimbrara en un plazo de 12 hrs., realizando el curado mediante una membrana de curado.



Foto 15: Colado de columnas por secciones.





Durante el desarrollo de los trabajos se presentaron los siguientes problemas:

En las columnas 11A, 11B y 11C, en las cuales al momento de descimbrarlas se pudo observar que presentaron segregado, en unas pequeñas áreas de la sección colada, utilizando una lechada de cemento para recubrir el material expuesto y dar solución al problema, siendo éste el único caso que se presentó.





#### IV.2.2.2. Construcción de cabezales, topes y bancos.

La construcción de los cabezales se inicio con la colocación de los andamios (Foto 16), los cuales se utilizaron para construir la base sobre la cual se colocó una cimbra horizontal, realizándole a la corona de las columnas un martelinado previo al armado del acero de refuerzo y cimbrado del cabezal, dejando una superficie rugosa en la corona de las columnas para una mejor adherencia del concreto nuevo al concreto endurecido. El armado del acero de refuerzo\* es con varillas de ½” y 1” de diámetro principalmente, al terminar de armar el acero de refuerzo se procedió a colocar la cimbra lateral (Foto 17.), para que la brigada de topografía marcara los niveles a los cuales se colocaron los chaflanes mismos que marcaban el nivel del concreto, realizando un colado monolítico del cabezal, los bancos y los topes sísmicos (Foto 18 y 19).



Foto 16. Construcción de cimbra horizontal.

Adicional al martelinado se aplicó ADHEBAU, el cual es un líquido blanco lácteo formulado con látex sintético que se emplea como adhesivo de concretos nuevo a concreto endurecido, el cual se aplicó en las coronas de las columnas momentos antes de iniciar el colado para evitar que se seque.

El colado de estos elementos se realizó con un concreto hidráulico de  $f'c = 250 \text{ k/cm}^2$ , de Resistencia Máxima a 14 días, revenimiento de 14 cm y colocado con bomba. La cimbra utilizada fue para dejar un acabado aparente.

\* Ver plano P-6, P-15, C-17 anexo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



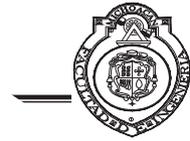
Foto 17. Acero de refuerzo y cimbra lateral en cabezales.



Foto 18. Colocación de concreto hidráulico.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



El colado se realizó en 2 horarios distintos, durante el día y por la noche.

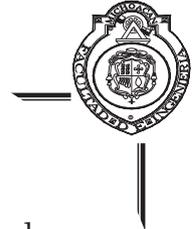
Los colados realizados durante la noche fueron principalmente en los cabezales del lado poniente de la obra, ya que no era posible colocar la bomba dentro de la obra, por lo que se tuvo que situar en una de las laterales de la Av. Madero Poniente (Foto 19), al realizarlos durante el horario nocturno se producía una menor interferencia con el tránsito vehicular, iniciando los colados a las 10:00 p.m. aproximadamente. Para la ejecución de estos trabajos fue necesario colocar iluminación.



Foto 19. Colados durante la noche.

En los ejes que fue posible colocar la bomba en el interior de la obra o evitar interferir con el tráfico vehicular y con espacio para maniobrar con los "trompos", se colaron durante el horario diurno, aprovechando la luz del día (Foto 18).





## A) Cabezal Eje 1.

La construcción de este elemento se desplanta bajo el NPT, por lo que se construyó una base para nivelación y desplante, la cual consistió en una capa de material de banco compactado (foto 20) y posterior a esta una plantillas de concreto hecho en obra (Foto 21), sobre la cual se procedió a realizar el armado de refuerzo del cabezal (Foto 22).



Foto 20. Construcción de plantilla compactada con material de banco.



Foto 21. Plantillad de concreto.





Foto 22. Armado y cimbra del cabezal del eje 1.

Después de concluir con el armado se colocó la cimbra y se procedió a colar el elemento.

Este elemento al igual que el del eje 17 están ligados a los muros de contención, ya que se coló el cabezal del eje 1 sin dejar las preparaciones para la unión con los muros de contención, se tuvo que demoler en ambos extremos una longitud de 1m por el peralte del cabezal para descubrir el acero de refuerzo y poder realizar la unión entre los armados. La ejecución de esta tarea se realizó inmediata al descimbrado del elemento (Foto 23).



Foto 23. Demolición parcial del elemento para liga de muros de contención.





#### IV.2.2.3. Colocación de travesaños.

Ya que se trataba de un elemento prefabricado hecho en planta\* y transportado en "dovelas" al sitio de la obra (Foto 24), el trabajo realizado fue el montaje.



Foto 24. Trabe en equipo de transporte.

Para la ejecución de esta tarea se requirió que la vialidad donde se realizaron las maniobras del montaje permaneciera cerrada al tránsito vehicular, utilizándose los carriles del lado sur de la Av. Madero pte. (Dirección hacia el centro de la ciudad), por lo que esta tarea se realizó durante el horario nocturno, favoreciendo la ausencia de observadores.

Otra necesidad que demandó el desarrollo de esta tarea, fue el tener que podar los árboles de los prados laterales a la ubicación de la obra.

El desarrollo de la tarea consistió en el montaje de los elementos, siendo necesaria la construcción de rampas con material de banco (tepetate) entre los ejes de columnas, sobre el prado sur de la Av. Madero Pte., para situar la grúa que realizó el montaje y evitar daños a los "lomos de burros" (Foto 25).



\* Ver plano TC-01 anexo

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



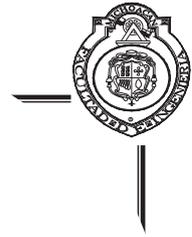
Foto 25: Claros de 7 traves montadas y grúa sobre rampa de material de banco (tepetate).

Para el montaje de las traves se utilizo una "grúa mecánica" (Foto 26).



Foto 26: Grúa mecánica.





### A) Montaje de claro entre ejes 7 y 8.

Características principales:

- 7 traveses de iguales dimensiones.
- Longitud de traveses: 20.03 m.
- Peralte de traveses: 1.15 m

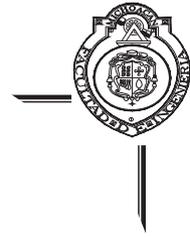
Localizado sobre el río grande de Morelia, para colocar los elementos de este claro se utilizaron dos grúas (Foto 27), situadas una en cada extremo del claro (eje 7 y eje 8), siendo este el único caso en el cual se requirió la utilización de dos grúas.

Por la ubicación del claro y tener que maniobrar dos grúas con movimientos sincronizados fue el primero y el único de los claros en el que se realizó el montaje en el día.



Foto 27. Montaje de traveses sobre el río entre ejes 7 y 8.





## B) Montaje de claro entre ejes 9 y 10.

Características principales:

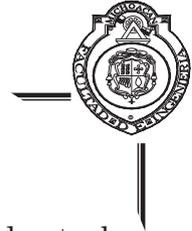
- 7 traveses de iguales dimensiones.
- Longitud de traveses: 20.00 m.
- Peralte de traveses: 1.15 m

La problemática presente en este claro fue que se encuentra ubicado sobre las vías del tren, y para colocar las traveses el requerimiento de la grúa de situarse al centro del claro producía interferencia con el tránsito del tren, debiendo solicitar un permiso a la estación del tren para obtener una ventana en la cual no se corriera el riesgo de la llegada del tren, logrando realizar el montaje con la ayuda de los "operadores de la estación", mediante su indicación en la cual se tenía el lapso mas prolongado de tiempo entre la salida y la llegada de los trenes, concluyendo con la colocación de las traveses sin ninguna interrupción a consecuencia del tráfico del tren (Foto 28).



Foto 28: Montaje de traveses en claro 9-10.





#### IV.2.2.4. Construcción de losas.

Se comenzó esta tarea con el armado del acero de refuerzo sobre las trabes, consistente en dos parrillas, levantadas mediante silletas para dejarlas en su posición (Foto 29), se utilizó concreto hidráulico bombeable, con un espesor promedio de losa de 20 cm, de resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup>, con aditivo "ADMIX TECH FIBRA PMF1116", consistente en una fibra que reduce la contracción plástica, reduce la segregación y minimiza el agua de exudación; distribuido a mano (Foto 30), y su acomodo se realizó mediante la implementación de una regla vibratoria (Foto 31), dándole un acabado de textura rayada con un "peine" (Foto 32), finalizando con la aspersión de una membrana de curado (Foto 33) "CURABAU E ROJO/BLANCO", aplicado mediante la utilización de un aspersor agrícola, el cual evita la pérdida excesiva de agua.



Foto 29. Armado de parrillas sobre trabes.



Foto 30: Distribución de concreto mediante la ayuda de peones.





Foto 31: Regla vibratoria, para acomodo del concreto.



Foto 32: Terminado de superficie de rodamiento, rayada con peine.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Foto 33: Membrana de curado aplicada con aspersor agrícola.

Se utilizó únicamente cimbra perimetral en los laterales de las losas e intermedia entre losa y losa y el cimbrado de los diafragmas (Foto 34 y 35), ya que las traveses fueron la base sobre la cual se colocó el concreto, requiriendo solo en algunos casos colocar tablas pequeñas entre una travesa y otra, ya que estas quedaron unidas una con otra por los patines (Foto 35).



Foto 34: Cimbra perimetral en losas.



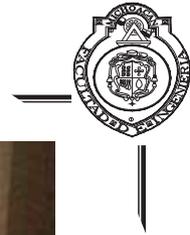


Foto 35: "Tablas" entre patín y patín de traves y cimbra en diafragmas.

El colado de este elemento se realizó dividiendo el claro en dos secciones, carriles del lado norte y carriles del lado sur, realizando una junta constructiva en el centro del camellón o guarnición central (Foto 36), realizando un colado monolítico de la losa y los diafragmas.

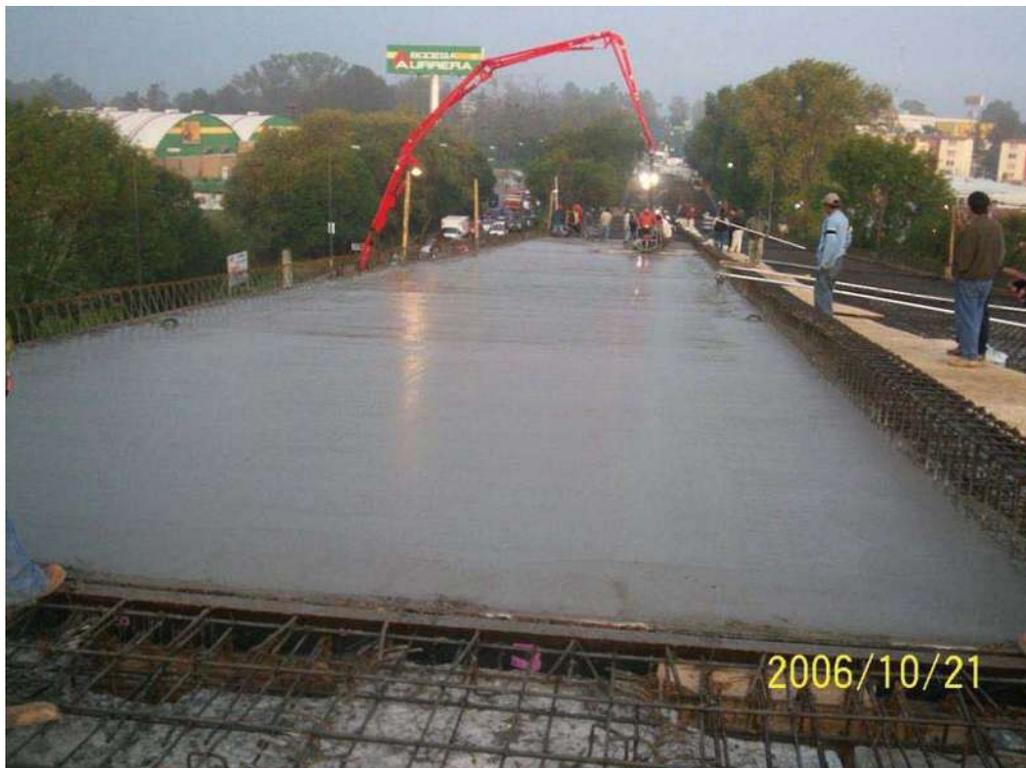


Foto 36: Colado de losas.





Los horarios para los colados fueron por la noche y durante la madrugada, para evitar interferir con el tráfico (Foto 36 y 39).

En cada extremo de las losas se les colocaron juntas de dilatación (peine) (Foto 37), hechas con acero estructural A-36 (ángulo) y varillas de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro a 30 cm @ y placas de 25X25X6.4 mm colocadas a la misma separación que las varillas y una junta de neopreno tipo JCMY-55 entre las juntas de dilatación.



Foto 37: Junta de dilatación o "Peines" en extremos de losas.

El armado del acero de refuerzo\* para las parrillas conserva los diámetros y separaciones en todas las losas, se uso acero de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro separación 30 @ cm en acero transversal y de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro separación 25 cm @ en acero longitudinal. Las losas que difieren en el armado son las de la sección en curva, ya que en estas se colocaron bastones transversales de 3.11 m de longitud y  $\frac{1}{2}$ " de diámetro en la parte interna y de 2.75 m de longitud y  $\frac{1}{2}$ " de diámetro en la parte externa de la curva en la parrilla superior intermedios al acero transversal, y de la misma forma en las losas de transición a la curva tienen bastones transversales de 3.11 m de longitud y  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, estando la parte interna de la curva sobresaliente del patín (alas) de las traveses, siendo necesaria la colocación de andamios para cimbrar el lecho inferior y el lateral de la losa para armar las parrillas de la losa (Foto 38).

\* Ver plano L1-5 22.04, L15-16 16.33, L16-17 20.03 anexo.





Foto 38: cimbrado de la parte interna de la curva.

Toda la losa tiene el mismo peralte promedio (15 a 20 cm. de espesor) ya que la sobre elevación de la curva en la parte externa se tiene desde los cabezales, ya que estos elementos contemplan los desniveles en los bancos donde se apoyaron las traveses y evitar así que la losa sufra un incremento fuerte en el espesor para que se le dieran las características requeridas.



Foto 39: Colado de losa por la noche.





#### IV.3. Estribos.

Los estribos son el elemento de arranque del paso a desnivel en cada uno de sus extremos, están contruidos a base de terraplenes confinados entre muros de contención de concreto hidráulico armado, los muros de contención están desplantados en zapas corridas\*.

Se conoce con el nombre de movimiento de tierras a toda operación que modifica la configuración del terreno para ajustarlo a las necesidades de la construcción, clasificadas en; desmonte, terraplén y excavación. El nivel conseguido con estas operaciones, se llama rasante.

La excavación consiste en abrir una cavidad sobre el horizonte del terreno. Siendo sus clases mas comunes; a cielo abierto y en zanja.

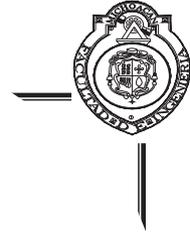
En la construcción de los accesos del puente vehicular, el movimiento de tierras fue una de las principales tareas.



Foto 1: Construcción de estribo lado poniente.

\* Ver plano AC1 anexo.





#### **IV.3.1. Procedimientos Constructivos.**

##### **Pasos a seguir para construcción de los estribos:**

##### **A. Construcción de los muros de contención.**

Este trabajo integra la construcción de una zapata corrida, construcción de los muros y relleno de la zona sobre la zapata.

Para la construcción de la zapata se realizó el mismo procedimiento seguido en la construcción de la zapa para el eje 17\*.

Durante el armado de la zapa se fija el arranque del muro de contención a las parrillas, se continúa con el armado del muro, concluido este se procede a cimbrar para su posterior colado.

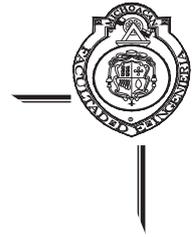
##### **B. Construcción de las terracerías:**

##### **Pasos A Seguir Para Construcción De Terracerías:**

- 1) Se realiza el despalme en un espesor no menor al estrato con materia vegetal, en las zonas donde exista.
- 2) En las áreas de los empates de las rampas con los pavimentos existentes, se abre una excavación en caja en un espesor mínimo para alojar la estructura de pavimento, de acuerdo al proyecto geométrico.
- 3) Posteriormente se continúa con la compactación de la superficie de desplante y descubierta, hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M., A.A.S.H.T.O., estándar, en espesor de 20 centímetros.
- 4) Se continúa con la construcción de una capa rompedora de capilaridad de 30 cm. de espesor compacto.
- 5) En caso de encontrar zonas inestables, se procede a retirar el material saturado, sustituyéndose por filtro en capas no mayores de 30 cm. de espesor compacto.
- 6) En zonas donde se construyan terraplenes, se construyen sobre la capa rompedora de capilaridad, realizándolos en capas no mayores de 30 cm. de espesor compacto, al 95% de su P.V.S.M., A.A.S.H.T.O., estándar.
- 7) Posteriormente se construye una capa de sobrasarte de 30 cm. de espesor compacto, al 100% de su P.V.S.M., A.A.S.H.T.O., estándar.

\* Ver IV.1 CIMENTACIÓN





#### IV.3.2. Desarrollo de los trabajos.

##### IV.3.2.1. Construcción de muros de contención.

La ejecución de la construcción de los accesos oriente y poniente siguieron el mismo procedimiento de construcción.

Se procedió a realizar el trazo de la zapata sobre la calzada (Foto 1), para posteriormente realizar la excavación (Foto 2), la cual consistió en una zanja, en forma de pequeña trinchera, destinada a los cimientos, realizada con la ayuda de la retroexcavadora y afinado de taludes y fondo a mano.



Foto 1: Trazo de la zapata sobre la calzada.



Foto 2: Excavación con la retroexcavadora para alojar la cimentación.

Continuando con la realización de una plantilla de 15 cm de espesor de concreto pobre acomodado a mano, para sobre esta realizar el armado del



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



acero de refuerzo de la zapata y del muro de contención. Concluido el armado de las parillas de la zapata se procedió a cimbrar y colar (Foto 3), para concluir con el armado de los muros de contención, y su posterior cimbrado y colado (Foto 5). A medida que se concluyo con la construcción de los cimientos y los muros de contención se relleno con material de banco (tezontle-tepetate) compactado mediante la implementación de un compactador portátil ("bailarina") sobre estos hasta el nivel de la vialidad (Foto 4).



Foto 3: colado de zapata.



Foto 4: Relleno sobre zapata de muros, compactado con "bailarina".





Los muros de los estribos son de concreto hidráulico acabado aparente con acero de refuerzo\*  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  (Foto 5).



Foto 5: Cimbra y acero de refuerzo en muros.

#### IV.3.2.2. Construcción de terracerías y superficie de rodamiento.

Concluida la elaboración de los muros de contención, se procedió a realizar las terracerías.

Las cuales consisten en terraplenes (Foto 6). Realizados con material de banco "tezontle-tepetate", en proporción 85%-15% compactado en capas de 30 cm. de espesor promedio al 100% de su PVSM, hasta la subrasante.



Foto 6: Extendido de material para formación de terraplenes.

\* Ver plano AC1 anexo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

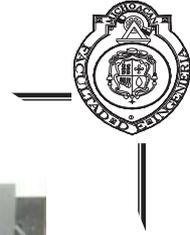


Foto 7: Compactación de material.

El procedimiento para formar los terraplenes consistió en extender una capa de 30 cm de espesor del material, con la humedad óptima, mediante la implementación de una moto conformadora (Foto 6), y su compactación con un compactador con rodillos de acero lisos (Foto 7), compactando los extremos del terraplén, junto a los muros y ménsula, mediante la implementación de un compactador manual ó "bailarinas" (Foto 8).



Foto 8: Compactación de los extremos del terraplén con "bailarinas".



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Para el nivel de rasante se construyó una losa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor (Foto 9), para lo cual se requirió el armado y colocación de parrillas con varillas de 3/8" de diámetro, como complemento de estas se colocaron "pasa juntas" localizados donde se realizó el corte de las losas, para la colocación del concreto se realizaba un riego con agua para humedecer el material sobre el cual se colocó el concreto, la colocación y acomodo del concreto se realizó de la misma manera que en las losas sobre las traveses, utilizando los mismos implementos y aditivos (Foto 10).

Se utilizó concreto hidráulico de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  bombeado y colocado a mano.



Foto 9: Preparación de parrillas y "pasa juntas" para colar losa.



Foto 10: Colado de losas sobre terraplén.





### A) Estribo oriente.

En este caso durante la construcción de las zapatas de los muros de contención, no se requirió la construcción de una base con material de banco para mejorar el terreno de desplante, solo se compacto el estrato encontrado (Foto 11), sobre el cual se construyo la plantilla para desplantar los muros (Foto 12).

Ya que el terreno encontrado consistió en una arcilla inorgánica de color gris verdoso y de consistencia natural dura, de muy buenas características para cimentar.



Foto 11: Zanja para plantilla de desplante de zapata.



Foto 12: Elaboración de plantilla de desplante.





### B) Estribo poniente.

En la construcción de la zapata para desplante de los muros de contención debido al tipo de terreno de la zona, fue requerido construir una base con material de banco compactado para colar la plantilla de desplante (Foto 13).



Foto 13: Construcción de base para plantilla de desplante.

Durante la construcción y estando listo el acero y la cimbra para el colado, se produjo una lluvia, inundando la excavación y evitando el colado del elemento (Foto 14), debiendo bombear el agua, sin embargo después de este contratiempo no se produjo ningún otro.



Foto 14: Extracción del agua en zanja para zapata.





#### IV.4. Obras Complementarias.

Una obra de esta naturaleza tiene implícitas una serie de obras de tipo complementarias para su buen funcionamiento, las cuales se ejecutan durante el transcurso o al concluir con la obra.

##### A). Iluminación:

La instalación eléctrica es de tipo subterráneo (Foto 1), oculta en la guarnición o camellón central, la cual se preparo posterior al colado de las losas, en un costado de la guarnición, el cableado (Foto 2) se realizó posterior al colado de la guarnición.



Foto 1. Instalación Eléctrica oculta en guarnición central.



Foto 2. Cableado para las luminarias.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



La iluminación consiste en lámparas de tipo mercurial colocadas en el camellón central dirigidas en dos brazos hacia cada uno de los carriles principales.

Para la instalación de las luminarias, se dejó la preparación donde se ubicaron los postes, la cual consistió en 4 anclas (Foto 3), ahogadas en el concreto hasta el punto donde se sujetó la base del poste de la luminaria (Foto 2).

La maniobra de colocación de los postes se realizó mediante la ayuda de una retroexcavadora y obreros (Foto 4), la maniobra se realizó atando el poste al brazo mecánico de la retro y levantándolo (Foto 5), con la ayuda de obreros para ponerlo en su sitio y colocar las tuercas (Foto 6) que lo mantienen en su lugar.



Foto 3: Anclas para sostener los postes del alumbrado publico sobre el Puente Vehicular.



Foto 4. Sujeción de poste de alumbrado al brazo mecánico de la retro.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

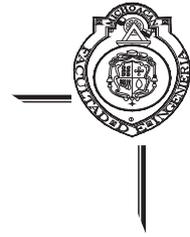


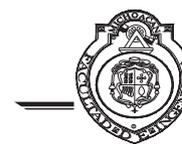
Foto 5. Maniobra de izado y colocación de luminarias.



Foto 6. Sujeción de postes.

Se utilizó un relleno estabilizador, EXPANBAU "NM", es un relleno de expansión controlada y de alta adherencia y resistencia en áreas confinadas, para rellenar el espacio vacío entre la garnición y la base de los postes.





## B). Colectores de agua pluvial:

Toda obra contempla el desalojo de las aguas producto de las precipitaciones pluviales mediante la construcción de un sistema que las recolecte y las conduzca a una descarga final.

El proyecto del colector originalmente consistía en conductos circulares de PVC distribuidos en forma equilibrada a lo largo de la superficie de rodamiento y conducidas mediante tubería tipo columna hacia los colectores de agua pluvial, resultando "imposible" la colocación de estos ya que implicaba una discontinuidad del armado de la losa, porque de acuerdo a los diámetros especificados no fue posible colocarlos en el armado de la losa.

Al no ser factible la construcción del colector de proyecto, se tomó la decisión de dejar un escurrimiento natural sobre la superficie de rodamiento del agua producto de las precipitaciones pluviales, implementando un sistema de recolección al inicio del paso a desnivel en el extremo poniente, consistente en una rejilla pluvial (fotos 1) que recolecta el agua y su conducción mediante el colector pluvial a descargar en la margen del río grande (foto 2).



Foto 1: Rejilla pluvial en extremo poniente del paso a desnivel.

Se realizó una excavación de 1m de profundidad por 1.50 m de ancho por la longitud del puente, el armado del acero de refuerzo se realizó fuera de la perforación siendo colocado por los peones en la perforación (Foto 3), se colocó cimbra interior para acabado aparente y concreto hidráulico de  $f'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup> (Foto 4).



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

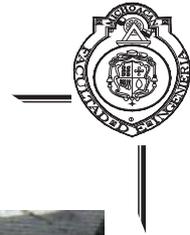


Foto 2: Unión de rejilla pluvial al colector pluvial.



Foto 3: Preparación de zanja y acero de refuerzo para construcción de rejilla pluvial.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Foto 4: Colado de rejilla pluvial.

Se colocó un ángulo (Foto 5) unido al armado en la periferia donde se soldaron vigas I para formar la reja a nivel de la vialidad (Foto 6).



Foto 5. Marco de ángulo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Foto 6. Construcción de reja con vigas I en extremo poniente del paso a desnivel.

En el extremo oriente del paso a desnivel no se construyó ningún sistema de recolección para las aguas pluviales, dejando su encauzamiento a los puntos que se tenían antes de la construcción de esta obra (Foto 7).



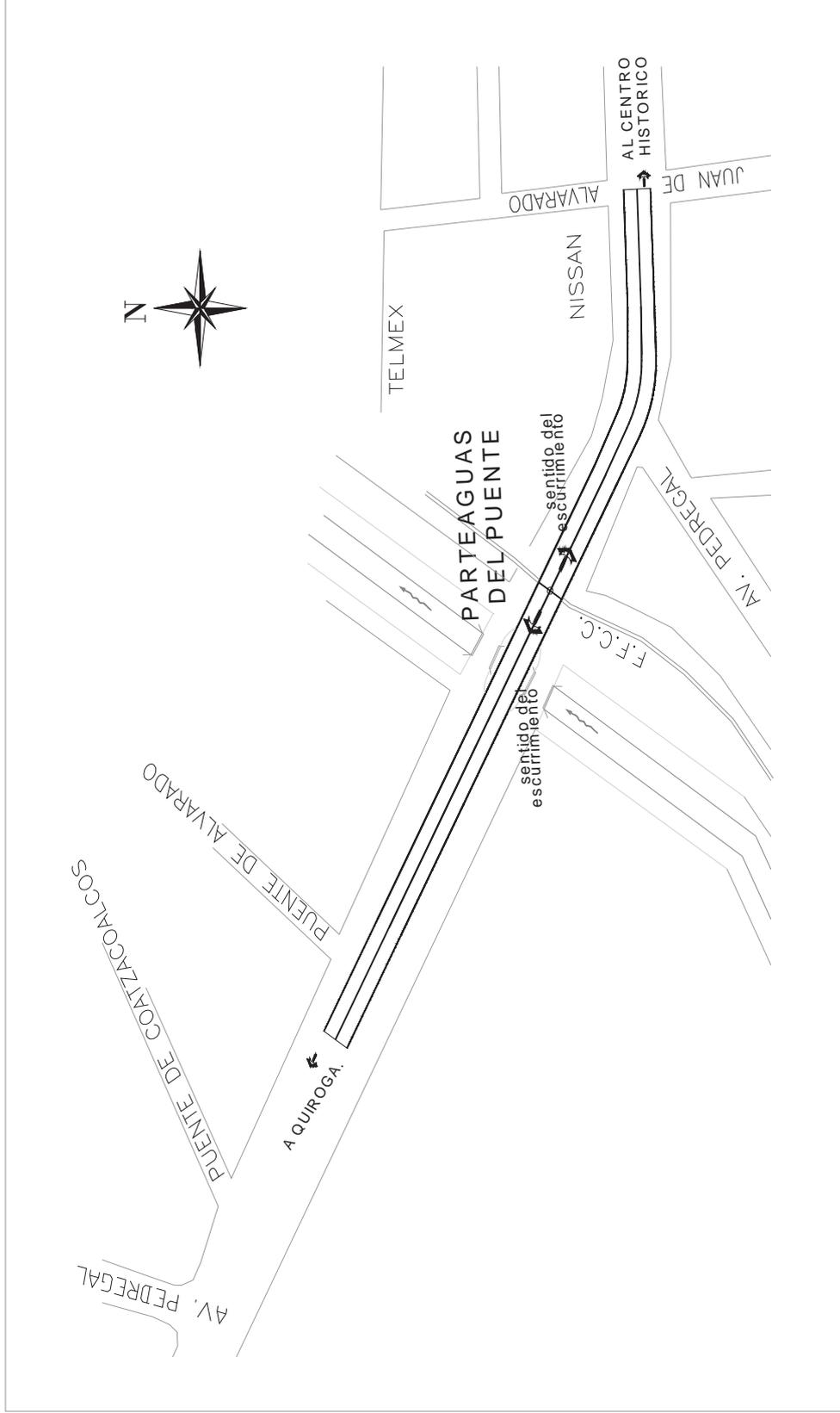
Foto 7: Obras para recolectar el agua pluvial.

El parte aguas del puente se localiza entre los ejes 9 y 10, claro localizado sobre las vías del tren, y en el cual las vigas que lo forman están colocadas de forma horizontal (Croquis 1).





PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



Croquis 1. Indicación del sentido del escurrimiento sobre el paso a desnivel.



José de Jesús Rodríguez Cárdenas



### C). Señalización:

Se ha contemplado en el proyecto todas las señalizaciones necesarias y requeridas para el buen funcionamiento de la obra, mismas que consisten básicamente en Señalización Vertical y Señalización Horizontal, orientaciones e información que deberá respetar el usuario durante el trayecto o uso de esta vía de circulación, debiendo de cumplir con lo establecido en las normas de la SCT, además de los dispositivos de protección y letreros informativos durante la ejecución de la obra.

#### Señalización vertical.

De tipo: informativas y restrictivas e indican señalamiento de alto, velocidad máxima, vuelta izquierda, cruce de ferrocarril, de semáforo, parada de camiones, indicador de obstáculos, curva peligrosa, etc. (Fotos 1 a 5), y se elaborarán de diferentes medidas respetando las especificaciones de la SCT.



Foto 1: Indicación de semáforo.



Foto 2: Indicación de cruce de ferrocarril.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

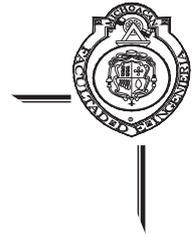


Foto 3: Señal restrictiva de no detenerse.

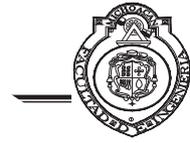


Foto 4: indicación de velocidad máxima.



Foto 5: Señalización en curva.





**Señalización horizontal.**

Son pintadas sobre la superficie de rodamiento con pintura termoplástica, son líneas canalizadoras, rayas para cruce de peatones, flechas direccionales en el centro del carril, pintado de guarnición y parapeto y violetas reflejantes entre guiones y sobre líneas canalizadoras (Fotos 1 a 3), respetando las dimensiones especificadas por la SCT.

| DESCRIPCIÓN  | ESPECIFICACIONES                             |
|--|--|
| Rayas en calles secundarias para cruce de peatones de 30 cm de ancho             | Pintura blanca reflejante                    |
| Raya de parada sencilla de 60 cm de ancho  | Pintura blanca reflejante                    |
| Raya doble continua para carril de transporte público de 15 cm de ancho cada una | Pintura blanca reflejante                    |
| Violetas de 10X10X1.8 cm reflejantes blancas entre guiones                       | De aluminio de 9.5 cm sencillas a cada 7.5 m |
| Violetas de 10X10X1.8 cm reflejantes blancas sobre líneas canalizadoras          | De aluminio de 9.5 cm sencillas a cada 1.0 m |
| Flechas direccionales en el centro del carril                                    | Pintura blanco reflejante                    |
| Pintado de guarniciones  | Pintura amarillo reflejante                  |



Foto 1. Pintado de líneas de carril.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

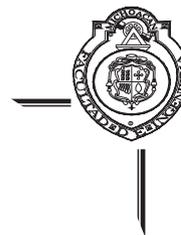
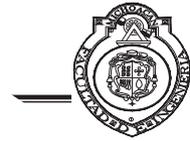


Foto 2: Violeta reflejante entre guiones.



Foto 3: Flechas direccionales en el centro del carril.





#### D).Semaforización:

Con el objeto de dar ordenamiento a la zona y área del proyecto, se han considerado las semaforizaciones necesarias en el mismo (Foto 1), con base a un estudio de tipo vial y de ingeniería de tránsito, dada la importancia de todas las vialidades así como de los desarrollos que existen en el área de influencia como son el caso de centros comerciales, oficinas, etc.

Para ejecución de esta tarea se realizó un corte en el pavimento para alojar el cableado de los semáforos y la construcción de las bases sobre las cuales se colocaron los semáforos (Foto 2).



Foto 1: Semáforos.



Foto 2: Corte en pavimento y preparación para instalar semáforos.

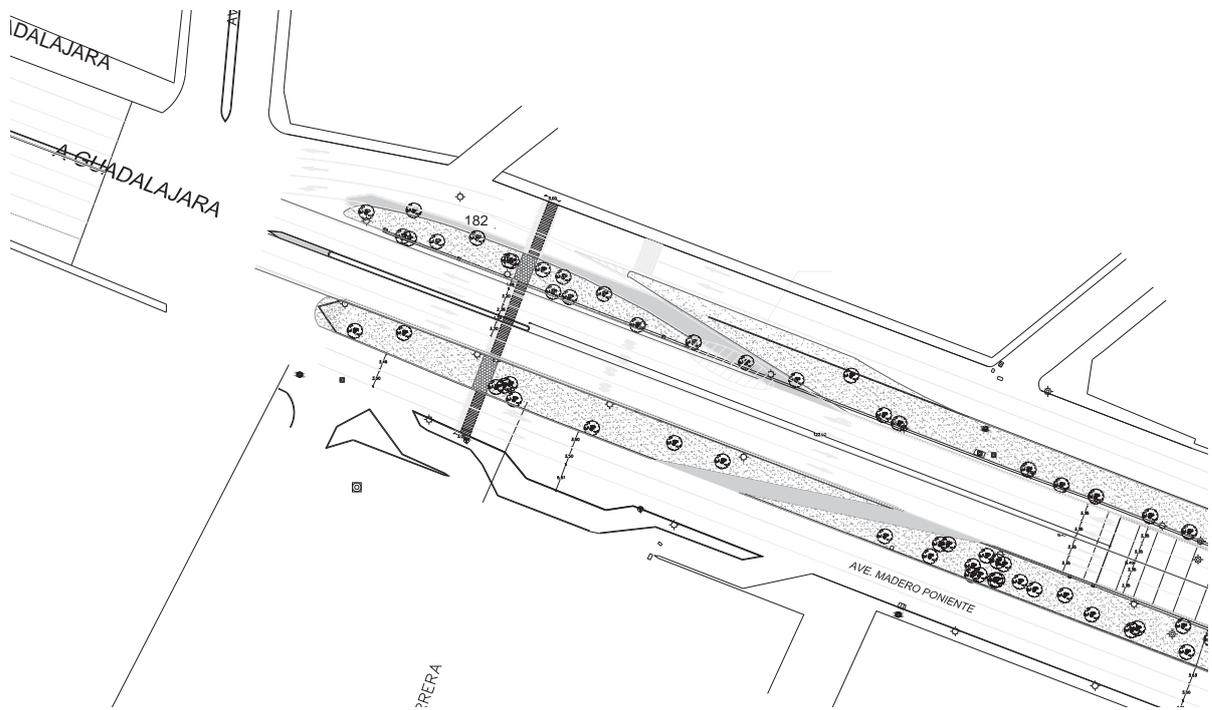




### E). Carriles de desaceleración o de integración a la vialidad principal

Como partes integrales del proyecto se consideraron las correspondientes desviaciones o carriles de integración a la vialidad principal (Croquis 2) realizándose el estudio y análisis de todas las posibilidades de circulación, en todo el tramo de impacto de la obra.

Siendo imposible la construcción de estos por no contar con las longitudes mínimas requeridas en las normas, se dejó la desviación e integración a la vialidad principal solo en los accesos del puente ya sea en el sentido centro-Quiroga o Quiroga-centro.



Croquis 2: Carriles de incorporación y desincorporación al puente FFCC-Madero.





## F). Retiro de elementos de cantera.

En el desarrollo del proyecto del paso a desnivel se contemplaba el retiro de elementos de cantera; "garitones y lomos de burro" con la finalidad de evitar su deterioro, sustrayéndose pieza por pieza identificado y numerado, para su posterior colocación de acuerdo a las normas y especificaciones implementadas por el I.N.A.H.

Ante las solicitudes hechas al I.N.A.H. para que se autorizara ejecutar esta tarea, se obtuvo una negativa de retirar los lomos de burro y los garitones, esto por ser piezas que forman parte del patrimonio cultural de la humanidad, por lo que se tomó la decisión de protegerlos construyendo una protección de madera sobre estos (Foto 1 y 2), para evitar causarles cualquier daño, resultando esta decisión de gran eficiencia ya que los elementos no sufrieron daños por la maquinaria ni por el personal durante la ejecución de los trabajos del Puente Vehicular (Foto 3).



Foto 1: Construcción de protección de madera en "Lomos de Burro".



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

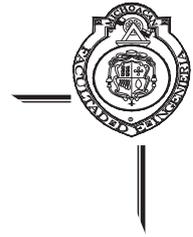


Foto 2: "Lomos de Burro" y "Garitones" con protección de madera.



Foto 3: Elementos de cantera sin daños producidos durante la ejecución de la obra.





### G).Guarniciones y Parapetos.

La guarnición es un elemento que sirve para delimitar los carriles y como protección para evitar descarrilamiento de los vehículos (Foto 1), normalmente son de concreto simple o de elementos prefabricados que se colocan sobre la calzada.



Foto 1: Guarniciones elementos delimitadores de y de protección.

La guarnición construida en el paso a desnivel es de concreto hidráulico armado, el armado de estos elementos se realizo junto con el armado para las losa, al concluir con el colado de las losas se cimbraron y colaron las guarniciones, la guarnición central es de tipo rectangular de 40 cm tanto en la base como en la corona y altura de 40 cm (Foto 2), se colocaron anclas a cada 20.0 m de separación para el alumbrado publico, la sección de las guarniciones laterales es de tipo trapecial\*, en estas se colocaron placas de acero con anclas soldadas a cada 2.0 m de separación para sostener el parapeto, a la parte de las anclas que sobresalía del nivel de colado se le coloco cinta adhesiva para evitar que el concreto se adhiriera.

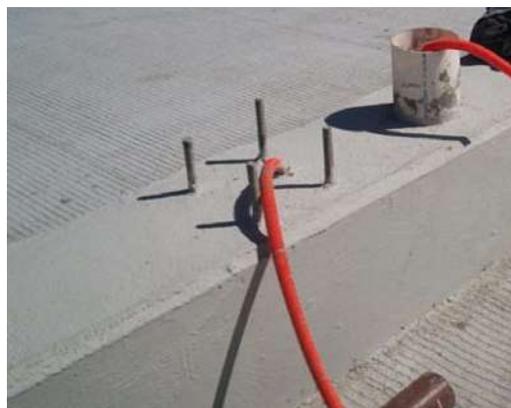


Foto 2: Guarnición central con anclas para luminarias

\*Ver plano P-G anexo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



El acero de refuerzo en las guarniciones\* en sentido vertical es a cada 30 cm @ (Foto 3), la cimbra utilizada fue para dejar un acabado aparente (Foto 4).

El concreto utilizado en el colado de estos elementos fue de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a 28 días y fue colocado a tiro directo del vehiculo de transporte, y vibrado para su acomodo (Foto 5).



Foto 3: Acero de refuerzo vertical en guarnición lateral.



Foto 4: Guarnición lateral con placas para colocar parapeto y cimbra.

\*Ver plano P-G anexo.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

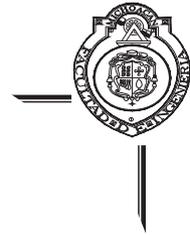


Foto 5: Colado de guarnición lateral a tiro directo.

Posterior al colado se colocó el parapeto, el cual consiste en un tubo montado sobre una especie de pilastras echas de placa de acero, sujetas a las anclas (Foto 6 y 7).



Foto 6: Colocación del parapeto.



Foto 7: Sujeción de parapeto a las anclas con tuercas.





#### H). Ampliaciones laterales.

Para un mejor funcionamiento de la obra se realizaron ampliaciones en los carriles laterales al Puente Vehicular, localizadas sobre la Av. Madero.

El procedimiento constructivo consistió en corte y retiro de concreto hidráulico de las banquetas (Foto 1 y 2), se realizó un mejoramiento de terreno con material de banco 85% - 15% tezontle-tepetate (Foto 3), compactado con bailarina al 100% de su PVSM, colocación de concreto hidráulico de  $f_c$  de 250 kg/cm<sup>2</sup>, con acelerante para alcanzar su resistencia máxima en 12 horas y permitir al tránsito vehicular su utilización.

Estas ampliaciones se realizaron a la par con la construcción del Puente Vehicular, implícitas a las ampliaciones se reconstruyeron las banquetas y guarniciones que resultaron reducidas (Foto 4)



Foto 1: Demolición de concreto hidráulico en banquetas para ampliación lateral.



Foto 2: Retiro de material producto de demolición para ampliación.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"

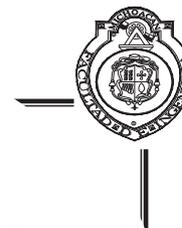


Foto 3: Colocación de concreto en terreno mejorado.



Foto 4: Construcción de guarnición en calle por ampliación en carriles laterales.





## V. Conclusiones.

El desarrollo de una obra esta sujeta a diferentes variables, las cuales influyen directa o indirectamente en su proceso constructivo; como son el terreno, el clima, los materiales de construcción, entre otros.

Por lo tanto los diferentes trabajos que se desarrollan en una obra siguen un procedimiento constructivo dentro de una secuencia establecida, pero cada uno presenta situaciones o problemáticas de ejecución diferentes y de igual forma se deben encontrar las soluciones para cada uno de ellos, en la mayoría de los casos durante la ejecución de la obra y en el preciso momento que estos se presentan, por lo que cada obra nos aporta nuevas experiencias y conocimientos.

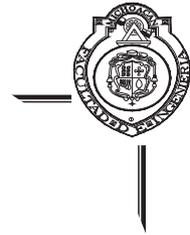
El participar en la construcción del puente vehicular, me aportó experiencia al estar en contacto con la problemática de los trabajos realizados, teniendo la oportunidad de observar durante el desarrollo, los distintos problemas que se presentan durante la ejecución de la obra y las soluciones dadas, que en algunas situaciones se tiene oportunidad de consultar en gabinete y en otras se debe dar solución en el sitio y en el momento.

Una de las experiencias más importantes, en esta obra en particular, fue el estudio de mecánica de suelos ya que este nos presentó una "radiografía" del terreno en que estuvimos trabajando, y de esta forma se pudo ver que el comportamiento y composición del terreno es muy diferente en una corta distancia, lo que ocasionó diferentes situaciones en el proceso constructivo, tan variantes como la misma variación del terreno.

Puedo afirmar que una de las actividades que está presente en todo momento en una obra es la topografía, ya que se requiere de ésta para dar inicio al proyecto ejecutivo y debe estar presente en todos los trabajos durante la construcción.

La construcción del Puente Vehicular, ayuda a dar una solución al problema ocasionado en el cruce de dos de las vialidades de mayor importancia de la ciudad, como son la Av. Madero Poniente y la vía del ferrocarril, sin embargo considero que no lo satisface por completo.





## VI. Bibliografía.

Técnica Constructiva.  
Enciclopedia CEAC del Encargado de Obras.

Curso Básico de Topografía.  
Fernando García Márquez.  
Árbol Editorial.

## Referencias.

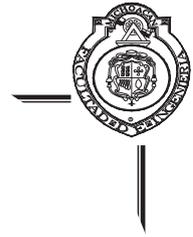
Expediente técnico del paso a desnivel puente vehicular av. madero poniente cruce con f.f.c.c. de la Secretaria de Obras Publicas del H. Ayuntamiento de Morelia.

<http://en.wikipedia.org> (consultado en Agosto del 2007).

[www.quiminet.com.mx](http://www.quiminet.com.mx) (consultado en Noviembre del 2007).



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA  
"PASO A DESNIVEL PUENTE VEHICULAR AVENIDA MADERO  
PONIENTE CRUCE CON F.F.C.C. MORELIA, MICHOACÁN"



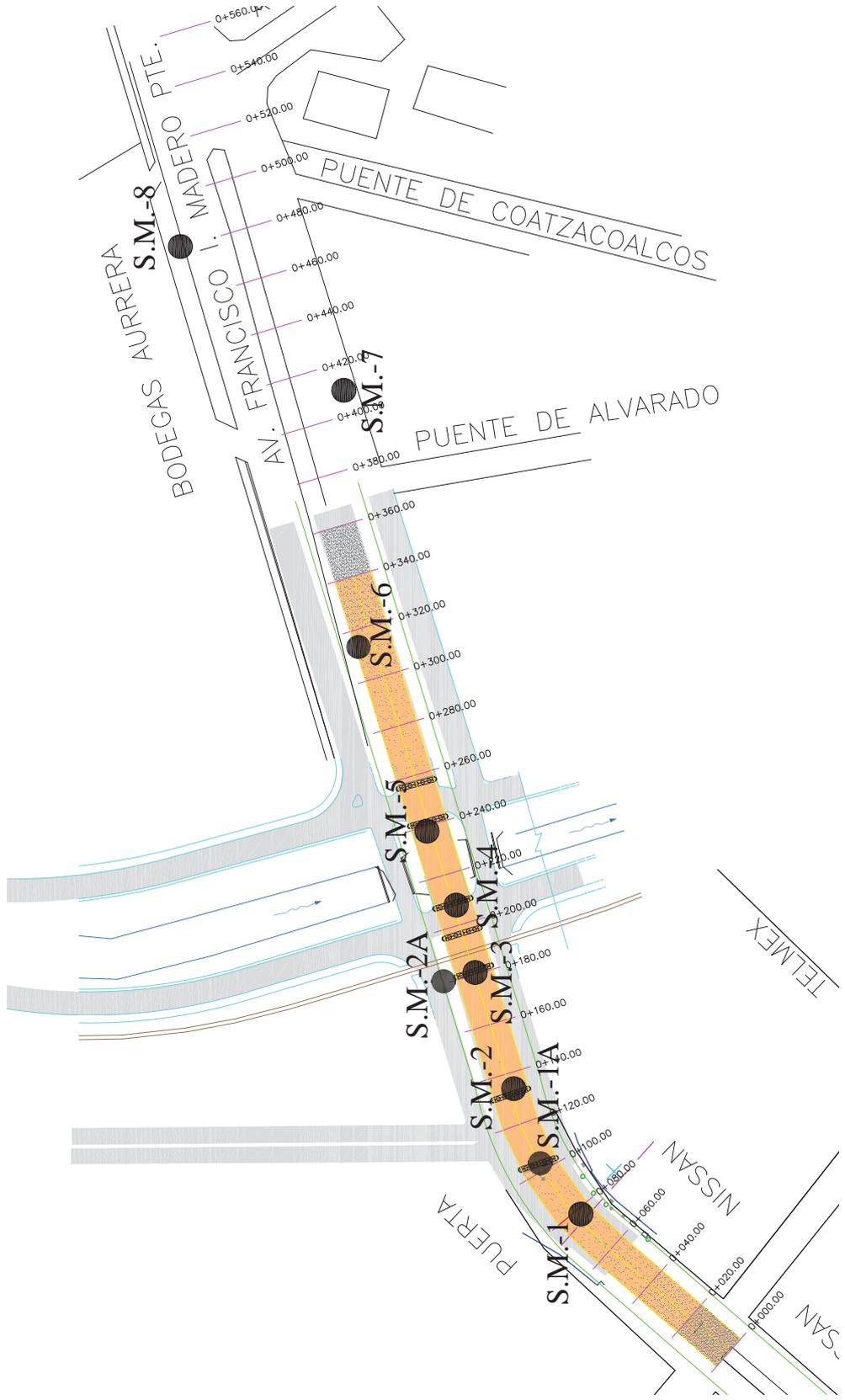
# Anexo de planos







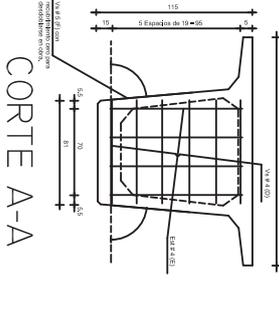
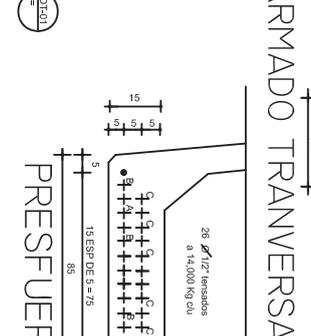
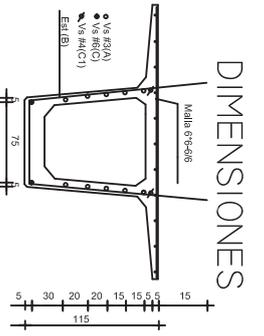
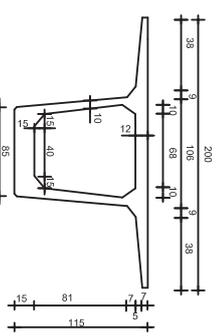
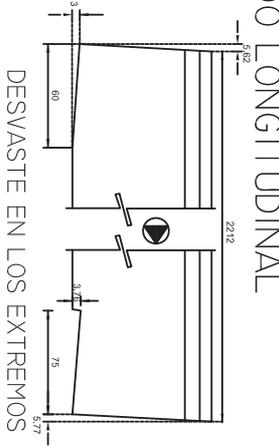
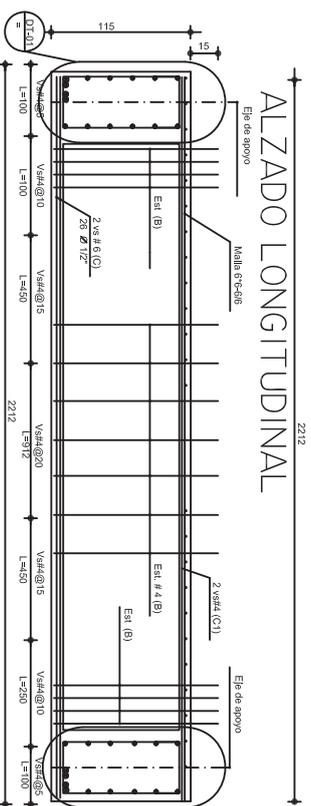
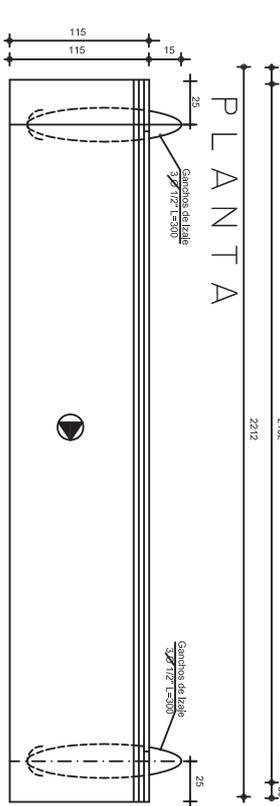
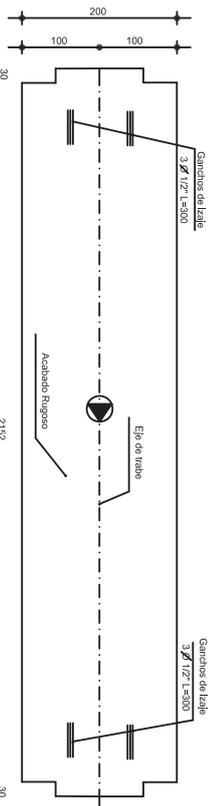
**CROQUIS DE LOCALIZACION DE SONDEOS MIXTOS**











**DIMENSIONES**

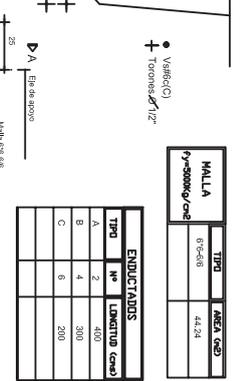
| TABLA DE MATERIALES POR PIEZA           |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| CONCRETO                                |                   | ASA               |
| f <sub>c</sub> = 250                    | kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> |
| 12                                      | 25                | 2212              | 881               | 1292              |                   |                   |                   |                   |                   |
| ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> = 4200 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| TIPO                                    | Ø                 | LONGITUD          | AREA              | LONGITUD          | AREA              | LONGITUD          | AREA              | LONGITUD          | AREA              |
| A                                       | 3c                | 10                | 2206              | 2206              | 2206              | 2206              | 2206              | 2206              | 2206              |
| B                                       | 3c                | 164               | 80                | 130               | 340               | 56440             | 316               |                   |                   |
| C                                       | 6c                | 2                 | 2206              | 2206              | 4412              | 99                |                   |                   |                   |
| D                                       | 4c                | 2                 | 2206              | 2206              | 4412              | 44                |                   |                   |                   |
| E                                       | 4c                | 22                | 90                | 1980              | 80                |                   |                   |                   |                   |
| F                                       | 3c                | 8                 | 40                | 118               | 342               | 274               | 27                |                   |                   |
| TOTAL = 665 kg                          |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

**ALZADO LONGITUDINAL**

**ARMADO TRANSVERSAL**

| ACERO DE REFUERZO | LONGITUD | AREA | LONGITUD | AREA |
|-------------------|----------|------|----------|------|
| 12                | 25       | 2212 | 881      | 1292 |

**PRESFUERZO**



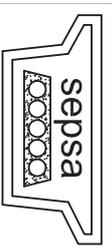
| TIPO | Ø | LONGITUD | AREA |
|------|---|----------|------|
| A    | 2 | 400      |      |
| B    | 4 | 300      |      |
| C    | 6 | 200      |      |

**CORTE A-A**

**DT-01 ARMADO EN ZONA MACIZA**

No. PIEZAS: 7

PARA APROXIMACION  
El cliente asumirá sólo las dimensiones,  
geometría y localización de accesores  
de los elementos. El diseño es responsa-  
bilidad de SEPSA.  
Kimmel  
Freddy

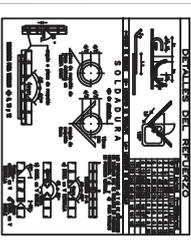


Servicios y Elementos Prestozados, S.A.

www.sepsacv.com.mx

**NOTAS:**

1. Dimensiones en milímetros. Escala 1:20. Verificar.
2. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
3. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
4. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
5. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
6. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
7. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
8. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
9. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
10. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
11. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
12. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
13. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
14. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
15. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.
16. Verificar el tipo de acero de refuerzo y su resistencia.
17. Verificar el tipo de concreto y su resistencia.

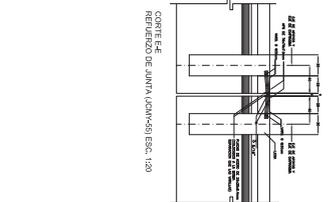
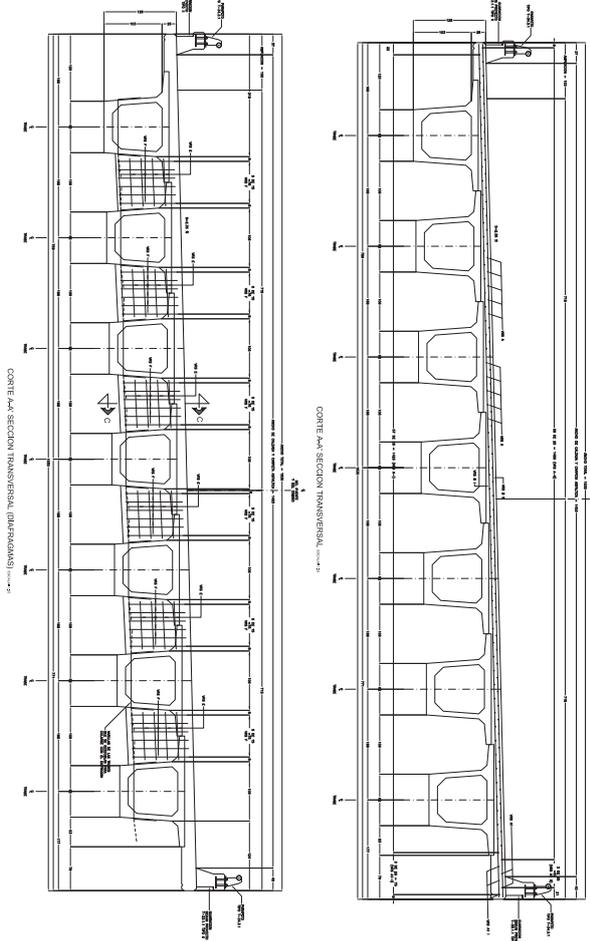
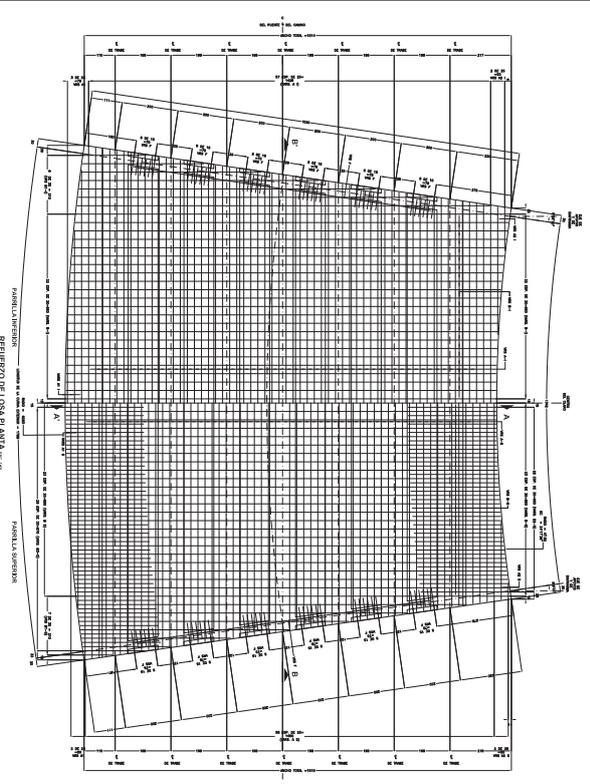
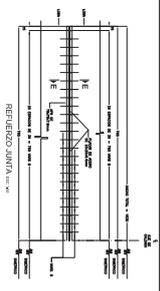
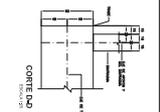
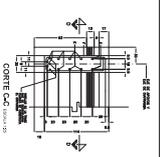
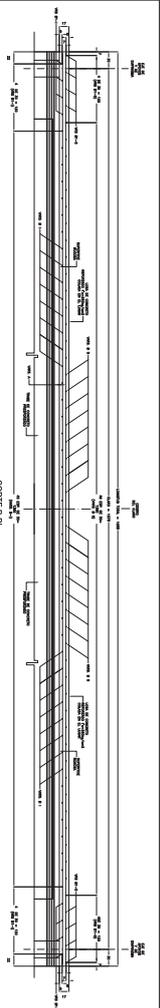


| CLIENTE:     | INDUSTRIAL MEXICANA DE CEMENTO, S.A. DE C.V.                          |
|--------------|---|
| DIRECCION:   | AV. PASEO DE LA REVOLUCION, S/N, PUEBLO NUEVO, CIUDAD DE MEXICO, D.F. |
| DISEÑO:      | INGENIERIA MEXICANA DE CEMENTO, S.A. DE C.V.                          |
| PROYECTO:    | ZONACION  |
| FECHA:       | 0   |
| PROYECTISTA: | ADM   |
| REVISOR:     | ADM   |
| APROBADO:    | ADM   |
| FECHA:       | 0   |
| PROYECTISTA: | ADM   |
| REVISOR:     | ADM   |
| APROBADO:    | ADM   |

CLAVE PL:  
**TC-01**

PLANO:  
TC-200/115 L=22.12m





LISTA DE MATERIALES

| ITEM | DESCRIPCION  | CANTIDAD | UNIDAD |
|------|--------------|----------|--------|
| 1    | ACERO BARRAS | ...      | ...    |
| 2    | ACERO CABLES | ...      | ...    |
| 3    | CONCRETO     | ...      | ...    |
| 4    | ...          | ...      | ...    |
| 5    | ...          | ...      | ...    |
| 6    | ...          | ...      | ...    |
| 7    | ...          | ...      | ...    |
| 8    | ...          | ...      | ...    |
| 9    | ...          | ...      | ...    |
| 10   | ...          | ...      | ...    |
| 11   | ...          | ...      | ...    |
| 12   | ...          | ...      | ...    |
| 13   | ...          | ...      | ...    |
| 14   | ...          | ...      | ...    |
| 15   | ...          | ...      | ...    |
| 16   | ...          | ...      | ...    |
| 17   | ...          | ...      | ...    |
| 18   | ...          | ...      | ...    |
| 19   | ...          | ...      | ...    |
| 20   | ...          | ...      | ...    |
| 21   | ...          | ...      | ...    |
| 22   | ...          | ...      | ...    |
| 23   | ...          | ...      | ...    |
| 24   | ...          | ...      | ...    |
| 25   | ...          | ...      | ...    |
| 26   | ...          | ...      | ...    |
| 27   | ...          | ...      | ...    |
| 28   | ...          | ...      | ...    |
| 29   | ...          | ...      | ...    |
| 30   | ...          | ...      | ...    |
| 31   | ...          | ...      | ...    |
| 32   | ...          | ...      | ...    |
| 33   | ...          | ...      | ...    |
| 34   | ...          | ...      | ...    |
| 35   | ...          | ...      | ...    |
| 36   | ...          | ...      | ...    |
| 37   | ...          | ...      | ...    |
| 38   | ...          | ...      | ...    |
| 39   | ...          | ...      | ...    |
| 40   | ...          | ...      | ...    |
| 41   | ...          | ...      | ...    |
| 42   | ...          | ...      | ...    |
| 43   | ...          | ...      | ...    |
| 44   | ...          | ...      | ...    |
| 45   | ...          | ...      | ...    |
| 46   | ...          | ...      | ...    |
| 47   | ...          | ...      | ...    |
| 48   | ...          | ...      | ...    |
| 49   | ...          | ...      | ...    |
| 50   | ...          | ...      | ...    |

**SISBROCONCRETA DE INFRAESTRUCTURA**

NOTAS:

1. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
2. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
3. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
4. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
5. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
6. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
7. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
8. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
9. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.
10. VERIFICAR QUE EL DISEÑO DE LOS REFORZOS SE HAYA HECHO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS REFORZOS DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.

DETALLES DE REFORZO

REFORZO DE LA LOSA ELEVACION

REFUERZO DE LA LOSA PLANTA

CORTE AA SECCION TRANSVERSAL (DIFERENCIAS)

CORTE AA SECCION TRANSVERSAL

CORTE DE REFUERZO DE JUNTA (COMISI) ESC. 1:20

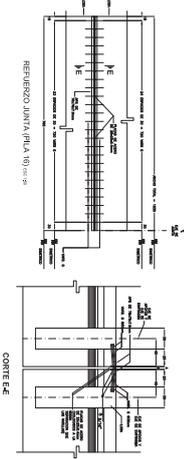
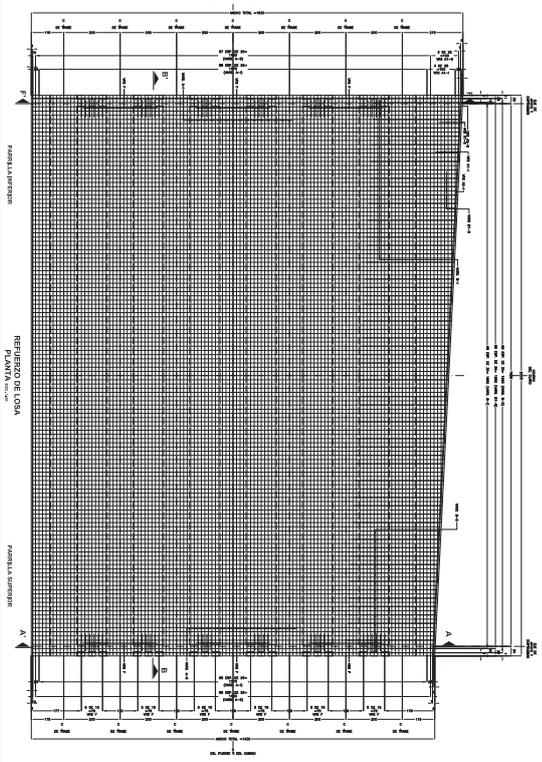
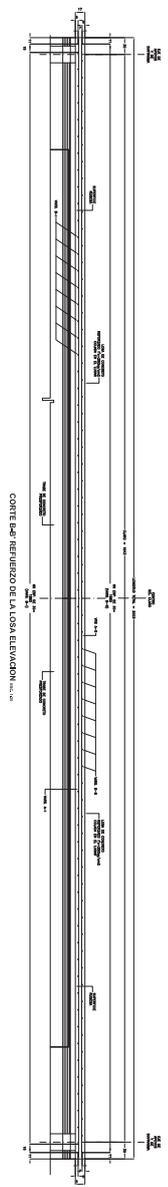
REFUERZO DE LA LOSA ELEVACION

REFUERZO DE LA LOSA PLANTA

CORTE AA SECCION TRANSVERSAL (DIFERENCIAS)

CORTE AA SECCION TRANSVERSAL

CORTE DE REFUERZO DE JUNTA (COMISI) ESC. 1:20



NOTAS

1. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DEL DISEÑO.

2. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA EJECUCION.

3. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA SUPERVISION.

4. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA VERIFICACION.

5. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA EMISION.

6. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA CANCELACION.

7. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA MODIFICACION.

8. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA SUPLENENCIA.

9. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOCACION.

10. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA RESCISION.

11. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA EXTINCION.

12. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA EXPIRACION.

13. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA RESOLUCION.

14. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

15. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

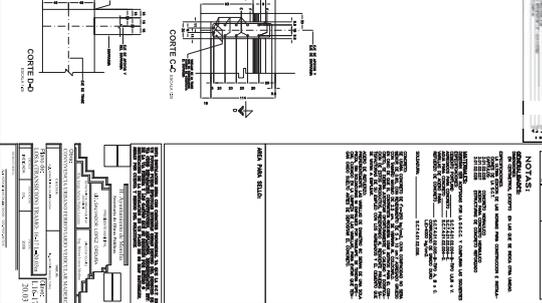
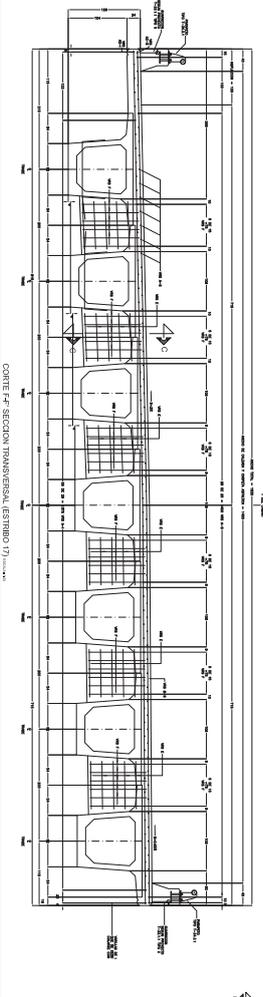
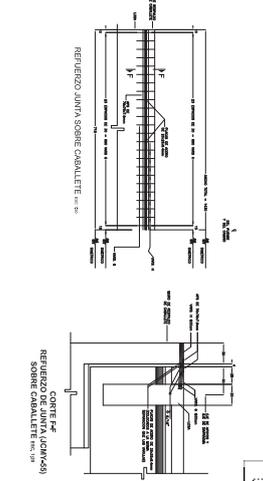
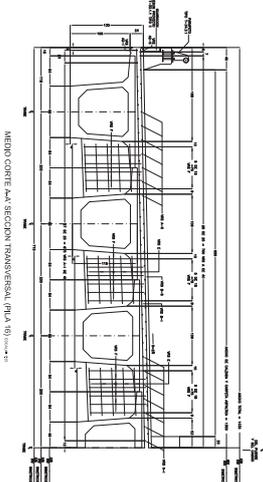
16. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

17. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

18. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

19. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.

20. REVISAR Y APROBADO POR EL INGENIERO RESPONSABLE DE LA REVOLUCION.



INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

PROYECTO: RECONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CARRETERA...

CLIENTE: MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS...

FECHA: 15/05/2018

ESCALA: 1:50

PROYECTISTA: INGENIERO...

REVISOR: INGENIERO...

APROBADO: INGENIERO...

**DETALLES DEL REFUERZO**

| NO. | DESCRIPCIÓN                                 | ESCALA |
|-----|---|--------|
| 1   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 2   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN GABALETE | 1:20   |
| 3   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 4   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 5   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 6   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 7   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 8   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 9   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 10  | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |

**NOTAS:**

1. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
2. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN GABALETE
3. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
4. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
5. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
6. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
7. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
8. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
9. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN
10. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

**RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN:**

1. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

2. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN GABALETE

3. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

4. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

5. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

6. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

7. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

8. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

9. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

10. REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN

**MATERIALES PARA TRANSICIÓN**

| NO. | DESCRIPCIÓN                                 | ESCALA |
|-----|---|--------|
| 1   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 2   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN GABALETE | 1:20   |
| 3   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 4   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 5   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 6   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 7   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 8   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 9   | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |
| 10  | REINFORZO DE LA LOSA DE TRANSICIÓN          | 1:20   |

