



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

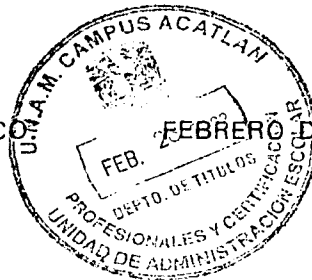
PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO "PUENTE ATOYAC".

MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO CIVIL PRESENTA: DAVID GUZMAN RODRIGUEZ

ASESOR: M. en C. RAUL PINEDA OLMEDO



NAUCALPAN, MEXICO FEB. FEBRERO DEL 2002



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SR. DAVID GUZMÁN RODRÍGUEZ
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud presentada con fecha de 6 de noviembre de 2001, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como Memoria de Desempeño Profesional para su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

PROCESO CONSTRUCTIVO DEL VIADUCTO "PUENTE ATOYAC"

PRÓLOGO

GENERALIDADES

OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE "ATOYAC"

LOCALIZACIÓN DE LA OBRA

PROPUESTA TÉCNICA

1. SUBESTRUCTURA
2. SUPERESTRUCTURA
3. MONTAJE DE TRABES
4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

CONCLUSIONES

BIBLIORAFÍA

ANEXOS

Asimismo fue designado como asesor al M. en C. RAÚL PINEDA OLMEDO, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar del trabajo escrito el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

**ATENTAMENTE .
" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "
Acatlán Edo. de México a 20 de febrero de 2002**

Jefe del Programa

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez



**ENEP-ACATLÁN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERÍA**

DEDICATORIAS.

A mis padres.

Aurelio Guzmán García

Martina Rodríguez Lucio:

Por su apoyo siempre incondicional y por que este logro también es de ellos

A mi tía **Lupe** y a sus hijas:
por su paciencia y por seguir formando junto con nosotros una familia.

A la familia **Cornejo Saráchaga:** por toda la ayuda y apoyo brindado a mis padres y a mi.

A **Luz María:** por lo que significó y significa en mi vida.

A todos los familiares que confiaron y siguen confiando en mi.

A mis amigos, en especial, a **Genaro:** por su amistad y tolerancia.

VIVE TU TIEMPO.

*Date tiempo para trabajar:
es el precio del triunfo.*

*Date tiempo para pensar:
es la fuente del poder.*

*Date tiempo para jugar:
es el secreto de la eterna juventud.*

*Date tiempo para leer:
es el fundamento de la sabiduría.*

*Date tiempo para ser amigo:
es el camino de la felicidad.*

*Date tiempo para soñar:
es atar tu carrera a una estrella.*

*Date tiempo para amar y ser amado:
es el privilegio de los dioses.*

*Date tiempo para mirar alrededor:
el día es muy corto para ser egoísta.*

*Date tiempo para reír:
es la música del alma.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS.

Le doy gracias a DIOS por darme la oportunidad de continuar viviendo y por concederme todo lo que yo no le se pedir.

Al M. en C. Raúl Pineda Olmedo por la aportación hecha al presente trabajo, y sobre todo por brindarme su apoyo y confianza, aún, antes de iniciar el mismo.

Al Ing. J. Manuel Cornejo A. por tener fe en mí para laborar en el proyecto "Atoyac", por su tolerancia, por sus enseñanzas y por la confianza puesta en mi persona.

A los integrantes de Nacional de Puentes y Estructuras por las facilidades prestadas para la ejecución del presente trabajo.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Acatlán", y a su personal por regalarme parte de sus conocimientos, durante mi estancia ahí.

A cada uno de mis sinodales por sus comentarios para mejorar el presente trabajo y por creer en mí.

A todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron para que este trabajo llegase a buen término.

INDICE.

INDICE.	1
PROLOGO.	3
GENERALIDADES.	7
OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE "ATOYAC".	8
LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.	9
PROPUESTA TÉCNICA.	10
1.- SUBESTRUCTURA.	12
1.1.- Generalidades.	12
1.2.- Pilas.	14
1.2.1.- Pilas en los ejes 3, 5 y 6, 8.	14
1.3.- Zapatas.	15
1.3.1.- Zapatas en los ejes 4 y 7.	15
1.4.- Columnas.	17
1.4.1.- Columnas en los ejes 4 y 7.	18
1.4.2.- Cabezales en los ejes 4 y 7.	18
2.- SUPERESTRUCTURA.	21
2.1.- Generalidades.	21
2.2.- Concreto presforzado.	22
2.2.1.- Concreto postensado.	24
2.2.2.- Concreto pretensado.	25
2.3.- Trabes AASHTO tipo cajón.	27
2.4.- Tierra Armada.	28
2.4.1.- Muros de tierra armada en los ejes 1,2 y 9,10.	28
2.4.1.- Cargaderos.	31

3.- MONTAJE DE TRABES.	33
3.1.- Generalidades.	33
3.2.- Montaje de trabes.	37
3.3.- Elementos de elastoméricos.	39
4.- OBRAS COMPLEMENTARIAS.	41
4.1.- Diafragmas.	41
4.2.- Losa.	42
4.2.1.- Juntas de dilatación.	44
4.3.- Construcción de banquetas, guarnición y colocación de parapeto.	45
CONCLUSIONES.	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	52
ANEXOS.	53
1.- Lista de planos.	54
2.- Memoria fotográfica.	62
3.- Pruebas de laboratorio.	72

PROLOGO.

En el devenir histórico de la humanidad, los puentes resultan una expresión universal de civilización y cultura, en este renglón, México hereda una tradición que data de la colonia.

Paulatinamente dentro de la vida nacional, la capacitación constante de ingenieros mexicanos en materia de planeación, diseño y construcción de vías terrestres, conlleva a la perfección de una tecnología cada vez más moderna aplicada a la solución de problemas en la construcción de puentes.

El puente es una estructura que puede ser de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o acero estructural que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, depresión del terreno u otra vía de comunicación.

Los puentes propiamente dicho son estructuras de más de 6 metros de longitud que no llevan colchón de tierra sobre ellos, la estructura de un puente consta de las siguientes partes: la infraestructura que puede ser constituida de pedestales de mampostería o de concreto, pilotes, cilindros de fricción, etc. La subestructura, que está integrada por caballetes o estribos, pilas torres metálicas y, finalmente la superestructura que está formada de diferentes maneras, piso de madera sobre superficie de madera, losas de concreto armado sobre traveses de acero estructural, losas de concreto armado con nervaduras de acero, arcos metálicos, traveses de concreto armado, etc.

Dada la importancia que representan los puentes en el paisaje urbano y rural, se deben concebir considerando integralmente su apariencia y funcionalidad, logrando diseños eficientes para soportar cargas de la manera más estética posible. Estos diseños deben de ir más allá de la excelencia técnica e incorporar conceptos de arquitectura urbana y de medio ambiente. Un puente debe tener una forma estructuralmente expresiva y estética. En él se debe manifestar de manera clara y bien definida la estructura anatómica del mismo evitando detalles innecesarios y buscando siempre que la estructura tenga apariencia agradable e inspire confiabilidad y estabilidad.

En algunos sitios se deben considerar factores locales históricos, arqueológicos y de costumbres, siempre en busca de la integración armoniosa del puente con su entorno.

El puente debe ser visto como un todo. Todos los elementos que lo forman como la superestructura y subestructura, los espacios abiertos dentro y cerca de la estructura, accesos, iluminación, señalización, drenajes, banquetas y parapetos deben complementarse armoniosamente.

Es conveniente clasificar los puentes para delimitar los alcances de los sistemas constructivos y de los criterios y herramientas de análisis y diseño. Los puentes se distinguen por su tamaño, tipo estructural, importancia, resistencia lateral y geometría.

Tamaño.

En función de la longitud del claro, L , los puentes se pueden clasificar de la siguiente manera.

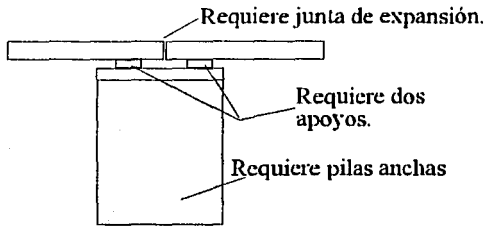
Clasificación	Claro
Alcantarillas	$L \leq 6 \text{ m}$
Puentes de claro medio	$6 \text{ m} < L \leq 60 \text{ m}$
Puentes de grandes claros	$L > 60 \text{ m}$

A los puentes de grandes claros se les suele considerar o llamar también viaductos.

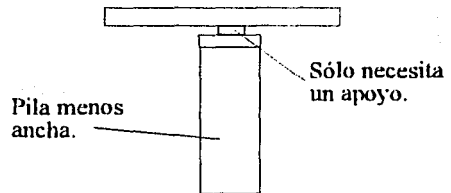
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tipo estructural.

De acuerdo a su comportamiento estático los puentes se pueden clasificar como simplemente apoyados y continuos. Los segundos incluyen puentes de claros medios, con continuidad solamente en la superestructura; puentes colgantes, atirantados y empujados.

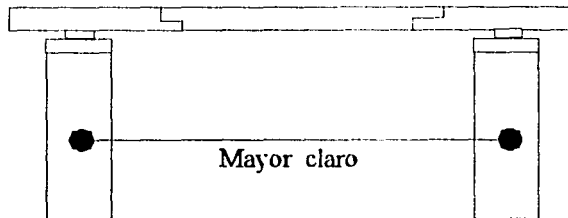


PUENTES SIMPLEMENTE APOYADOS.



PUENTES CONTINUOS.

Una combinación eficiente de ambos tipos de estructuración es la solución tipo Gerber. Este es un sistema adecuado para usar elementos pretensados en esa viga central y otros con las mismas características, ya sean también pretensados, reforzados o postensados colados en sitio, formando el voladizo o cantiliver.



PUENTES TIPO GERBER.

De acuerdo a su importancia.

En México, prácticamente todos deberían ser considerados importantes, a menos que se trate de accesos a zonas residenciales privadas o de caminos temporales, en cuyo caso el puente se podrá considerar secundario. Para que un puente pueda considerarse secundario deberá, además, ser de un solo claro no mayor que 20 m, con no más de dos carriles de circulación y se garantice que el tránsito vehicular, que circule por el puente durante por lo menos los siguientes 30 años será de poca intensidad y de vehículos ligeros. En todos los casos, será responsabilidad individual seleccionar la categoría de importancia a la que corresponde el puente.

De acuerdo con su geometría.

Los puentes según su geometría deberán clasificarse en regulares e irregulares. Un puente irregular será aquel que cumpla al menos una de las siguientes características:

- Los puentes en línea recta con apoyos esviados que formen ángulos mayores que 25 grados con respecto al eje transversal del camino.
- Puentes curvos que subtiendan un ángulo de un estribo a otro, o al final del puente, mayor que 25 grados, medido desde el eje principal del camino.
- Existen cambios abruptos en rigidez lateral o en masa a lo largo de su longitud. Los cambios en estas propiedades que excedan 25 por ciento de apoyo a apoyo, excluyendo estribos, deberán ser considerados abruptos.

GENERALIDADES.

En el contexto del Sistema Estatal de Planeación Democrática, en el Plan Estatal de Desarrollo 1993-1999, el Gobierno del Estado contempló acorde con las acciones instrumentales del Ejecutivo Federal la construcción de vías de comunicación.

Así la construcción del puente “ Atoyac ”, tiene como finalidad beneficiar a la comunidad como vía de comunicación. El cual no debe examinarse desde el punto de vista limitado de una estructura de concreto y acero, sino como una parte del desarrollo social de la ciudad de Puebla. Vinculado a “ El Programa de Desarrollo Regional Angelopolis ” el cual no está ejecutado al 100 % en este momento.

La construcción de este puente constituye parte de una red de circuitos entrelazados en la ciudad de Puebla, como parte de una mejor y eficiente vialidad de la parte poniente de la ciudad. La realización de este complejo vial, del cual forma parte este puente, debe considerarse de interés estatal, ya que el desarrollo socioeconómico del estado de Puebla, tiene como destacado elemento de sustento la infraestructura del transporte, en lo particular sus vías de comunicación.

En este sentido se prevén importantes inversiones en esta parte de la ciudad, que a su vez generarán empleos, contribuyendo al desarrollo de la ciudad. Es importante destacar que este puente unirá la carretera Atlixcayotl con la avenida 11 sur, lo cual permitirá que el circuito cuente con mayor fluidez vial en este punto.

OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE ATOYAC.

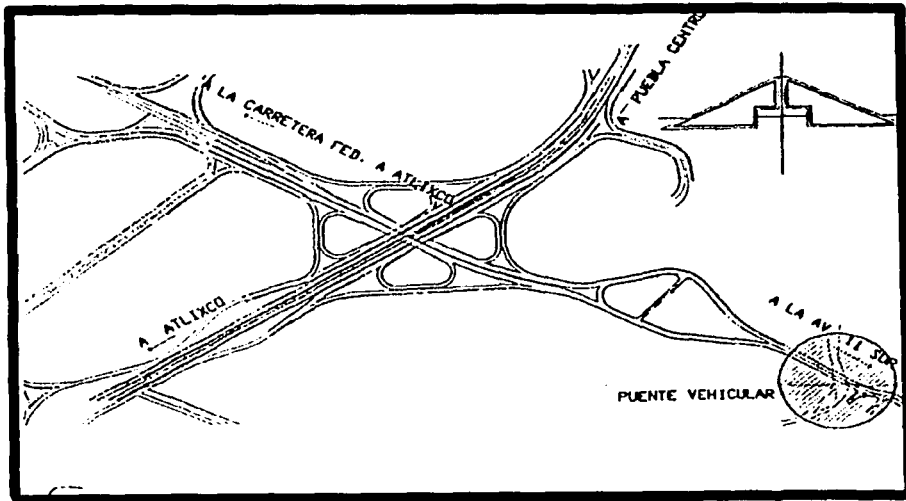
En la ciudad de Puebla se presenta como proyecto indispensable la ejecución del puente " Atoyac ", ubicado en el tramo 9 debido a la insuficiencia de vialidades, teniendo como objetivos salvar el río Atoyac y unir la carretera Atlixcayotl con la avenida 11 sur.

De la situación económica y social por la que atraviesa el país, y por ende el Estado de Puebla, surge la necesidad de la creación de empleos y la reactivación económica de los municipios y localidades de la entidad, así como el mejoramiento de los niveles de bienestar de la población y la modernización de la ciudad de Puebla. Ante esto el H. Ayuntamiento de la ciudad de Puebla, con ayuda del gobierno del Estado de Puebla consiente de la insuficiencia de las vialidades y con la firme convicción de abatir estos rezagos de vialidad considero necesaria la construcción de dicho tramo. El cual, además del desarrollo económico-social que coadyuvará a la rehabilitación económica, brindará al municipio de Puebla la oportunidad de revitalizar su actividad comercial y social, ayudando a la integración firme y decidida del municipio en el Estado, incluyendo a aquellas colonias del poniente del municipio que estuvieron durante muchos años al margen del desarrollo social del mismo.

La construcción de este puente surge de la necesidad de librar una depresión hidrológica del terreno llamada río Atoyac y así poder continuar con la construcción del tramo 9-10 Carretera Atlixcayotl- avenida 11 sur con un claro de 95.62 m de largo y 17.00 m de calzada

LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.

El puente referido se encuentra localizado en el poniente de la ciudad de Puebla. Entre las colonias bosques de Atoyac y Concepción Mayorazgo, se localiza el río Atoyac sobre terreno abrupto sobre el cual se desplanta el "*Puente Atoyac*". Con una longitud de 95.62 m, 17.00 m de calzada y 13.00 m de altura desde la base de la zapata hasta la rasante del camino, en el cadenamiento 30+100 de río Atoyac y Avenida Niño Poblano.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

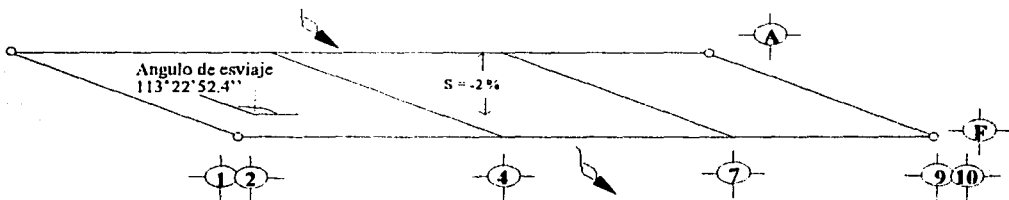
PROPUESTA TÉCNICA.

Previo acuerdo del H. Ayuntamiento de Puebla con el gobierno del Estado de Puebla, tanto el Puente en cuestión como la Avenida Niño Poblano-Atoyac, se construyeron en dos etapas, cada una constituye el cuerpo del proyecto. Cada etapa está separada por una sección de concreto en el puente y en la avenida por una sección asfáltica.

La avenida propuesta es del tipo A 4, conforme especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S. C. T.) lo que permite aseverar el cumplimiento del factor multi atributo que conlleva menor costo al usuario, así como su seguridad y comodidad proporcionada por el diseño geométrico-estructural requerido con radios de curvatura, pendientes y anchos de carril.

Los acotamientos con dimensiones apropiadas a los vehículos tanto como superficie de rodamiento en despistes, entronque y retornos a desnivel, puentes y drenaje apropiado a la vía y el terreno, estructura del pavimento con relación a carga y velocidades máximas según el reglamento actual. Se seleccionó como cuerpo para la primera etapa el del lado derecho en el sentido del camino.

Todo puente debe cumplir especificaciones geométricas de pendientes, peraltes, entre otros, de acuerdo al tránsito que circulará sobre y debajo de ellos. En este caso una característica geométrica de importancia del puente en cuestión es que fue construido con un esviaje de $113^{\circ}22'52.4''$.



Esquema del puente "ATOYAC"

Por lo antes mencionado, el puente "Atoyac" se consideraría como un viaducto de forma irregular; y estructuralmente se encuentra dentro de los denominados simplemente apoyados.

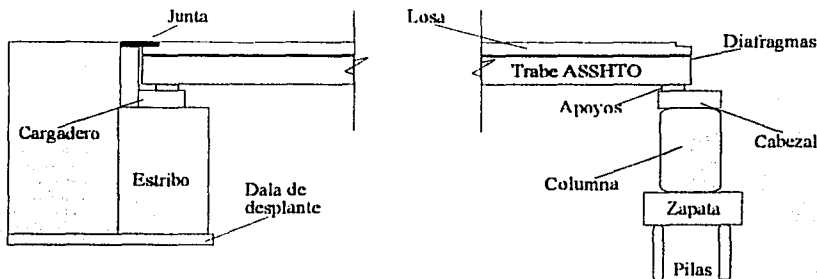
El objetivo principal de la realización del presente trabajo, es el dejar constancia de la capacidad de los ingenieros civiles mexicanos en la construcción de puentes, también constituye un compendio de la experiencia adquirida en la ejecución del mismo.

1. SUBESTRUCTURA.

1.1 GENERALIDADES.

Estructura.

Los puentes, son estructuras de más de seis metros de largo y que no llevan colchón de tierra sobre ellos. La estructura de un puente está formada por la infraestructura, subestructura y superestructura.



ESQUEMA DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN LA ESTRUCTURA DEL PUENTE.

Infraestructura.

Dala de desplante (incluida en muros tierra armada).

Pilas (incluidas en subestructura).

Subestructura.

Zapatas.

Columnas.

Cabezales.

Estribos (incluidos en la superestructura).

Cargaderos (incluidos en la superestructura).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Superestructura.

Trabes.

Losa (incluida en obras complementarias).

Subestructura.

La subestructura está formada por todos los elementos que requiere la superestructura para sustentarse, como son apoyos, columnas, pilas, estribos y cabezales. La subestructura puede ser de caballetes de madera, caballete de concreto armado, pilas y estribos de concreto ciclópeo o simple y pilas, estribos de concreto armado, etc. Su función es la de transmitir eficientemente las cargas de la superestructura a la cimentación.

La subestructura del puente “ Atoyac ”, está formada por 8 columnas de concreto armado en los ejes 4 y 7 respectivamente con alturas de 8.46 m. En los mismos ejes tenemos las zapatas de cimentación de concreto, armado las cuales están puestas en pilas de cimentación. Las cuales se construyeron 16 pilas 4 en cada eje los cuales son 3, 5, 6 y 8 con diferentes profundidades conforme al estudio de mecánica de suelos hasta encontrar estratos firmes, las profundidades varían de 7.50 a 10.40 m.

En los ejes 1,2 y 9,10, los estribos de concreto armado tienen una profundidad de 5.32 y 7.98 m, desplantándose en un relleno heterogéneo conformado por arena limosa y arena arcillosa en el eje 1 y 2. Contando en el eje 9 y 10, arcilla limo arenosa de alta plasticidad, colores café claro y café grisáceo, de consistencia muy dura presentando gravas aisladas de hasta $\frac{3}{8}$ ". A estos caballetes se les hizo un análisis de capacidad de carga admisible, el cual se determinó por medio de un análisis límite, considerando mecanismos de falla compatibles con el perfil del suelo, la capacidad varía entre 20 T/m² bajo la acción de cargas estáticas y de 23 T/m² para la acción combinada de cargas estáticas y sísmicas este análisis se efectuó en la margen derecha.

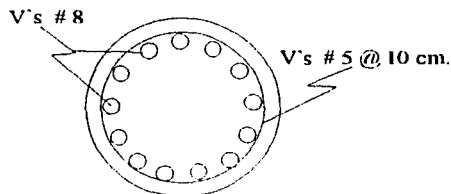
1.2 PILAS

Es la parte de la infraestructura que se encarga de recibir las cargas de la, subestructura, la superestructura y las generadas por el trafico, también se encargan de transmitir cargas a zapatas, en este caso al terreno natural.

Las características generales del cuerpo de las pilas de cimentación en los ejes 3, 5 y 6, 8 (ver planos 2 y 3, págs 56 y 57) de este puente son las siguientes: es un elemento de concreto armado de sección circular de longitud variable de 7.20 a 10.40 m con un diámetro de 0.90 m en las 16 pilas de cimentación en cada eje referido, la geometría de nuestras pilas varia de acuerdo a la posición en la cual se perfora.

1.2.1 PILAS DE CIMENTACIÓN EN LOS EJES 3, 5 Y 6, 8

La construcción del cuerpo de las pilas se lleva a cabo en secciones tanto en el armado como en la colocación del concreto, el armado del acero en las pilas tiene un diámetro de armado conforme a proyecto de 75 cm, con zunchos del N° 5 a cada 10 cm, teniendo 13 varillas longitudinales del N° 8 con un doblez de 30 cm hacia el centro de la pila.



Pila de cimentación

Una vez teniendo el acero armado al 100% de esta sección se procedió a su colocación en una perforación efectuada en el sitio correspondiente en el trazo del puente, se colocó con un ángulo de 90 grados.

Colocación del Concreto.

El colado se realizó con camión revolvedor de capacidad de 7.50 m³, vació el concreto con f'c de 250 Kg/cm², de forma directa, vibrando el concreto con un tubo tremi aditamento de la máquina perforadora, obteniendo un recubrimiento 7.50 cm, marcado en proyecto.

El concreto utilizado en todo el cuerpo de todas las pilas tiene una resistencia de f'c igual a 250 Kg/cm² con un agregado pétreo de ¾" utilizando cemento Moctezuma proporcionado por Latinoamericana de Concreto S.A. de C.V. (LACOSA), el concreto utilizado en la mayor parte de la construcción de este puente fue premezclado.

El tiempo aproximado del colado de cada pila de cimentación fue de 2 horas y el intervalo promedio de colado a colado de pila fue de 1 ½ días tomando en cuenta las condiciones climáticas y factores constructivos normales en este tipo de construcciones.

1.3 ZAPATAS

La zapata es un elemento estructural y forma parte de la subestructura que se encarga de transmitir las cargas que se generan en la estructura al terreno natural, en este caso las pilas de cimentación son aisladas, soportadas por dos pilas cada una.

1.3.1 ZAPATAS EN LOS EJES No 4 y No 7.

El proceso constructivo de las seis zapatas con que cuenta este puente tienen las mismas características, dimensiones, armado de acero y colocación de concreto.

Se hizo una plantilla de concreto de $f'c$ igual a 100 Kg/cm^2 , en el área de las pilas de cimentación con las dimensiones de la zapata. Las cuales tienen un largo de 5.20 m, ancho de 2.50 m y altura de 1.50 m, en las cuales tienen un lecho de armado de acero en el cual caben las dos pilas de cimentación de 0.90 m de diámetro y una columna en medio de las dos con un diámetro de 2.00 m, con un espacio entre cada una de 35 cm. El armado del acero y las dimensiones se realizaron siguiendo los planos del proyecto.

El diámetro del acero que se empleó en la parrilla tanto en el lecho inferior y superior es del número 6 a cada 20 cm. Tanto los bastones de refuerzo en el interior de las parrillas, son del número 6, como todo el acero del cuerpo de la zapata tienen un $f_y > 4,200 \text{ Kg/cm}^2$.

En la cara interior se colocaron los reventones, los cuales sirvieron para guiar el límite de la zapata, la cimbra utilizada fue la tradicionalmente, hecha a base de paneles de triplay, la cual se troquela con polines y barrotes.

Para proceder a colar fue necesario que se realizara una solicitud de colado al personal de supervisión de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Puebla (SEDURBECOP). En esta se indicó la fecha, hora que se iba a colar el elemento, con la finalidad de verificar que el armado de refuerzo estuviese de forma adecuada y que la cimbra estuviese bien nivelada y plomeada.

El recubrimiento exterior es de 10 cm de espesor, lo cual se logró colocando entre las paredes de la cimbra y el acero de refuerzo unos dados de concreto simple.

Colocación del concreto.

El concreto utilizado en obra se dosificó en planta se mezcló y transportó en camiones revolvedora con capacidad 7.50 m^3 cada uno, la resistencia que marca el proyecto para el concreto es de $f'c$ de 250 Kg/cm^2 , con un agregado de $\frac{3}{4}$ ", el cemento utilizado es Moctezuma la duración aproximada del colado fue de 2 hrs.

El proporcionamiento por metro cúbico utilizado en obra para alcanzar la resistencia requerida fue el siguiente.

CEMENTO :	350 Kg.
GRAVA :	850 Kg.
ARENA :	870 Kg.
AGUA :	195 Lts.

Durante el colado estuvo presente el personal encargado de la obra, la supervisión de la SEDURBECOP, y el personal de laboratorio de supervisión interna, Para verificar que la colocación se realizará en forma adecuada, evitando en lo posible las juntas frías y obteniendo muestras de concreto.

Las edades a las cuales se ensayaron los cilindros de concreto fueron las siguientes: a los 7, 14 y 28 días dando el porcentaje de la resistencia del proyecto a los 7 días de 76 a 79 % de resistencia, a los 14 días de 91 a 93 % de resistencia, a los 28 de 103 a 105 % de resistencia.

Una vez terminada la construcción de la pila, la zapata y parte del cuerpo de la columna, de aproximadamente de 3 a 4 metros de altura, se procedió a colocar sobre la zapata un pedraplen de 60*60. Este pedraplen fue realizado colocando las piedras una a una para lograr un mejor acomodo de las mismas. La finalidad con que se construyó fue la de lograr que el caudal del río y la velocidad del agua, sean menores al llegar a la estructura, evitando socavaciones en los elementos que están en contacto directo con la corriente del río.

1.4 COLUMNAS.

Es la parte de la subestructura que se encarga de transmitir las cargas generadas a las zapatas para que estas las distribuyan al terreno natural, en este caso a las pilas de cimentación y éstas al terreno natural. En la parte superior se encuentran los cabezales; con los respectivos elementos elastoméricos, que soportan a las trabes.

1.4.1 COLUMNAS EN LOS EJES 4 Y 7.

Las características generales del cuerpo de las 8 columnas en los ejes 4 y 7 (ver plano 1, pág 55) de este puente son las siguientes: es un elemento de concreto armado de sección circular constante, con una altura de 8.46 m del paño de la zapata al cabezal sin contar la altura del cabezal, con un diámetro de 200 cm , siendo 188 cm de armado y 6 cm de recubrimiento en cada lado.

Terminada la construcción de la zapata, se procedió a construir el cuerpo de la pila, la cual nace en la base de la zapata las alturas y la disposición de esta se realizó conforme a los planos de proyecto. En la disposición del acero de refuerzo longitudinal, en cuanto a las alturas se refiere, no se permitió empalmar en una misma sección más del 50% de las varillas.

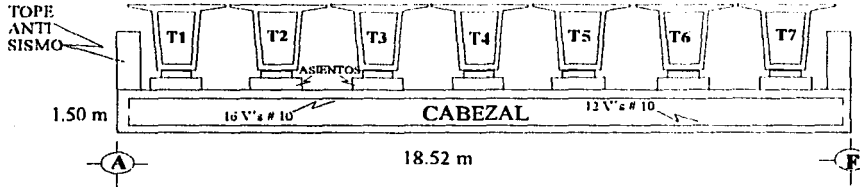
La construcción del cuerpo de la columna se llevó acabo en secciones, el avance de construcción se rigió de acuerdo a las medidas de la cimbra, la cual fue de las denominada cimbra trepadora. A cada avance se le denomina trepado N° “ X ”, las dimensiones de la cimbra son: 1.25 m de largo por 2.00 m de diámetro, esta cimbra es a base de paneles de acero y para protegerla del concreto y sea más manejable se le aplica aceite quemado antes de su utilización.

1.4.2 CABEZALES EN LOS EJES 4 Y 7.

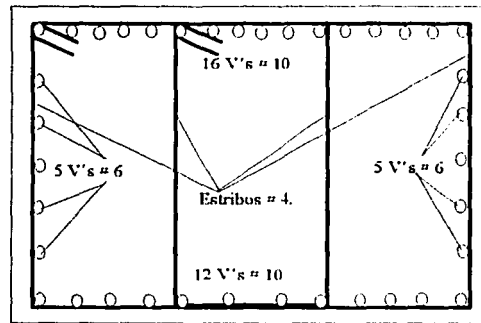
Ambos cabezales se construyeron de forma similar, esto es, realizando primeramente el cimbrado mediante una obra falsa que se logro mediante unas ménsulas soldadas a unas placas de acero coladas previamente en las columnas, sobre las ménsulas se colocaron unas vigas de acero las cuales tuvieron la función de cargar la cimbra, acero y concreto de los cabezales, hasta que el concreto cumpliera con una resistencia mínima del 70 % para poder retirar tanto la cimbra como la obra falsa.

Fueron construidos con unas dimensiones 1.50 m de altura, 2.00 m de ancho y 18.52 de longitud.

El armado realizado en los cabezales fue mediante 16 varillas del # 10 en la parte superior y 12 varillas del # 10 en la parte inferior, estas varillas colocadas de forma longitudinal fueron unidas mediante estribos del # 4 con una separación variable entre los 20 y los 30 cm.

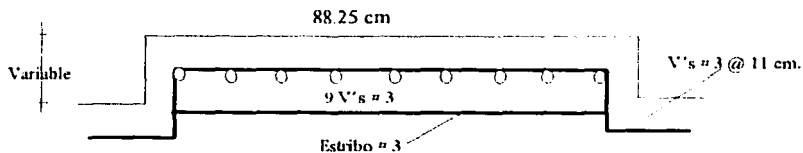


CORTE DE CABEZAL Y EJES DE TRABES.



CORTE DEL ARMADO DEL CABEZAL.

A lo ancho del cabezal fueron construidos siete asientos uno para cada una de las travesaños estos con diferentes alturas, para dar la pendiente del 2% que se pedía en el proyecto. Estos asientos fueron armados con varillas del # 3.



CORTE DE LOS ASIENTOS DEL CABEZAL.

ALTURA DE LOS ASIENTOS EN EL CARGADERO.

ASIENTO	ALTURA cm.	N° ESTRIBOS Sep. mínima 7 cm.
T 1	10.00	0
T 2	14.88	1
T 3	19.76	2
T 4	24.64	2
T 5	19.76	2
T 6	14.88	1
T 7	10.00	0

Tabla N° 1.

En cada uno de los extremos de los cabezales se construyeron los topes anti sismo para evitar los desplazamientos horizontales de la superestructura. Estos fueron contruidos prácticamente al final de la obra, ya que no se liberó el diseño por parte de la empresa proyectista, por lo que se realizaron parecidos a un proyecto similar que se estaba construyendo igualmente en la ciudad de Puebla y proyectado por la misma empresa.

Para el anclado de las varillas en el cabezal se tuvo que perforar y colocar una resina para lograr una mayor fijación. Las dimensiones de cada tope fueron de 2.00 m de ancho (el mismo que el cabezal), 0.70 m de largo y 0.70 m de alto. Entre el tope y las traveses fueron colocadas unas placas de unicel, para permitir ciertos movimientos, pero al mismo tiempo poner límites.

El concreto utilizado par cabezales, asientos fue de una resistencia de $f'c$ de 250 Kg/ cm², el concreto fue bombeado y colocado mediante una pluma que contaba con una capacidad de colocarlo hasta una altura de 25.00 m de altura. En el caso de los topes, el concreto cumplió con la misma resistencia, pero por ser un volumen de concreto mínimo se realizó en obra.

2. SUPERESTRUCTURA.

2.1.- GENERALIDADES.

La superestructura comprende todos los componentes que se encuentran por encima de los elementos de soporte, en este caso está constituida por travesaños AASHTO tipo cajón, que fueron fabricadas en una planta ubicada en Panzacola, Tlaxcala, por el grupo ITISA.

Para entender un poco mejor de lo que es y como funcionan este tipo de elementos se explicarán brevemente, en este capítulo, algunos conceptos importantes sobre este tema, sin dejar de lado el proceso constructivo del tipo de travesaños utilizados en el viaducto " Atoyac ".

Prefabricación.

En el campo de la construcción, el término prefabricación es entendido como la fabricación previa a su colocación de un elemento a partir de materias primas escogidas adecuadamente o de la totalidad de un sistema constructivo. El sistema puede comprender sólo la solución estructural o la obra en su totalidad, incluyendo instalaciones y equipo.

En todo caso la prefabricación requiere de una planificación más detallada y racional de la construcción que permita sistematizar y programar los trabajos, mejorando la calidad y tiempos de ejecución.

La prefabricación permite alcanzar un mayor control de calidad, al lograr un mejor aprovechamiento de los materiales, así como, un mejor rendimiento debido a su uso correcto , como la reducción de sobrantes y desperdicios.

2.2.- CONCRETO PRESFORZADO.

El principio en el que se fundamenta el concreto presforzado, se ha empleado desde hace ya muchos años. Por ejemplo, cuando una persona transporta varios ladrillos, los cuales pueden levantar y mover en una fila horizontal, ejerciendo presión con una mano colocada en cada extremo.

El Concreto Presforzado consiste en crear deliberadamente esfuerzos permanentes en un elemento estructural para mejorar su comportamiento de servicio y aumentar su resistencia. Los elementos que se utilizan van desde una vigueta, para casa habitación, hasta travesaños para puentes de grandes claros, con aplicaciones tan variadas como durmientes para vías de ferrocarril, tanques de almacenamiento y rehabilitación de estructuras dañadas por sismo, etc.

El principio básico del concreto presforzado es que antes de la aplicación de las cargas de servicio que producen tensiones en el concreto, se aplique una carga que someta a compresión toda la sección. De esta manera, al aplicar las cargas de servicio, no habrá esfuerzos de tensión producidos por las cargas de servicio.

Algunas ventajas del concreto presforzado son las siguientes:

- ◆ Mejor comportamiento ante cargas de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- ◆ Permite el uso óptimo de materiales de alta resistencia.
- ◆ Se obtienen elementos más eficientes y esbeltos, con menos empleo de material; en vigas, se utilizan peraltes del orden de $L/20$ a $L/23$, donde L es el claro de la viga; a diferencia de $L/10$ en concreto reforzado.
- ◆ La producción en serie en plantas permite mayor control de calidad y abatimiento de costos.

- ◆ Mayor rapidez de construcción al construirse simultáneamente distintas partes de la estructura; lo que conlleva importantes ventajas económicas en un análisis financiero completo.

Conviene mencionar algunas *desventajas* que en ocasiones pueden surgir en ciertas obras. Estas son:

- ◆ La falta de coordinación en el transporte de los elementos prefabricados puede encarecer el montaje.
- ◆ La inversión inicial es mayor por la disminución en los tiempos de construcción.
- ◆ Se requiere de un diseño y una construcción relativamente especializados en conexiones, uniones y apoyos.
- ◆ Se debe planear y ejecutar cuidadosamente el proceso constructivo, sobre todo en las etapas de montaje y colados en sitio.

Existen aplicaciones que sólo son posibles gracias al empleo del presfuerzo. Este es el caso de puentes sobre avenidas con tránsito intenso o de claros muy grandes, el de algunas naves industriales o donde se requiere de una gran rapidez de construcción.

El presforzado del concreto por medio de elementos de acero se puede lograr de dos formas, el pretensado y postensado. La diferencia principal entre los dos métodos se refiere a la condición del concreto durante el momento en que los elementos de acero se estiran. En el postensado, el acero se estira después de colar el concreto y solamente cuando tiene la suficiente resistencia para soportar el esfuerzo, mientras que en el pretensado el acero se estira antes de que el concreto ha sido colado.

2.2.1.- CONCRETO POSTENSADO.

El postensado es el método de presfuerzo que consiste en tensar los tendones y anclarlos en los extremos de los elementos después de que el concreto ha fraguado y alcanzado su resistencia necesaria. Previamente al colado del concreto, se dejan ductos perfectamente fijos con la trayectoria deseada, lo que permite variar la excentricidad dentro del elemento a lo largo del mismo para lograr las flechas y los esfuerzos deseados. Los ductos son rellenados con mortero o lechada una vez que el acero de presfuerzo haya sido tensado y anclado. Las funciones primordiales del mortero son las de proteger al presfuerzo de la corrosión y evitar movimientos relativos entre los torones durante cargas dinámicas. En el postensado la acción del presfuerzo se ejerce externamente y los tendones se anclan al concreto con dispositivos mecánicos especiales (anclajes), generalmente colocados en los extremos del tendón. Este postensado puede emplearse tanto para elementos fabricados en planta, a pie de obra o colados en sitio. Las aplicaciones más usuales son en vigas de grandes dimensiones, dovelas para puentes, losas con presfuerzo bidireccional, diafragmas de puentes, vigas hiperestáticas, cascarones y tanques de agua.

Se puede hacer extensiva la consideración, en cuanto al tipo de sección de acero de alta resistencia, ya que puede emplearse acero redondo, liso de poco diámetro, y barras gruesas o alambres corrugados de sección oval.

A este respecto se puede observar que el acero de sección delgada es más eficiente que las barras gruesas. Esto se debe a las propiedades físicas y homogeneidad.

En ningún caso puede esperarse lograr efectos de presfuerzo eficientes y económicos, empleando aceros dulces de bajo límite elástico, ya que al alcanzar el 80 % de éste y presentarse las pérdidas (acortamiento elástico, relajamiento del acero), son tan significativas, que el presfuerzo remanente sería prácticamente nulo; esto no acontece en el acero de alta resistencia.

Ningún otro procedimiento tuvo utilidades más variadas que el postensado, el cual, aún fuera de su campo de aplicación específico, compite cada vez con más éxito con la construcción metálica y el concreto armado.

Para el postensado, los elementos pueden ser precolados o bien, colados en el lugar. Ciertos sistemas producen una adherencia ligeramente mejor que otros, dependiendo del espacio provisto para la inyección de la lechada y el perímetro de adherencia proporcionado por unidad de fuerza de presfuerzo. Para otros sistemas, los torones pueden engranarse y envolverse más fácilmente para un esfuerzo sin adherencia.

Fases del postensado.

1. Colocación de cimbra.
2. Colocación del refuerzo complementario y de los cables de presfuerzo.
3. Fijación de los anclajes a la cimbra.
4. Colado y curado del concreto.
5. Tensado de los cables con gatos especiales.
6. Inyección de mortero en los ductos y sellado de los anclajes.

2.2.1.- CONCRETO PRETENSADO.

El término pretensado se usa para describir el método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de colar el concreto. Se requiere de moldes o muertos (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el colado y curado del concreto antes de cortar los tendones y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento.

La mayoría de los elementos presforzados se fabrican en serie dentro de plantas con instalaciones adecuadas, donde se logra la reutilización de moldes metálicos o de concreto y se pueden presforzar en una sola operación varios elementos. Los elementos pretensados más comunes son viguetas, trabes, losas y gradas, y se aplican a edificios, naves, puentes, gimnasios y estadios.

El curado de los elementos se realiza con vapor de agua cubriéndolos con lonas. La acción del presfuerzo en el concreto es interna ya que el anclaje se da por adherencia. Las trayectorias del presfuerzo son siempre rectas y en moldes adaptados es posible hacer desvíos para no provocar esfuerzos excesivos en los extremos.

En el pretensado se utilizan como elementos de presfuerzo, alambres o torones. Los torones de acero se estiran antes de que el concreto se haya colado; considerándose la forma en que el acero presforzado se mantiene en tal estado hasta que se suelta en el concreto.

La pretensión se hace hoy en día casi exclusivamente en fábrica mediante un procedimiento que no tiene nada que envidiar a los métodos de fabricación de otras industrias, sea bajo el punto de vista de mecanización, de productividad, de control de calidad o de capacidad.

El pretensado puede usarse en la obra, pero normalmente se lleva acabo en la planta donde ya han sido previamente construidas mesas permanentes de tensado.

Fases del pretensado.

1. Colocación, anclado y tensado de los tendones de presfuerzo entre los muertos.
2. Colocación del refuerzo y fijación de los moldes a cada lado de los tendones.
3. Colado continuo de las piezas de una misma mesa.
4. Curado (generalmente con vapor).
5. Destensado y corte de los tendones.

2.3.- TRABES AASHTO TIPO CAJÓN.

La trabe cajón con aletas debe su gran eficiencia a tres factores principales:

1. Mayor rigidez torsional que evita, en la mayoría de los casos, el uso de diafragmas intermedios
2. Ancho inferior para albergar más torones y así proporcionar mayor excentricidad al presfuerzo, aumentando los esfuerzos y el momento resistente de la sección
3. La presencia de las aletas elimina el uso de la cimbra para colar la losa y permite el empleo de un menor peralte de la misma.

En general, los ganchos para izaje están hechos del acero de desperdicio del presfuerzo, y el área de acero es la necesaria para cargar el peso propio del elemento con un factor de seguridad mayor o igual a 4.0. En el caso del "Atoyac", debido al peso del elemento se requirieron varios torones para formar el gancho, por lo que fue conveniente forrarlos con ductos metálicos flexibles, para evitar concentraciones de esfuerzos y fallas en cadena.

En el caso "Atoyac" por parte de los constructores del puente en general no existió una participación tan directa en la realización de las vigas, ya que esta labor fue encomendada a una empresa con mayor experiencia en construcción de elementos prefabricados.

La función de la residencia y supervisión, consistió básicamente en visitas periódicas a la planta donde estaban siendo construidas las trabes. Con la finalidad de verificar que las trabes fueran construidas conforme a proyecto, es decir, que el armado se colocara conforme al plano, que concreto y acero cumplieran con los parámetros de control de calidad; que el acero estuviera libre de toda corrosión que el concreto cumpliera con la resistencia requerida, en este caso de un $f'c$ de 350 Kg/cm², que las placas de acero para la colocación de diafragmas estén colocadas adecuadamente, etc.

2.4.- TIERRA ARMADA.

La tierra armada es un material compuesto, formado por la combinación de refuerzos lineales y un suelo granular. Un sistema de tierra armada esta constituido por tres elementos:

- 1) Tableros externos.
- 2) Tiras de refuerzo.
- 3) Suelo de relleno.

El punto clave para la estabilidad de una estructura de tierra armada está en la fricción generada entre el suelo y los refuerzos. Una estructura de este tipo bien diseñada y bien construida, se soporta por si misma con un cuerpo coherente debido a la fricción del material que compone al macizo de suelo, la cual evita que el suelo se derrame lateralmente en la dirección de los refuerzos.

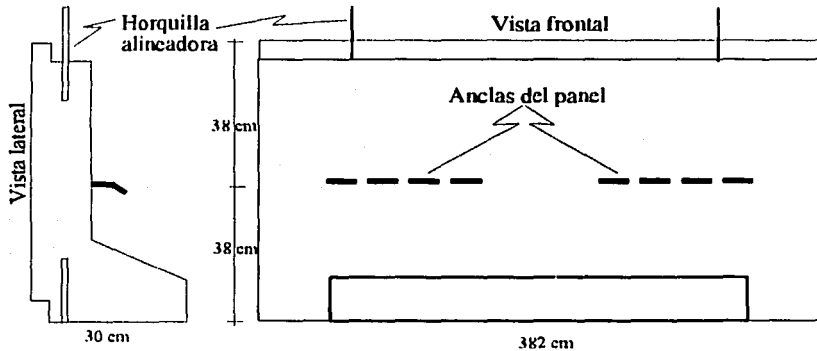
La tierra armada representa una combinación de materiales en la cual cada uno de ellos emplea su resistencia intrínseca para compensar las carencias del otro. Un suelo granular compactado tiene resistencia a la compresión y al cortante; sin embargo, no puede soportar tensión ni permanecer estable sin confinamiento. Los refuerzos (generalmente de acero) son resistentes a la tensión.

Otro aspecto importante de las estructuras de tierra armada es su flexibilidad. Puede soportar deformaciones apreciables sin perder su carácter coherente propio, es decir, sin perder su integridad dentro del volumen comprendido por el suelo reforzado.

2.4.1.- MUROS DE TIERRA ARMADA EN LOS EJES 1, 2 Y 9, 10.

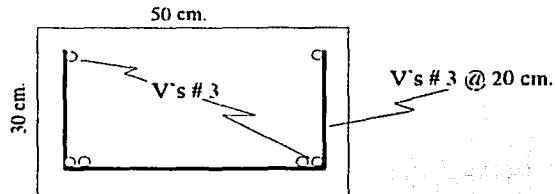
Los apoyos extremos del "Atoyac", consistieron en dos estribos de tierra armada. El estribo de los ejes 1, 2 (ver plano 2, pág 56), considerado como **estribo Poniente**, se construyó con una altura de 5.32 m en su parte frontal. Y el estribo localizado en los ejes 9, 10 (ver plano 3, pág 57) contó con una altura de 7.98 m y se le considero **estribo Oriente**. Esta altura fue medida desde la parte superior de la dala de desplante hasta la parte inferior del cargadero.

En la realización de este tipo de muros se debe considerar la construcción de paneles, los cuales, cumplirán con la función de contener el material de relleno. Estos paneles fueron fabricados en obra, mediante el uso de moldes de fierro fundido, en los que era colocado acero de refuerzo, anclas, para posteriormente ser vaciado el concreto que cumplió con una resistencia de $f'c$ de 300 Kg/cm^2 .



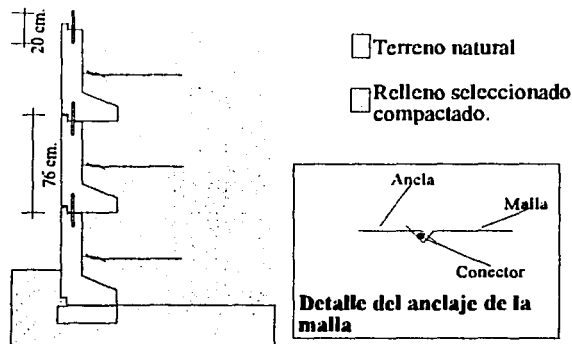
Elementos del panel de contención (tipo standard).

La formación de los muros de tierra armada comenzó con el trazado y nivelación del terreno, donde se procedió a la construcción de una dala de desplante de 50 cm de ancho por 30 cm de alto y una longitud de 57.64 metros en el estribo Poniente y 51.86 metros en el estribo Oriente. La dala fue colada con concreto con un $f'c$ igual a 250 Kg/cm^2 , realizado en sitio, utilizando varillas del # 3.



Dala de desplante.

Después de colada la dala se procedió al levantamiento de los estribos, iniciándose primeramente el estribo Poniente. Se colocó una primer hilada de paneles, habiendo colocado previamente una junta de neopreno entre el panel y la dala, para permitir cierta flexibilidad y sobre todo para amortiguar la caída de un panel sobre otro, esto en hiladas subsecuentes. Los paneles fueron plomeados perfectamente, para garantizar la verticalidad del muro en construcción. Para el montaje de estos paneles, debido a su peso, fue necesario utilizar una grúa "hiab", ya que no era posible colocar los paneles de una forma manual. Se colocó un geotextil en las uniones del muro para evitar la filtración de material fino. Posteriormente se continuo con el macizo de tierra colocando material con las siguientes características: libre de sulfatos y de materia orgánica, un ángulo de fricción interna de 38° , cuando se pedía de 34° como mínimo, índice plástico del 5 %, todo el material debía pasar por la malla # 4, etc. Este material fue colocado en dos capas, para llegar a la altura de las anclas. Al estar situados a la altura de las anclas del panel, se colocó una malla acero corrugado de alta adherencia, galvanizado en caliente, ligandola a las anclas del panel mediante un conector de acero galvanizado en caliente de $\frac{3}{4}$ ", con un ancho de 48 cm. y una longitud de 4 m el muro Poniente y de 6 m en el muro Oriente. Ya colocada la malla se colocaron otras dos capas de material de relleno para llegar al ras de la altura del panel. A partir de esta hilada se continuo con la colocación de las horquillas de alineación, que consistían en varillas de $\frac{3}{4}$ " y una longitud de 20 cm. La plataforma de trabajo estaba formada por cada capa de material extendida.



Sección de muro.

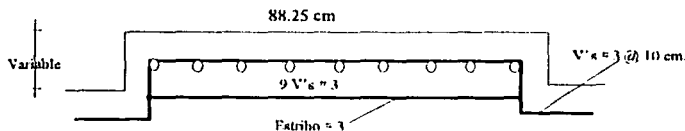
Todo el material utilizado para el relleno fue compactado, mediante un rodillo vibratorio a partir de un metro de donde estaban colocados los paneles para evitar el movimiento de los mismos, al 95 % de su Peso Volumétrico Seco Máximo (P. V. S. M.), y el material cercano a los paneles la compactación se llevo a cabo con una bailarina, en estos puntos fue permitida una compactación del 90 % de su P. V. S. M., compactación que fue determinada mediante la prueba Próctor estándar.

La construcción de estos muros se realizó con sumo cuidado por parte del residente de obra, estando presentes personal de laboratorio, de la supervisión tanto la externa como de la SEDURBECOP, verificando que tanto el relleno como la construcción del muro en general cumpliera con las especificaciones correspondientes.

2.4.2.- CARGADEROS.

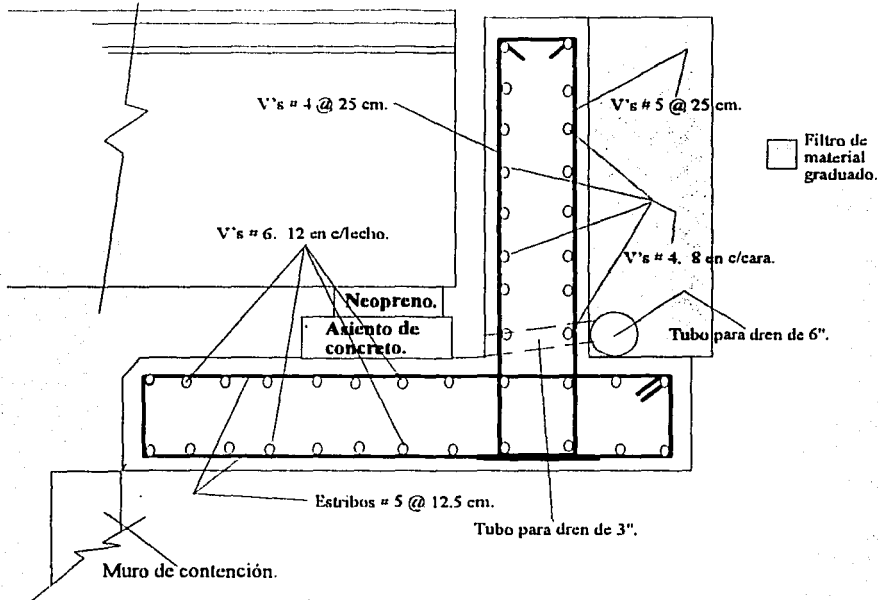
En los cargaderos a diferencia de los cabezales si fue posible realizar el armado sin la necesidad de una obra falsa. Estos cabezales tienen una altura de 55 cm, un ancho de 2.20 m y una longitud de 18.52 m.

Los cargaderos, en lo referente a los asientos de concreto para las traveses se realizaron de una forma similar a los cabezales, en este caso los asientos su acabado fue 88.25*70 cm, aplican los datos de la tabla N°1 (pág 20). Junto con los cargaderos se realizo el armado de diafragmas externos y topes anti sismo. En este caso sólo se dejaron los armados hasta el nivel de los cargaderos y las varillas verticales se dejaron sueltas, esto para permitir mayor movilidad durante el izaje de las traveses. Una vez montadas todas las traveses se continuo con el cimbrado y colado de diafragmas.



CORTE DE LOS ASIENTOS DEL CARGADERO.

El relleno hasta el nivel superior del diafragma se realizo de igual manera que en capas anteriores, excepto que en lo que corresponde a la altura del diafragma se coloco un material graduado que funcionara como filtro. El filtro de material graduado fue colocado a todo lo largo del diafragma y con una longitud de 60 cm.



CORTE DEL CARGADERO.

Antes de ser colado el diafragma se colocaron tubos de PVC de 3" que pasaban de lado a lado del diafragma y que cumplirían con la función de drenar el líquido que pasará por el material de filtro. Para hacer funcionar estos drenes fue necesario colocar otro tubo de 6" tipo lloradero en la parte más baja del filtro y en todo lo largo del cargadero para coleccionar el líquido dandole salida por los ductos de 3". El dren de 6" fue unido a los drenes de 3" mediante conexiones de PVC tipo "tee".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. MONTAJE DE TRABES.

3.1.- GENERALIDADES.

En algunas ocasiones las condiciones de izaje y transporte pueden ser críticas. Debe tenerse especial cuidado en mantener al elemento sin falla en todas sus etapas.

El montaje de elementos prefabricados es uno de los problemas que se debe tener en cuenta durante la construcción cuando se hace uso de este tipo de elementos, a fin de realizar la construcción de la manera más económica posible y en el menor tiempo.

Se debe poner especial interés en los métodos de izaje para usar el más adecuado a cada obra en particular, ya que existen una gran variedad de formas para realizar el montaje, cada una con sus características particulares.

Para la elección adecuada del equipo hay que considerar, que la capacidad nominal con la que se le denomina comercialmente a una grúa es la carga máxima que soporta con el radio mínimo y a la menor altura. Es obvio que la capacidad nominal de una grúa siempre tendrá que ser mayor que la carga más grande a mover. Esta capacidad disminuye proporcionalmente a la distancia a lanzar el elemento a partir del centro de giro de la grúa, y a la altura a levantarlo.

Principales características a considerar para efectuar el montaje.

- A. Número de elementos.
- B. Características de los elementos.
 - Dimensiones.
 - Peso.
 - Altura de la obra.

- C. Cualidades técnicas de la maquinaria del montaje.
- D. Capacidad de elevación; peso y distancia de colocación.
- E. Rendimiento y velocidad de trabajo.
- F. Precisión.

Es importante señalar que dentro de un tipo de maquinaria, la mano de obra necesaria para su operación suele ser independiente de la capacidad de carga de la misma.

La maquinaria, suele clasificarse de acuerdo a sus movimientos y a la forma de realizarlos. De un modo general, los movimientos posibles en la maquinaria de izado de elementos elevación de carga, elevación de la pluma, desplazamiento de la carga, giro y traslación del conjunto.

Las grúas son la maquinaria más comúnmente usada para el montaje de elementos prefabricados.

Los tipos de grúas más usuales son:

- Grúas torre (sobre carriles).
- Autogrúas (sobre neumáticos, u orugas).
- Grúas pórtico (sobre carriles y neumáticos).
- Grúas mástil (simple, gemelos).
- Derricks (fijas o móviles).

En el caso “ Atoyac ”, fueron utilizadas tres autogrúas hidráulicas, dos telescópicas y otra estructural. Las primeras tienen la ventaja, de tener mayor, precisión ya que poseen una función más al extender su pluma y, por lo tanto, pueden introducirla en lugares inaccesibles para una pluma rígida. Estas grúas estaban montadas sobre neumáticos; la estructural y una de las telescópicas contaban con una capacidad de 120 toneladas, cada una, y la otra su capacidad era de 80 toneladas. Las autogrúas constan de un chasis en que van montadas las ruedas u orugas, según sea el caso, así como el motor correspondiente, y sobre el cual llevan una plataforma giratoria, en la que se articula la pluma con la cabina de mando.

Las autogrúas llegan a tener una gran capacidad de carga, pueden rebasar las 250 toneladas, y alcanzar alturas hasta de 80 m. Su gran ventaja es la mayor movilidad que poseen.

Un montaje puede ser auxiliado por gran cantidad de accesorios o herramientas para facilitar la maniobra, sobre todo, cuando: el equipo está cerca de su capacidad límite, el acceso sea complicado o los prefabricados por diseño requieran ser izados de puntos especiales. Por ejemplo en este puente fueron de gran utilidad los grilletes, que son un anillo que sujeta cables de izaje o estrobos con la oreja del prefabricado.

Transporte.

Debe hacerse correcta y apropiadamente, y si es posible de manera económica, esto último eligiendo el transporte adecuado, tomando en cuenta las dimensiones y peso del elemento.

La incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia por recorrer y a la complejidad del flete.

Existen dos tipos de fletes: los que por sus características de peso y dimensiones se ejecutan con equipos de transporte ordinario y los que, como en esta situación, exceden el peso y dimensiones permitidos en las normas y reglamentos locales o federales, que se tienen que realizar con equipos de transporte especializado. Por los riesgos que implican el exceso de peso y dimensiones.

Para disminuir riesgos es importante observar las disposiciones de señalización y abanderamiento que exige la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Por su peso, la cantidad de energía liberada en una colisión es muy grande; además, siempre será más difícil detener vehículos con cargas y dimensiones excesivas.

En ocasiones existen sitios en la ruta por donde no pasa la combinación vehicular; sin embargo, existe la posibilidad de “colear”, es decir, auxiliar la maniobra levantando con una grúa la parte posterior del elemento.

Al transportar las piezas prefabricadas deben estar apoyadas exclusivamente en los puntos considerados desde el diseño, de lo contrario, pueden sufrir daños.

En este proyecto las traveses fueron transportadas por dos tracto camiones cada uno con su respectivo dolly con volante direccional, en las unidades de transporte las piezas iban apoyadas sobre elementos de madera. El dolly tiene la finalidad de proporcionar mayor maniobrabilidad al conjunto. Sirviendo la trabe como chasis.

Las traveses fueron trasladadas en pares y durante todo el trayecto del lugar de fabricación a la obra, se conto con una unidad piloto. La unidad piloto es un vehículo de motor dotado de una torreta y señales de advertencia para conducir y abanderar el tránsito de las grúas industriales y/o los tracto camiones por los caminos y puentes.

En la realización de todo proyecto existen lo que se llaman tolerancias y holguras. Entendiendose por tolerancia, el margen de imprecisión aceptado en las dimensiones de los elementos prefabricados. Originado por procedimientos constructivos o por error, mientras que holgura significa el espacio libre entre las piezas que se debe prever desde el proyecto ejecutivo para hacer posible el ensamble. De esta forma, a mayores tolerancias permitidas, mayores deberán ser las holguras. Pero esto no significa que se deba poner menos atención en algún momento en la realización de esta actividad.

3.2.- MONTAJE DE TRABES.

Antes de iniciar el montaje, los operadores de grúas y tracto camiones realizaron una visita previa a la obra, para verificar los accesos al punto donde se colocaron las trabes, así como también, para especificar al residente de obra las características que deberían de cumplirse en los lugares de maniobra, ya que el área de izaje deberá estar limpia de toda obstrucción. Respecto a esta situación el operador de la grúa tiene una visión más clara de todas las obstrucciones y del área necesaria para realizar cada maniobra.

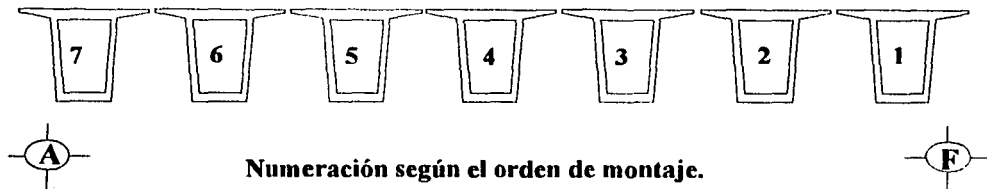
Posterior a este visita, se procedió al arreglo de los accesos, ya que se estaba trabajando al mismo tiempo, otra empresa, en la construcción de la continuación de la Avenida Niño Poblano, y las pendientes de los otros accesos eran demasiado pronunciadas, lo cual impedía que se llegara al sitio por estos lugares, ya que se podría dar el caso que los operadores de los "dolly's" quedaran atrapados por la trabe contra el terreno. Por lo que se tuvo que hablar con el residente de la construcción de la Avenida para que permitiera el paso por el lugar donde estaba trabajando, al autorizar el paso de los tracto camiones por esta Avenida, sólo se tuvo que realizar una obra de despalme a un costado de la Avenida, así como también una pequeña disminución de la pendiente para hacer aún más accesible la llegada al área de montaje.

Para poder realizar el montaje se tuvo que realizar un terraplén dentro del río, lo cual significo la invasión de río reduciendo el ancho del río hasta que aproximadamente sólo quedo un 20 % del ancho de su cauce natural, aproximadamente 7.0 m. Lo mismo que este terraplén las terracerías que fueron utilizadas como área de maniobra fueron niveladas y bien compactadas para evitar hundimientos o que se atascara el equipo. Todo el material que fue utilizado como terraplén dentro del río tuvo que ser retirado en su totalidad antes que el puente fuera entregado como obra terminada.

El montaje se inicio por el claro central (ubicado entre los ejes 4 y 7), este claro tiene una longitud de 35.00 m, el montaje se realizó de forma similar para el claro extremo de la Poniente (ubicado entre los ejes 1 y 4), éste con una longitud de 35.25 m.

En el izaje de las traves correspondientes a los dos primeros claros, fueron utilizadas dos autogrúas con capacidad de 120 toneladas cada una, para el claro central una grúa estructural fue colocada del lado Oriente entre los ejes 8 y 9 acercandose lo más posible al río y otra grúa (telescópica) colocada cerca de la orilla del río del lado Poniente. Los tracto camiones entraron de reversa sobre el terraplén realizado dentro del río, de ahí las traves eran tomadas de un extremo por la grúa estructural y del otro extremo por la grúa telescópica para ser izadas y colocadas en el lugar correspondiente. Para el claro Poniente la grúa estructural quedo colocada en el sitio donde se encontraba la grúa telescópica y esta se coloco cerca del muro de tierra armada, en este claro los tracto camiones se colocaron sobre el macizo de tierra armada con el dolly pegado a lo que sería el diafragma, posteriormente la grúa telescópica tomo la trabe de un extremo para ir izandóla hacia el apoyo del eje 4, en lo que el trailer caminaba de reversa. Posteriormente la grúa telescópica paso el extremo que sostenía a la grúa estructural y tomo el otro extremo y ya de ahí se colocaban las traves en el lugar correspondiente.

En el montaje del claro central ocurrió un error en el montaje de la trabe seis ya que de la planta donde fueron fabricadas mandaron una trabe correspondiente al claro Poniente. A consecuencia de esta situación se tuvo que hacer una maniobra extra que fue la de desmontar la trabe y colocarla en el sitio correspondiente.



Las traves de 25.25 m correspondientes al claro de lado Oriente (ubicado entre los ejes 7 y 10), fueron montadas cuando ya los dos claros antes mencionados ya contaban con la losa de compresión.

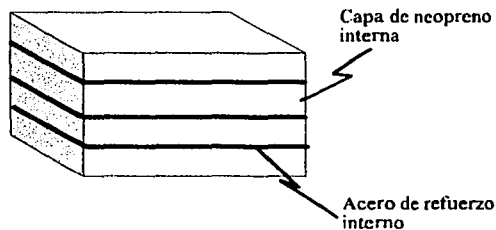
Para el montaje del último claro fueron utilizadas dos autogrúas una estructural con capacidad de 120 toneladas y una telescópica de menor capacidad colocada sobre un extremo de la losa del claro central, la grúa estructural estuvo colocada en el mismo sitio donde se había colocado para el montaje del claro central. Para el izaje de estas traveses los tracto camiones llegaron hasta el punto donde se encontraba la grúa telescópica para ser tomadas por ambas grúas una de cada extremo y de ahí con una sola maniobra colocarlas en el sitio correspondiente.

3.3.- ELEMENTOS ELASTOMÉRICOS.

Existen una gran variedad de apoyos, generalmente patentados, con distintas características y utilidades. Las funciones de los apoyos, además de transferir las fuerzas de la superestructura a la subestructura, son las de disipar y aislar los desplazamientos de translación y rotación debidos a expansión térmica, contracción por flujo plástico, deflexión en miembros estructurales, cargas dinámicas y vibraciones, entre otros. Por su alta eficiencia para disipar los movimientos de translación y rotación, estos dispositivos están siendo adoptados como una solución de aislamiento sísmico.

En este caso se hablará sobre los apoyos de neopreno que fueron los que se utilizaron en la construcción del “ Atoyac ”, los cuales fueron elegidos por su economía y eficiencia. Estos apoyos se fabrican con materiales sintéticos con características de resistencia y flexibilidad que le permiten combinar rigidez y amortiguamiento en el mismo elemento. Las ventajas del neopreno sobre el hule natural son su mejor comportamiento a baja temperatura, mayor resistencia a la acción de ozono y menor deterioro bajo acciones ambientales. Aunque hay apoyos de neopreno sencillos, sin placas metálicas intercaladas, los más utilizados son los laminados conformados por varias placas de neopreno y acero estructural (como refuerzo interno) que se intercalan y vulcanizan entre sí (como se muestra en la figura).

La inclusión del acero aumenta el amortiguamiento histerético y permite lograr una rigidez vertical alta, ya que las placas de acero disminuyen el efecto de pandeo en las caras laterales del elastómero, con lo cual es posible apoyar cargas estáticas de magnitud considerable con una deflexión mínima. Los neoprenos son manufacturados en durómetros shore A de 50 a 70, conforme a las normas de la Asociación de Carreteras Oficiales del Estado, en los Estados Unidos.



Apoyo elastomérico de neopreno.

En este puente se utilizaron apoyos de neopreno dureza shore 60, vulcanizados a placa de acero A-36, con medidas de 35 * 50 * 12.1 cm para los elementos colocados sobre cargaderos y de 35 * 50 * 8.5 cm los cuales fueron colocados sobre cabezales. Fueron colocados con sumo cuidado para lograr que el eje de estos coincidiera con el eje de las trabes y así cumplieran con la finalidad para la cual fueron colocados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. OBRAS COMPLEMENTARIAS.

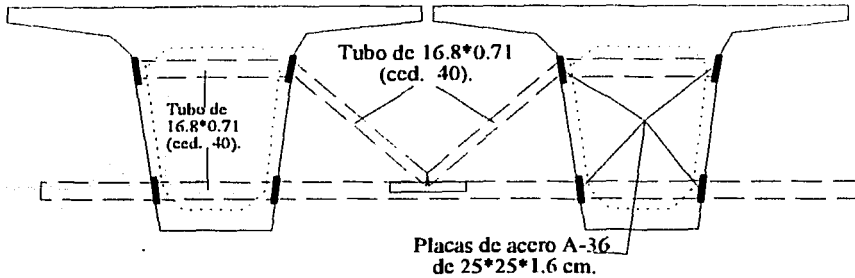
4.1.- DIAFRAGMAS.

Los diafragmas proporcionan rigidez lateral a las traveses y a la superestructura en general. Estos consisten en traveses transversales a los elementos presforzados, generalmente de concreto reforzado, que se ubican en los extremos del puente y en puntos intermedios del mismo. Los diafragmas extremos unen a las vigas entre sí y con la losa, y le dan una mayor rigidez al puente. Los diafragmas intermedios tienen como función primordial restringir el pandeo lateral de las vigas principales garantizando el trabajo en conjunto y un adecuado funcionamiento a flexión.

La cantidad y separación de diafragmas intermedios es función de la rigidez lateral y la longitud del claro del puente. En general, claros mayores a 10 m con vigas I ó T deben llevar al menos un diafragma intermedio, con espaciamientos de alrededor de 5 m entre ellos. Debido a su gran rigidez lateral, las vigas presforzadas tipo cajón con aletas pueden prescindir de diafragmas, al menos hasta claros de 30 m.

Las vigas deben contar con preparaciones adecuadas como ductos para el paso de varillas o torones para postensar, varillas ahogadas en la trabe que se desdoblán en obra, placas para soldar diafragmas metálicos, en este caso quedaron ahogadas placas de acero de 25*25*1.6 cm y tubos cedula 40 de 16.8*0.71, tubos que unían dos placas colocadas una en cada costado de las traveses.

La rigidez del puente "Atoyac", fue a través de diafragmas metálicos, estos diafragmas fueron unidos mediante soldadura 7018, verificando las superficies y bordes soldados para que estos estuvieran lisos, uniformes, limpios y libres de defectos. Al término de la soldadura no se permitían ni escorias ni grietas. Estos diafragmas fueron cubiertos con dos capas de primario y posteriormente con dos capas de esmalte color amarillo tráfico.



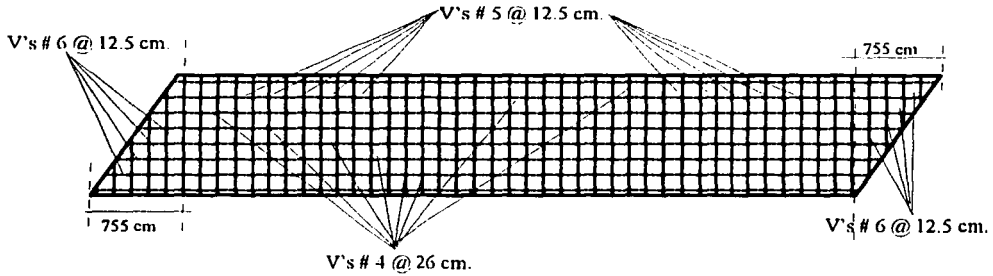
ARMADO DE DIAFRAGMAS.

4.2.- LOSA.

La losa de concreto armado que se coloca sobre los elementos presforzados para formar la sección compuesta tiene un espesor de 15 a 20 cm dependiendo del elemento estructural sobre el que descansa. Esta losa, además de aumentar la capacidad de la sección, cumple la función de rigidizar a la superestructura tanto en el sentido vertical, para repartir las cargas vivas uniformemente a todas las traveses, como en el horizontal, para evitar movimientos relativos entre las vigas y hacer las funciones de un diafragma rígido. El espesor de la losa deberá incrementarse por concepto de desgaste si ésta será, además, la superficie de rodamiento.

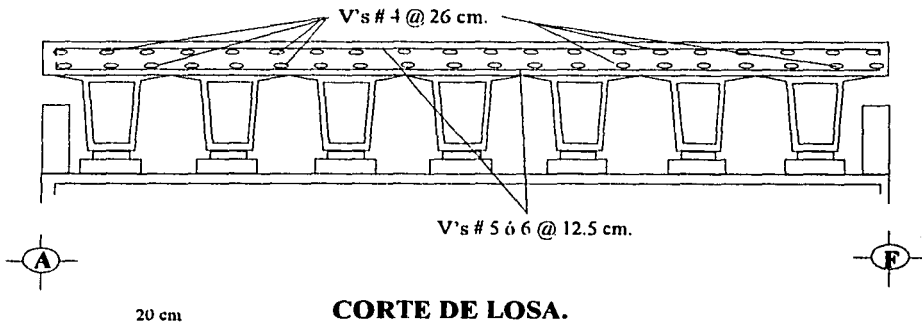
La losa debe estar perfectamente ligada a las traveses, por lo que éstas están provistas de conectores y cuentan con una superficie de contacto limpia, húmeda y rugosa. Los conectores pueden ser los mismos estribos de la viga de manera que se doblen en obra para formar la sección compuesta. En el caso de vigas T y Cajón con aletas, además de los estribos del alma, las varillas de las aletas deben salir en los extremos de las mismas para formar otro grupo de conectores.

La losa del "Atoyac", consta de un doble armado, utilizando varillas del número 4 a cada 26.0 cm y varillas de los números 5 y 6 a cada 12.5 cm.



ARMADO DE LA LOSA PARA LECHO SUPERIOR E INFERIOR Y POR CADA CLARO.

Por el tipo de traves utilizadas en este proyecto fue necesaria la realización de un fondeo para la construcción de la losa, el fondeo se realizó a lo largo de las uniones de las traves, este se realizó en base a duela atada con alambre recocido al armado de la losa. Ya teniendo preparada la cimbra se continuo con el colado de la losa con concreto de $f'c$ igual a 300 Kg/cm^2 , dejando la preparación para el posterior armado y colado de garniciones y banquetas el colado se realizó en dos partes, en la primera parte se coló lo correspondiente al claro central y al claro del lado Poniente, y en una segunda etapa se coló el claro del lado Oriente.



CORTE DE LOSA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.1.- JUNTAS DE DILATACIÓN.

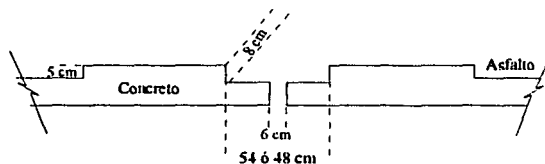
Las juntas se localizan en medio de dos tableros de puente. Sus funciones son:

- Proveer una transición suave entre los módulos del puente que forman la superficie de rodamiento
- Evitar la filtración de agua y otras sustancias químicas que oxidan y corroen los elementos de la subestructura que están por debajo de la superficie de rodamiento
- Permiten el desplazamiento longitudinal de la estructura

Al igual que los apoyos, existen muchos tipos de juntas. Pueden ser de materiales elastoméricos o ensambles de un mecanismo metálico integrado con otros materiales plásticos.

Las juntas constructivas han sido expresamente diseñadas para evitar el golpeteo. Para el puente "Atoyac", se utilizaron juntas Diwydag tipo GPE 120 para los extremos y tipo GPE 80 para las juntas centrales. Para la colocación de este tipo de juntas, previamente se tenía un cajón donde serían alojadas, tal preparación fue realizada desde el momento de colar la losa y tal preparación consistía en unos cajones de 48 cm de ancho por 8 cm de alto para la GPE 80, y 54*8 cm para la GPE 120.

Antes de colocar la junta se realizó una cama de arena sílica mezclada con resinas para uniformizar la superficie donde sería colocada la junta. Esta junta, tiene perforaciones para ser fijadas a la superficie mediante espárragos y tuercas y una vez fijadas tales huecos fueron rellenados con una mezcla de resina y plástico. Por diseño la junta no llenaba todo el cajón, por lo que el espacio restante fue cubierto con una mezcla de arena sílica con resina.



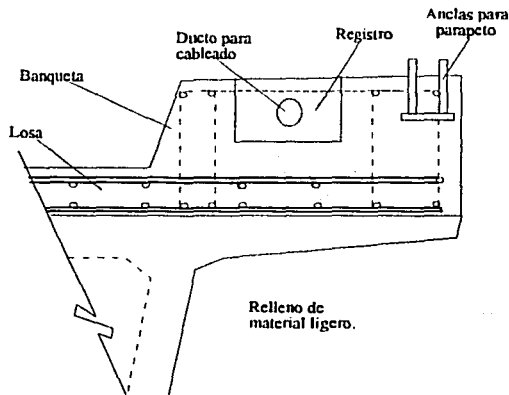
CORTE DEL CAJÓN PARA LA COLOCACIÓN DE LA JUNTA TIPO DIWYDAG.

4.3.- CONSTRUCCIÓN DE BANQUETAS Y GUARNICIÓN Y COLOCACIÓN DE PARAPETO.

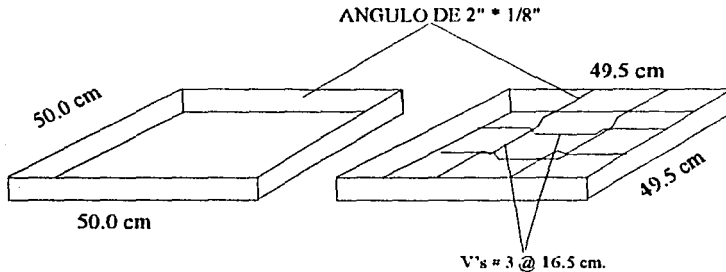
Guarniciones y banqueta.

Las banquetas son pequeños escalones que evitan la salida de vehículos. Suelen medir 30 cm de alto por 50 cm de ancho se sugiere colarse monolíticamente con la losa. En este caso las guarniciones y banquetas fueron realizadas a un mismo tiempo.

Después de realizado el armado y antes de llevarse a cabo el colado de guarniciones y banquetas, se colocaron todas las anclas para la posterior colocación del parapeto, se acomodaron ductos para el cableado y fueron colocados también los drenes. En el centro de la banqueta fue colocado un material de relleno para aligerar el peso de la losa. Para que el colado se llevara a cabo, fue necesario cimbrar ambos costados de las banquetas, esto a partir de que se esta considerando a guarniciones y banquetas como un solo elemento. El colado se realizo en dos fases, colando los tramos completos de cada extremo del puente, fue utilizado un concreto de resistencia $f'c$ igual a 200 Kg/cm^2 . Durante el colado se tuvo cuidado de dejar los huecos para cada uno de los registros que marca el proyecto. En este caso se trató de dos registros por extremo de cada claro, con dimensiones de 50 por 50 cm.



En el colocado de la placa inferior del parapeto, se presentó una equivocación, ya que las anclas fueron colocadas de forma inversa, y tal error fue notado cuando ya se había realizado el colado, por lo que se tuvo que demoler parte de las guarniciones para colocar las anclas de forma correcta.



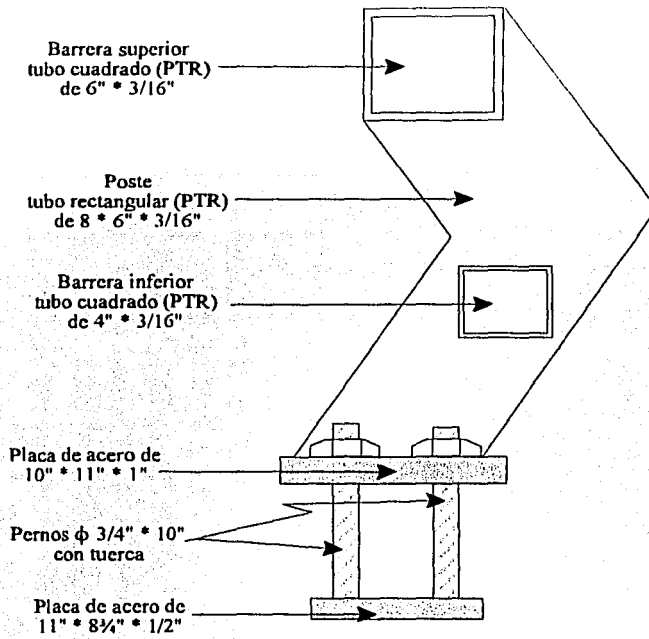
TAPA DE REGISTRO PARA ALUMBRADO

Parapeto.

Los parapetos sirven de protección tanto para vehículos como para los peatones. Quedando ahogadas las anclas en la guarnición, se colocó la placa superior, fijandola mediante tuercas a la guarnición, posteriormente se soldaron los postes del parapeto, una vez colocados todos los postes se soldaron tanto la barrera superior como la inferior. Toda la soldadura utilizada en la fabricación del parapeto fue la 7018.

Ya terminado el parapeto en su totalidad, se continuo con la pintura colocando una capa de primario sobre una superficie totalmente limpia, la limpieza se realizó en algunas partes de forma manual y otras de forma mecánica. Después de colocar una segunda capa de primario, se colocaron dos capas de esmalte color amarillo tráfico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PARAPETO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES.

El puente "Atoyac", se puede clasificar: por su tamaño como un viaducto; debido al esviaje con el que fue construido, como un puente irregular; estructuralmente se encuentra dentro de los simplemente apoyados. Finalmente puede considerarse como un puente importante debido tanto al impacto social como al económico, desde el punto de vista económico en forma inmediata implicó la apertura de nuevas fuentes de empleo; desde el punto social, la realización de este proyecto fue con la intención de beneficiar un gran número de habitantes y visitantes de la ciudad de Puebla.

El "Atoyac", se diseñó para cumplir con las necesidades de la población de la parte Poniente de la Ciudad, sin embargo, el diseño y la ejecución no se llevaron a cabo con la armonía deseada. Debido a que se presentaron problemas en la construcción de las pilas, ya que algunas, por proyecto debieron ser construidas dentro del cauce original del río. Para poder trabajar sin que el proceso de construcción se viera afectado por esta situación, se recurrió a la desviación del río de su cauce natural, este recurso fue utilizado en ambos costados del río. El desvío se llevó a cabo mediante el acomodo de costales, llenos de tierra, de forma tal que no fuera posible el arrastre de los mismos por la corriente. Aún cuando esta situación no tuvo mayor repercusión en la ejecución de la obra, hubiera sido más sencillo y más rápido si el claro central hubiese sido diseñado de forma tal que las pilas no hubiesen sido construidas dentro del cauce del río.

Durante la ejecución hubo problemas con variables no consideradas dentro del diseño y que debieron ser tomadas en cuenta en el programa de obra, como lo fue el clima y el suministro de algunos consumibles.

El mayor problema que se presentó a causa del clima, fue durante la construcción de las zapatas del eje 7 (ver pág 10), ya que al tener el armado y cimbrado de la primera zapata que encontraba el río en su camino. Las lluvias es prácticamente imposible evitarlas durante cualquier proceso constructivo que este contemplado ejecutarse en un lapso mayor de seis meses, cada lluvia dará pie a que se presenten diferentes situaciones, que se les deberá resolver de acuerdo al criterio personal y las necesidades del tipo de obra.

Antes del colado de la zapata se presento una fuerte lluvia, lo cual causo el arrastre de basura azolvando totalmente el armado, armado que antes de realizar el colado se tuvo que dejar perfectamente limpio, para lo cual fue necesario retirar la cimbra para facilitar la limpieza del armado de la zapata. Para la construcción de las zapatas subsecuentes fue necesario realizar el colado inmediatamente después de terminar el cimbrado. En este caso particular basto con trabajar horas extras para no dejar expuesto el armado de las zapatas.

En el caso de los consumibles, la situación que considero de mayor relevancia, es que al estar construyendo los estribos de tierra armada, teníamos bastantes problemas con el abastecimiento de agua. Para esta obra se contrató una toma de la red de distribución municipal, pero durante la construcción del macizo de tierra se presentaron problemas de escasez de agua. No siempre fue posible preveer esta situación, menos cuando se trabajaba en horario nocturno. Fue por esta circunstancia que me ví obligado a que cada que llegaba un camión revolvedor con concreto, el agua que cada unidad llevaba para la limpieza de la misma, era utilizada para humedecer el material que sería tendido posteriormente. Se tuvo que dar una gratificación a cada operador para que nos permitiera usar toda el agua que llevaba en ambos tanques. Esto se hacía con el material ya en obra, a diferencia de las terracerías para la construcción de caminos, no resultaba muy conveniente el riego mediante pipas, si se hacía de esa manera se ampliaba la posibilidad para que se presentara algún bache. Algunas veces se recurrió al uso de pipas para mojar el material desde su lugar de extracción, logrando así que cuando el material llegaba a obra tuviese un mejor grado de humedad.

A pesar de la inversión hecha en esta obra, no ha sido aprovechada, por que aún estando concluida esta etapa del proyecto, esta vialidad no está en uso. Esto se debe a que para lograr unir las vialidades que se tiene pensado, hay que realizar la demolición de tres casas ubicadas en el fraccionamiento "Bosques de Atoyac". Esta es una muestra de la mala organización existente en el gobierno de Puebla y creo que en toda la República, ya que se inicio la construcción de este proyecto sin contar con los permisos correspondientes para la demolición, permisos que a pesar de estar terminado este tramo no se cuenta con ellos.

Durante la ejecución del proyecto, se me hizo algo interesante la utilización de la obra falsa para la construcción de ambos cabezales, lo innovador fue la colocación de las juntas de dilatación, ya que por ser de importación y por el costo fue el segundo lugar a nivel Nacional donde fueron colocadas este tipo de juntas. En lo personal fue trascendente que el director general de la empresa, a pesar que la parte inferior del puente no va a ser utilizada como paso, exigiera el retiro del fondeo colocado entre traveses para poder colar la losa. Maniobra de alto riesgo y que se requirió cerca de tres jornadas de trabajo. Demostrandome que a veces es más conveniente dejar de ganar algo de dinero con tal de dejar una buena impresión en los trabajos que se realizan.

Por lo desarrollado y mostrado como producto final de una solicitud de solventar una necesidad, se aplicó la ingeniería en su sentido más estricto, tanto de mi parte como constructor, como de parte de la supervisión externa y de la supervisión de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Puebla.

A pesar de lo anterior y de estar siguiendo cuidadosamente el proyecto, debido a mi falta de experiencia en este tipo de proyectos no pude evitar el cometer algunos errores durante la ejecución de esta obra, que fueron en el montaje de una trabe y en la colocación de las placas inferiores del parapeto.

El error del montaje de la trabe fue atribuido a la planta donde fueron fabricadas, pero el único responsable fui yo como residente, ya que no tuve la precaución de estar midiendo cada trabe a su llegada a obra, para que fuesen colocadas en el sitio correcto. En este error, hay que considerar que el equipo de montaje utilizado, por ser especializado y de gran capacidad tiene costos horarios elevados, costo que fue absorbido por la empresa a la cual se le encomendó la construcción de las traveses. Afortunadamente para nosotros no tuvo más repercusiones que algunas horas de retraso por la maniobra extra que se realizó.

Al colocar las placas de forma inversa, a diferencia del error en el montaje de la trabe, si tuvo implicación tanto en el costo de obra, como en el tiempo de ejecución. Ya que para pasar a la siguiente actividad (*colocación del parapeto*) se requería de la correcta colocación de las anclas, por lo que se tuvo que trabajar durante todo un día y parte de dos noches, y así, al tercer día poder iniciar a colocar el parapeto. Existían y existen argumentos para justificar este error, pero no considero necesario escribirlos, ya que siempre he creído que la actitud verdaderamente importante ante un problema es la de buscar la solución y no la causa ni los causantes.

En la ejecución de cualquier proyecto, siempre lo que más se queda grabado son los errores que comete uno, y por lo tanto siempre es lo que da mayor grado de aprendizaje. Esto se ve reflejado en los párrafos escritos anteriormente, ya que todas las etapas de las que constó este puente dejaron algo bueno en mí. Considero que es más factible cometer algún error al realizar algo que ya se hizo de forma correcta que volver a cometer nuevamente el mismo error.

Así mismo, pude establecer las diferencias existentes entre lo aprendido en la ejecución de otras obras y durante el desarrollo de ésta. Como todo en la vida hay que tratar de sacar el máximo provecho de lo que se hace, ya que fue el primer proyecto de importancia en el que participe. Esto no quiere decir que los anteriores no tuvieran su grado de importancia, desde el punto de vista del número de personas que se tiene pensado beneficiar. A mi consideración la principal diferencia fue el cuidado que se tiene en el control de calidad.

Es difícil llevar a cabo cualquier tipo de proyecto cuando se tiene que recurrir al criterio, y difícil más aún cuando no se cuenta con experiencia en ese tipo de proyectos, al ser un novato en la construcción de puentes me fue de gran utilidad lo aprendido en las aulas y otras obras de otro tipo.

El residente es el único responsable de lo que pase durante la ejecución de todo proyecto, y tiene la obligación de guiar a un grupo de personas para que ese proyecto llegue a buen término.

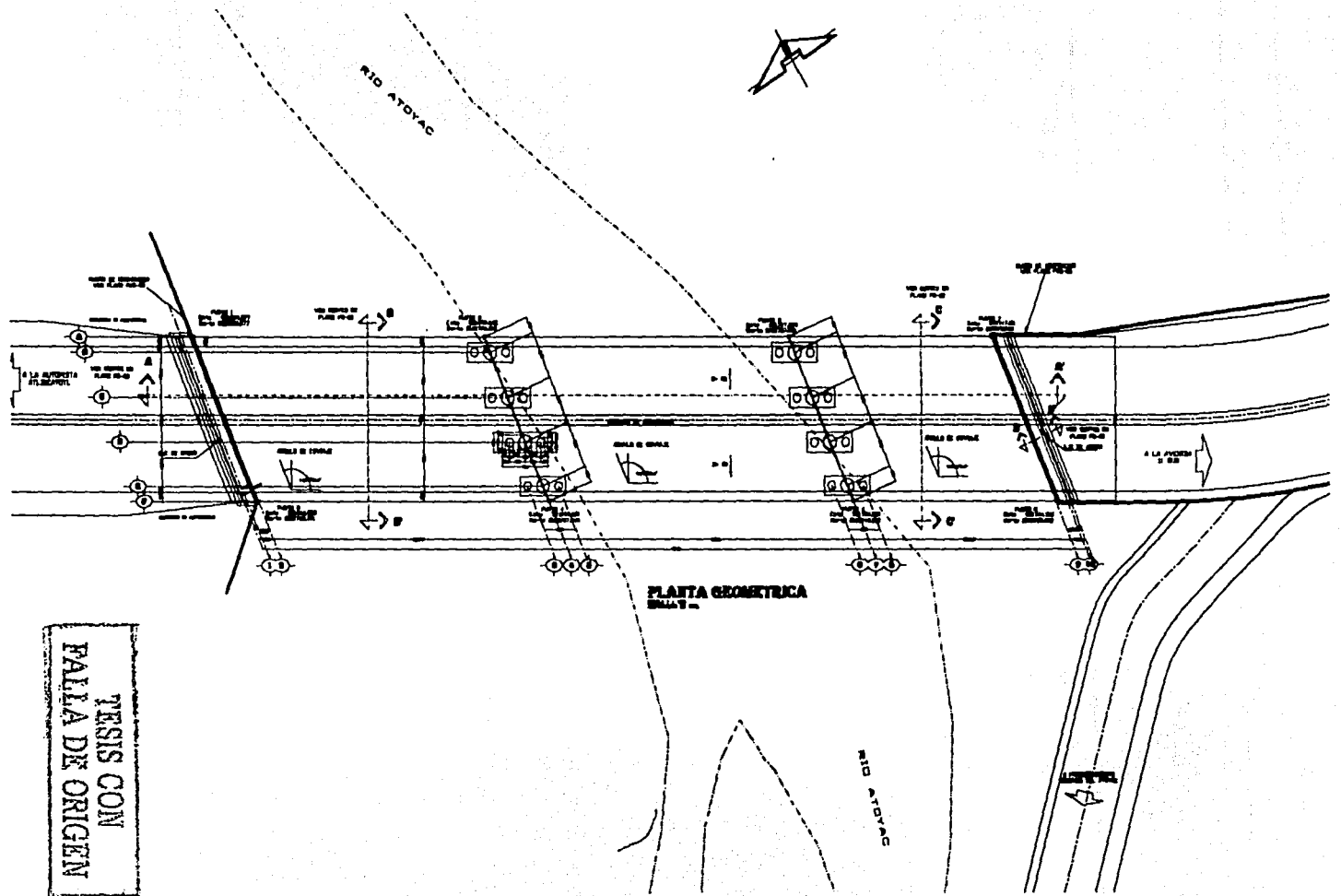
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

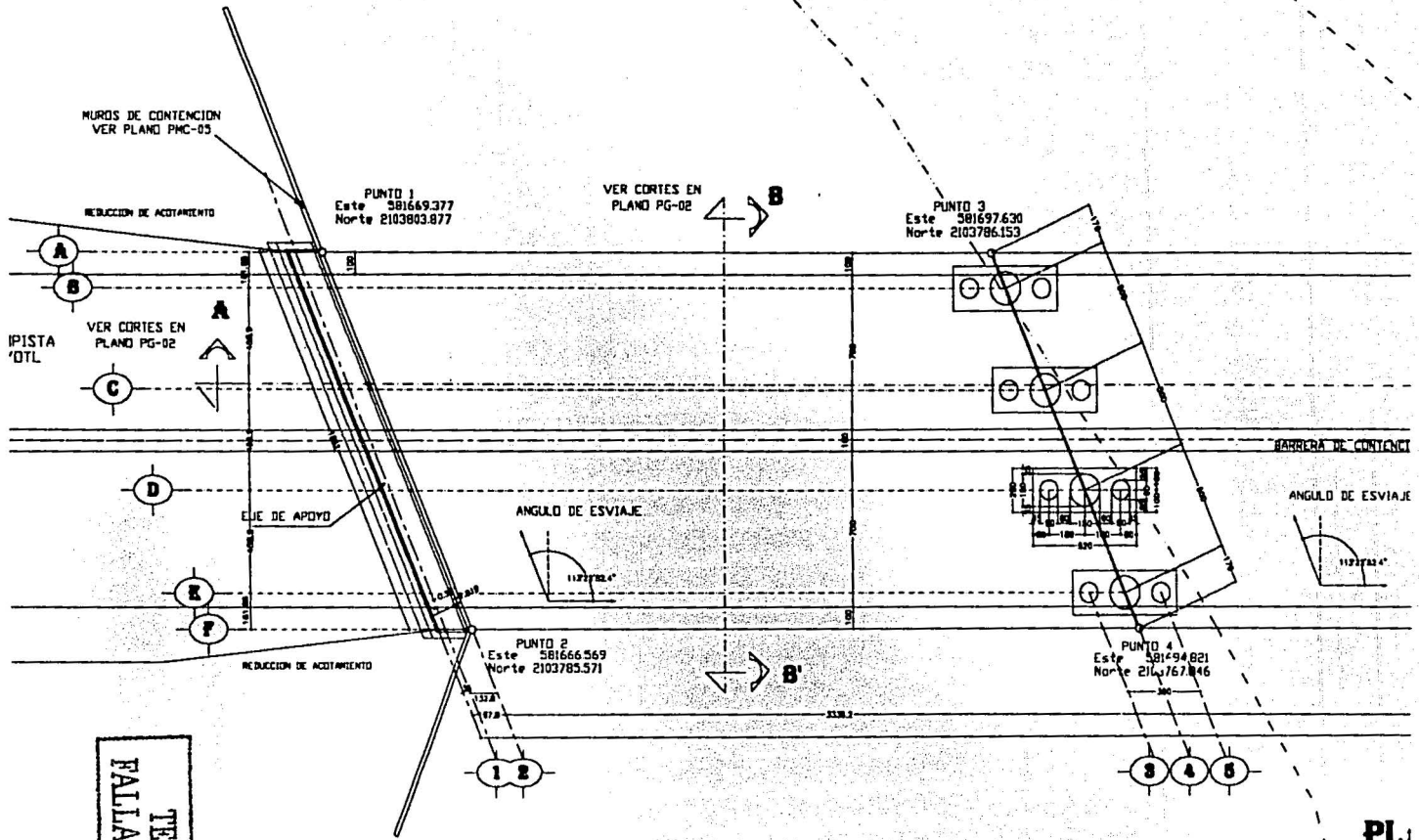
- Allen A. H. "Introducción al concreto presforzado". Tr. M. en I. Victor M. Pavón Rodríguez. Ed. IMCYC, México.
- Auvinet G. y Esquivel R. "Tierra armada. Simposio Internacional". Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México.
- Campos Nuñez Filiberto. "Diseño de puentes para vehículos". Tomo I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F.
- Campos Nuñez Filiberto. "Diseño de puentes para vehículos". Tomo IV. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F.
- Crespo Villalaz Carlos. "Vías de comunicación (caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos)". Ed. Limusa, México.
- Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. "Pavimento de concreto". Ed. IMCYC, México.
- Lin T. Y. "Diseño de estructuras de concreto presforzado". Ed. C.E.C.S.A.
- Mallet G. P. "Repair of concrete bridges". Ed. Thomas Telford U.S.A.
- Narbey Khachaturisn, German Gurfinkel. "Concreto presforzado". Ed. Diana.
- Rice Paul F. y Hoffman Edward S. "Diseño estructural con normas de ACI". Ed. Limusa, México.
- Roig Joan. "Nuevos Puentes". Ed. Gustavo Gili, S.A., Barcelona.

ANEXOS

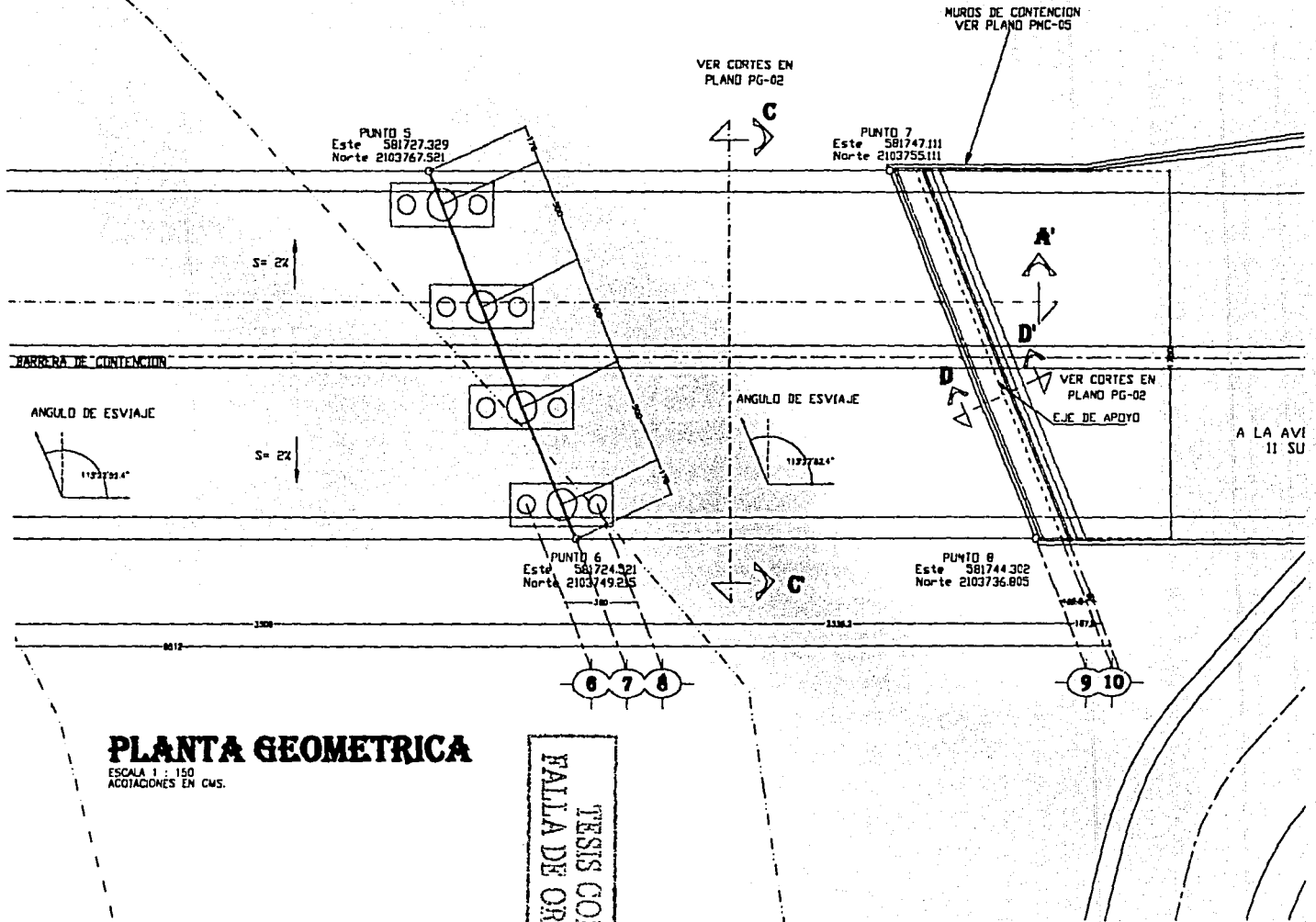
LISTA DE PLANOS.

	Pág.
1. Planta geométrica.	55
2. Planta geométrica entre ejes 1 y 5.	56
3. Planta geométrica entre ejes 6 y 10.	57
4. Corte transversal.	58
5. Geometría de la subestructura.	59
6. Geometría del cargadero.	60
7. Dimensiones de trabes.	61





TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

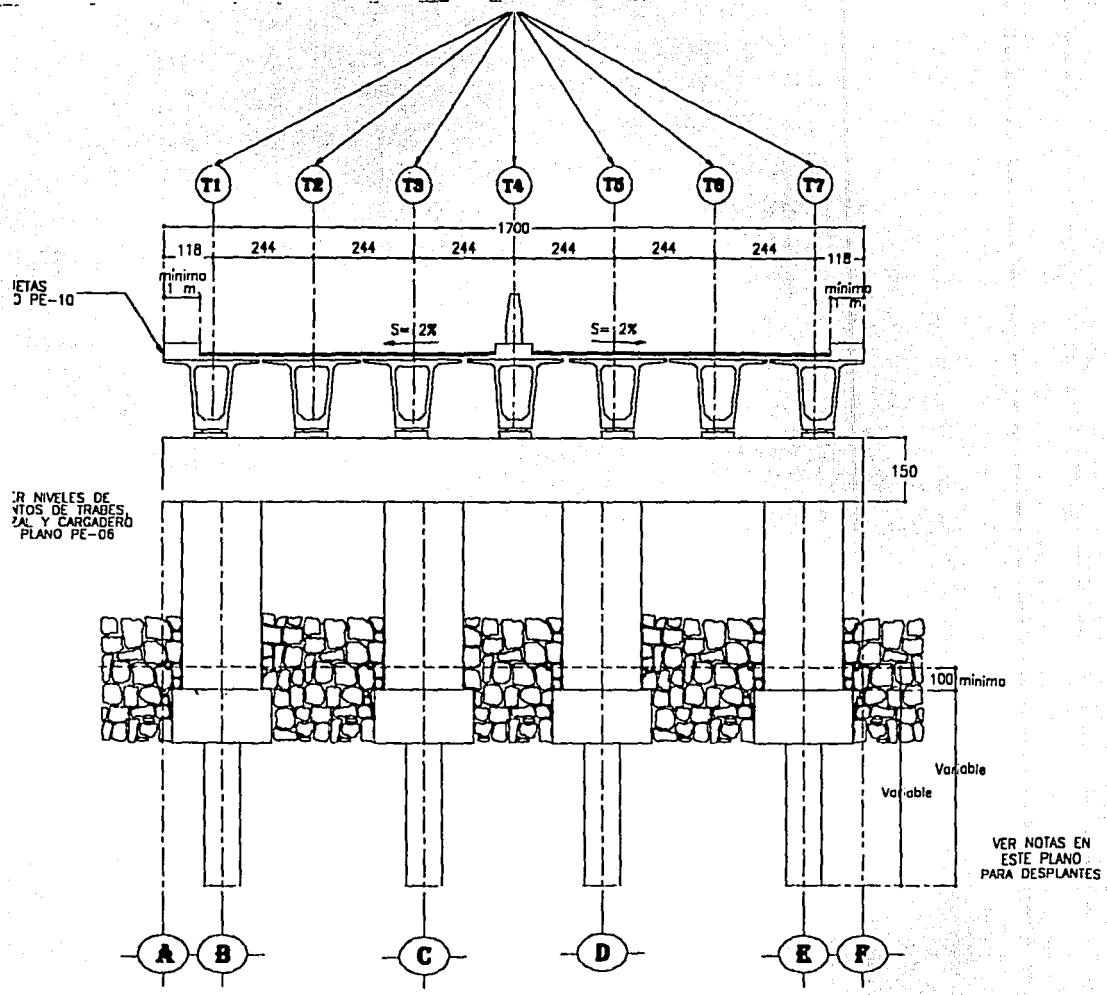


PLANTA GEOMETRICA

ESCALA 1 : 150
ACOTACIONES EN CMS.

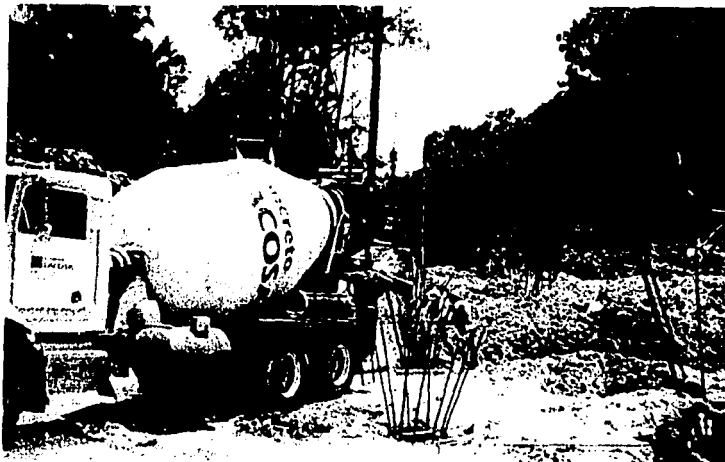
TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

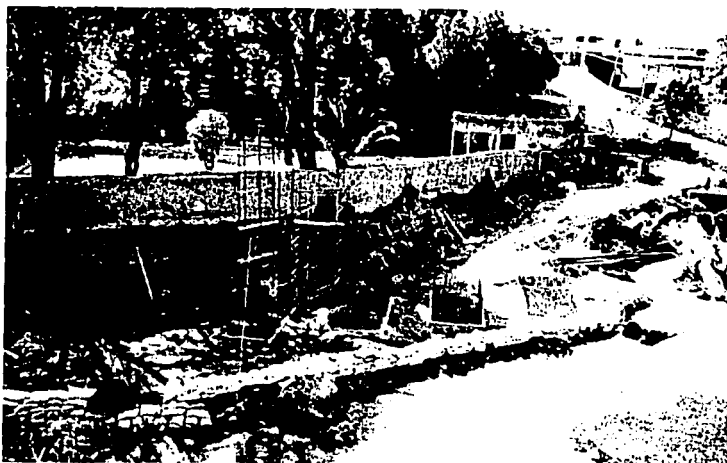


CORTE TRANSVERSAL B-B'

SIN ESCALA

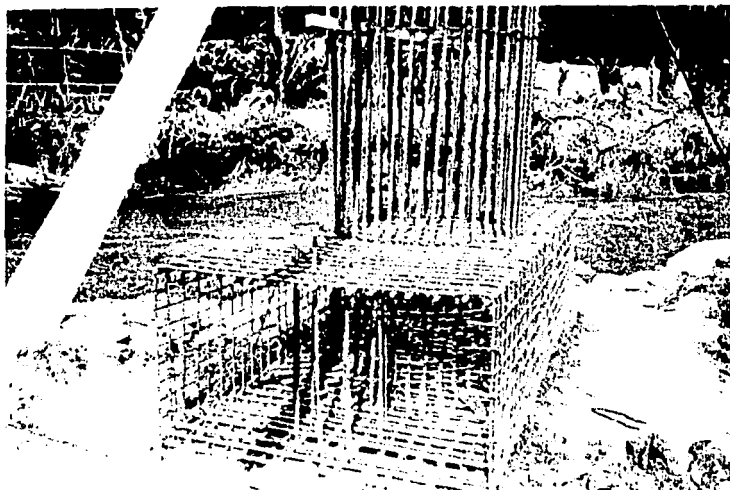


Colado de una pila del eje 6.

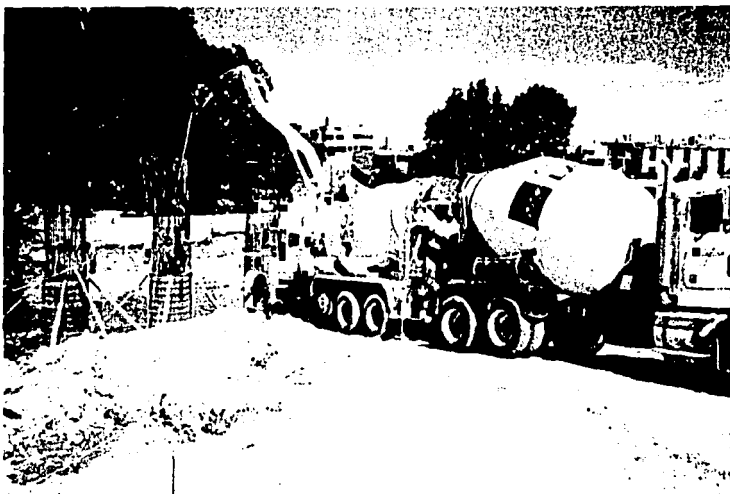


Armado en zapatas del eje 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

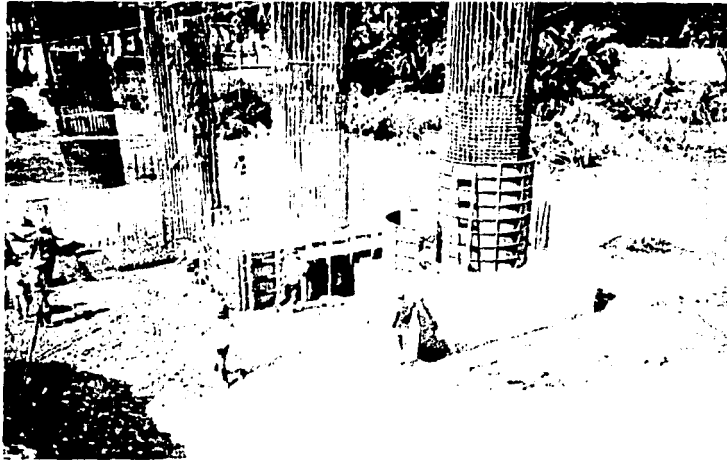


Armado de una zapata.



Colocación de 2 segmentos de columnas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Cimbrado de una zapata y un segmento de columna.

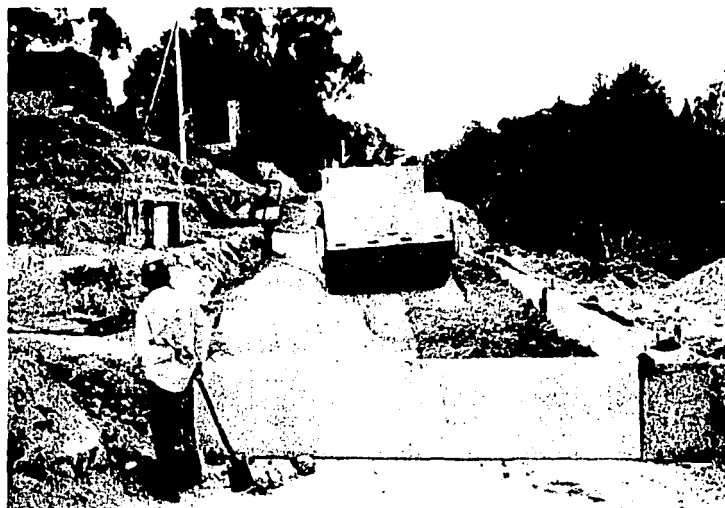


Avance en el apoyo N°2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

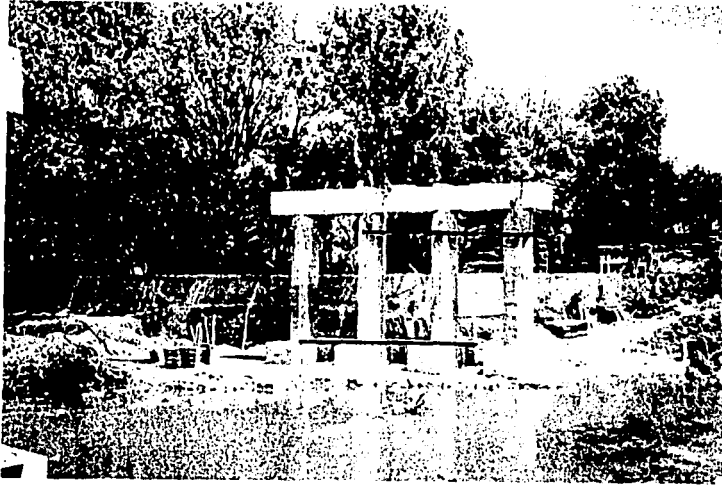


Construcción de paneles para muros de tierra armada.



Inicio de la construcción del estribo N° 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Apoyo N° 3 terminado al 100 %.
Retiro de la obra falsa del eje 7.



Colocación de neoprenos y montaje de la trabe 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Montaje de traves en el claro Poniente.



Armado de losa de compresión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



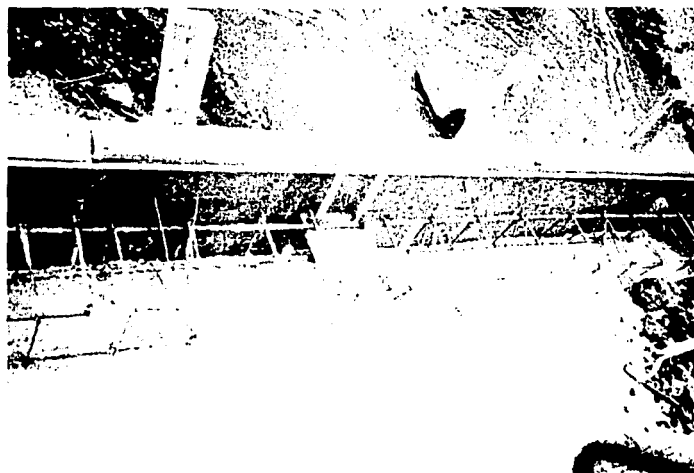
Colado de losa de compresión.



Vista lateral del puente "Atoyac".



Construcción de pedraplen.

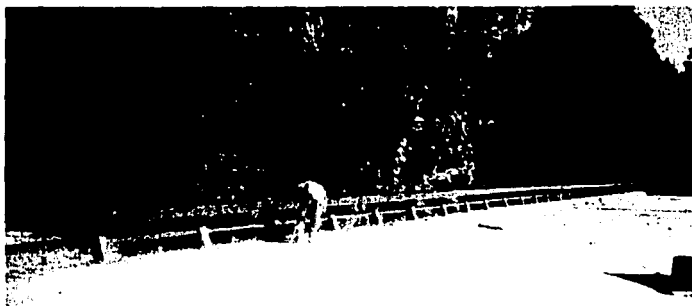


Colocación de placas inferiores para el parapeto.

LOS TESIS NO SALIR
DE LA ESCUELA



Colocación de parapeto.



Pintura del parapeto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Registros para instalación eléctrica.



Instalación de juntas de dilatación.

PRUEBAS
DE
LABORATORIO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



LABSCON, S.A. DE C.V.

LABORATORIO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION

31 SUR No. 3313 FRACC. EL VERGEL C.P. 72400 PUEBLA, PUE.
 TEL. (01-2) 231-73-51 FAX: (01-2) 249-78-15

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

INFORME DE ENSAYES DE CONCRETO HIDRAULICO

OBRA	PUENTE ATOYAC	ENSAYES No	94
LOCALIZACION	BOULEVARD DEL NIÑO POBLANO	FECHA DE RECIBO	14/09/00
TRAMO	9 - 10	FECHA DE INFORME	30/09/00
IDENTIFICACION	ENSAYE No:	94	
	CLAVE :	A	B
	TOMADA DE:	CABEZAL DE APOYO No 3	

DATOS PREVIOS	f _c (kg/cm ²) DE PROYECTO	250	250		
	REV. PROYECTO EN CMS:	14	14		
	CEMENTO, MARCA Y TIPO:	MOCTEZUMA CP0 30			
	CONSUMO CEMENTO:				
	ADICIONANTE, CANTIDAD PROYECTO:				
	TIPO:	FINALIDAD:			

DATOS DE LA OBRA	CEMENTO	MARCA Y TIPO	MOCTEZUMA CP0 30		
		CONSUMO			
	ADICIONANTE,	CANTIDAD USADA			
	TIPO:	FINALIDAD			
	EQUIPO DE MEZCLADO Y SU CAPACIDAD	PREMEZCLADO EN PLANTA LACOSA 7 M3			
	TIPO DE ACOMODO UTILIZADO	VIBRADOR			
	AQUA, CONSUMO POR SACO				
	REVENIMIENTO EN CM.	14.5	14.5		

DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO EN CM.:	15.00	15.00		
	SECCION EN Cm ² :	176.71	176.71		
	FECHA DE COLADO:	14/09/00	14/09/00		
	FECHA DE RUPTURA:	21/09/00	28/09/00		
	EDAD EN DIAS:	7	14		

DATOS DEL ENSAYE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL			
	PROCEDIMIENTO DE CURADO:	INMERSION EN AGUA			
	CARGA DE RUPTURA EN Kg.:	33600	41200		
	RESISTENCIA EN Kg/Cm ² :	190.14	233.15		
	%DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO	76.06%	93.26%		

OBSERVACIONES:
 LOS ESPECIMENES ANALIZADOS EVOLUCIONAN SATISFACTORIAMENTE A LOS 7 Y 14 DIAS DE EDAD Y SE ESPERA QUE ALCANCEN SU MAXIMA RESISTENCIA DE PROYECTO A LOS 28 DIAS.

LABORATORISTA <i>PA</i> <i>M...</i> ING. MARIO ILLESCAS DIAZ	JEFE DE LABORATORIO <i>p.c.</i> <i>[Signature]</i> ING. ISMAEL GASPAR MALDONADO	Vº Bo <i>P.a.</i> <i>[Signature]</i> ING. LADISLAO JUAN GONZALEZ
--	---	--



LABSCON, S.A. DE C.V.

LABORATORIO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION

31 SUR No. 3313 FRACC. EL VERGEL C.P. 72400 PUEBLA, PUE.
TEL. (01-2) 231-73-51 FAX: (01-2) 249-78-15

LABSCON

INFORME DE ENSAYES DE CONCRETO HIDRAULICO

OBRA	PUENTE ATOYAC		ENSAYES No	92	
LOCALIZACION	BOULEVARD DEL NIÑO POBLANO		FECHA DE RECIBO	14/09/00	
TRAMO	9 - 10		FECHA DE INFORME	30/09/00	
IDENTIFICACION	ENSAYE No:	92	92		
	CLAVE :	A	B		
	TOMADA DE:	CABEZAL DE APOYO No 3			

DATOS PREVIOS	Fc(kg/cm2) DE PROYECTO	250	250		
	REV. PROYECTO EN CMG:	14	14		
	CEMENTO, MARCA Y TIPO:	MOCTEZUMA CPD 30			
	CONSUMO CEMENTO:				
	ADICIONANTE, CANTIDAD PROYECTO:				
	TIPO:	FINALIDAD:			

DATOS DE LA OBRA	CEMENTO	MARCA Y TIPO	MOCTEZUMA CPD 30		
		CONSUMO			
	ADICIONANTE,	CANTIDAD USADA			
	TIPO:	FINALIDAD			
	EQUIPO DE MEZCLADO Y SU CAPACIDAD	PREMEZCLADO EN PLANTA LACOSA 7 M3			
	TIPO DE ACOMODO UTILIZADO	VIBRADOR			
AGUA, CONSUMO POR SACO					
REVENIMIENTO EN CM.	16	16			

DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO EN CM.:	15.00	15.00		
	SECCION EN Cm2:	176.71	176.71		
	FECHA DE COLADO:	14/09/00	14/09/00		
	FECHA DE RUPTURA:	21/09/00	28/09/00		
	EDAD EN DIAS:	7	14		

DATOS DEL ENSAYE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL			
	PROCEDIMIENTO DE CURADO:	INMERSION EN AGUA			
	CARGA DE RUPTURA EN Kg.:	36200	44400		
	RESISTENCIA EN Kg/Cm2:	204.86	251.26		
	%DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO	81.94%	100.50%		

OBSERVACIONES
 LOS ESPECIMINES ANALIZADOS EVOLUCIONAN SATISFACTORIAMENTE A LOS 7 Y 14 DIAS DE EDAD Y SE ESPERA QUE ALCANCEN SU MAXIMA RESISTENCIA DE PROYECTO A LOS 28 DIAS.

LABORATORISTA P.A. <i>Mario</i> ING. MARIO ILLESCAS DIAZ	JEFE DE LABORATORIO P.A. <i>Ismael</i> ING. ISMAEL GASPARD MALDONADO	Vo Bo <i>Ladislao</i> ING. LADISLAO JUAN GONZALEZ
--	--	---

74
 TESIS CON FALLA DE ORIGEN



LABSCON, S.A. DE C.V.

LABORATORIO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION

31 SUR No. 3313 FRACC. EL VERGEL C.P. 72400 PUEBLA. PUE.
TEL. (01-2) 231-73-51 FAX: (01-2) 249-78-15

LABSCON

INFORME DE ENSAYES DE CONCRETO HIDRAULICO

OBRA	PUENTE ATOYAC		ENSAYES No	93	
LOCALIZACION	BOULEVARD DEL NIÑO POBLANO		FECHA DE RECIBO	14/09/00	
TRAMO	9 - 10		FECHA DE INFORME	30/09/00	
IDENTIFICACION	ENSAYE No:	93	93		
	CLAVE :	A	B		
	TOMADA DE:	CABEZAL DE APOYO No 3			

DATOS PREVIOS	f_c (kg/cm ²) DE PROYECTO	250	250		
	REV. PROYECTO EN CMS:	14	14		
	CEMENTO, MARCA Y TIPO:	MOCTEZUMA CP0 30			
	CONSUMO CEMENTO:				
	ADICIONANTE, CANTIDAD PROYECTO:				
	TIPO:	FINALIDAD:			

DATOS DE LA OBRA	CEMENTO	MARCA Y TIPO	MOCTEZUMA CP0 30		
		CONSUMO			
	ADICIONANTE, CANTIDAD USADA				
	TIPO:	FINALIDAD			
	EQUIPO DE MEZCLADO Y SU CAPACIDAD	PREMEZCLADO EN PLANTA LACOSA 7 M3			
	TIPO DE ACOMODO UTILIZADO	VIBRADOR			
	AGUA, CONSUMO POR SACO				
	REVENIMIENTO EN CM.	14,5	14,5		

DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO EN CM.:	15.00	15.00		
	SECCION EN CM ² :	176.71	176.71		
	FECHA DE COLADO:	14/09/00	14/09/00		
	FECHA DE RUPTURA:	21/09/00	28/09/00		
	EDAD EN DIAS:	7	14		

DATOS DEL ENSAYE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL			
	PROCEDIMIENTO DE CURADO:	INMERSION EN AGUA			
	CARGA DE RUPTURA EN Kg.:	34400	43400		
	RESISTENCIA EN Kg/Cm ² :	194.67	245.60		
	%DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO	77.87%	98.24%		

OBSERVACIONES
 LOS ESPECIMINES ANALIZADOS EVOLUCIONAN SATISFACTORIAMENTE A LOS 7 Y 14 DIAS DE EDAD Y SE ESPERA QUE ALCANCEN SU MAXIMA RESISTENCIA DE PROYECTO A LOS 28 DIAS

LABORATORISTA P.A. <i>Mario</i> ING. MARIO ILLESCAS DIAZ	JEFE DE LABORATORIO P.A. <i>Ismael</i> ING. ISMAEL GASPAR MALDONADO	Vo Bo P.A. <i>Ladislao</i> ING. LADISLAO JUAN GONZALEZ
--	---	--

75

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



LABSCON, S.A. DE C.V.

LABORATORIO, SUPERVISION Y CONSTRUCCION

31 SUR 3313 FRACC. EL VERGEL PUEBLA, PUE. C.P. 72400
TEL 01 (2) 231-73-51

REPORTE DE COLADOS DE CONCRETO HIDRAULICO

OBRA:	PUENTE RIO ATOYAC	ENSAYES No.	92-94
LOCALIZACION:	BOULEVARD DEL NIÑO POBLANO TRAMO 9 - 10	F. DE RECIBO:	14/09/00
	(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	F. DE INFORME:	15/09/00

HORA DE INICIO	12:25	ELEMENTO COLADO	CABEZAL DE APOYO No 3	F.C DE PROYECTO	250 Kg/cm2
HORA DE TERMINACION	16:00			REVENIMIENTO	14 +/- 2 cms
ADITIVO EMPLEADO.		No DE SECCION	UNCA	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	
FINALIDAD DEL ADITIVO				CANTIDAD DE ADITIVO EMPLEADO	
CLIMA	CALUROSO	EQUIPO DE DOSIFICACION	PLANTA DOSIFICADORA LACOSA	EQUIPO PIACARREO DEL CONCRETO	CARRO BOMBA
TEMPERATURA AMBIENTE	24° C	EQUIPO DE MEZCLADO	CARRO REVOLVEDORA	EQUIPO PIACOMODAR EL CONCRETO	VIBRADOR

DATOS QUE PROPORCIONA EL CONTRATISTA

MATERIALES	PROCEDENCIA O MARCA Y TIPO	PROPORCIONES EN PESO	CANTIDADES/M3	CANTIDADES POR BACHA (sin corregir)	CANTIDADES POR		INDICAR LOS PROBLEMAS DE DOSIFICACION QUE SE HAYAN TENIDO.
					BACHA (corregidos)	BACHA (corregidos)	
CEMENTO							
AGUA							
ARENA							
GRAVA							

(DE ESTAS COLUMNAS SE LLENARA CUANDO MENOS UNA)

VOLUMEN DEL COLADO	55.50
SACOS DE CEMENTO EMPLEADOS	
KILOGRAMOS DE CEMENTO UTILIZADOS	
CONSUMO POR METRO CUBICO	

DIMENSIONES DE LAS SECCIONES m			VOL.m3
2.00	18.50	1.50	55.50
			55.50

ESPECIMENES ELABORADOS Y REVENIMIENTOS TOMADOS			
No DE ENSAYE	92	93	94
CLAVE DEL ESPECIMEN	A-B-C-D	A-B-C-D	A-B-C-D
REV. DE LOS CILS. cm	18	14.5	18
REV. ADICIONALES. cm.			

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL COLADO SE LLEVO A CABO EN CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO HACIENDO LAS OBSERVACIONES NECESARIAS DURANTE LA EJECUCION DEL MISMO.

LABORATORISTA
P.A. *M. M.*
ING. MARIO ILLESCAS DIAZ

JEFE DE LABORATORIO
P.A. *I.G.M.*
ING. ISMAEL GASPAR MALDONADO

Yo, Bo.
L.J.G.
ING. LADISLAO JUAN GONZALEZ

FALLA DE ORIGEN
TESIS CON

76

Concreto LACOSA

PRODUCCION
NOTA DE REMISION

LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. PROL. AV. SAN ANTONIO No. 705, COL. LOMAS DE BECERRA, C.P. 01280 MEXICO, D.F.
 PEDIDOS: 5 598-68-77 CED. DE EMPADRONAMIENTO 807577 REG. FED. DE CAUS. LCO-770411-TB7 CANACINTRA 48430

25 8272

PLANTA MIEMBRO	FECHA 25/11/98	HORA 11:30	PEDIDO	UNIDAD M ³	OPERADOR EJEB	NO REMISION
CLIENTE NACIONAL DE FUENTES Y SERVICIOS			DIRECCION CALLE PROGRESO 1000			
VOLUMEN 1.000 m ³	CONCRETO ENTREGADO C20 FORTAL	CLASE Y CALIDAD C20 FORTAL	REVENIMIENTO 1000 m ³	PEDIDO 1000 m ³		
DESCARGA SERVICIOS		CODIGO CONCRETO GRAVA	POR SUMINISTRO		HORA DE LLEGADA A LA OBRA 11:30 HORA DE SALIDA DE LA OBRA	
SERVICIOS Y ESPECIFICACIONES			OBSERVACIONES		RECIBI DE CONFORMIDAD	
			EL SERVICIO FUE: EXCELENTE <input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>			
<p>Garantizamos las características de calidad y volumen de este concreto, conforme a las normas vigentes y/o A.S.T.M., actualizadas. Esta garantía será nula si la mezcla fuese modificada por el personal de la obra. Las pruebas para la verificación de la calidad de este concreto podrá llevarlas a cabo en un laboratorio previamente aceptado, por escrito por esta empresa y deberán sujetarse a lo que establece la norma DGN-C-155-1976 (ASTM-C-94-1974). La cuantificación del volumen deberá hacerse en el sitio y al momento de la descarga de acuerdo con lo que marca la norma DGN-162-1976 (ASTM-C-136-1975). Cualquier reclamación respecto al volumen deberá hacerse por escrito dentro de las siguientes 24 horas del suministro. En caso de que el comprador no haga la reclamación en este lapso, perderá el derecho a reclamar al vendedor.</p> <p>El cliente acepta las características del concreto que consigna esta remisión, en el momento que permite la descarga y firma de recibido MIEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE CONCRETO Premezclado A.C.</p>						

CLIENTE

COM-F09

Concreto LACOSA

PRODUCCION
NOTA DE REMISION

LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V. PROL. AV. SAN ANTONIO No. 705, COL. LOMAS DE BECERRA, C.P. 01280 MEXICO, D.F.
 PEDIDOS: 5 598-68-77 CED. DE EMPADRONAMIENTO 807577 REG. FED. DE CAUS. LCO-770411-TB7 CANACINTRA 48430

25 8273

PLANTA MIEMBRO	FECHA 25/11/98	HORA 11:30	PEDIDO	UNIDAD M ³	OPERADOR EJEB	NO REMISION
CLIENTE NACIONAL DE FUENTES Y SERVICIOS			DIRECCION CALLE PROGRESO 1000			
VOLUMEN 1.000 m ³	CONCRETO ENTREGADO C20 FORTAL	CLASE Y CALIDAD C20 FORTAL	REVENIMIENTO 1000 m ³	PEDIDO 1000 m ³		
DESCARGA SERVICIOS		CODIGO CONCRETO GRAVA	POR SUMINISTRO		HORA DE LLEGADA A LA OBRA 12:00 HORA DE SALIDA DE LA OBRA	
SERVICIOS Y ESPECIFICACIONES			OBSERVACIONES		RECIBI DE CONFORMIDAD	
			EL SERVICIO FUE: EXCELENTE <input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/>			
<p>Garantizamos las características de calidad y volumen de este concreto, conforme a las normas vigentes y/o A.S.T.M., actualizadas. Esta garantía será nula si la mezcla fuese modificada por el personal de la obra. Las pruebas para la verificación de la calidad de este concreto podrá llevarlas a cabo en un laboratorio previamente aceptado, por escrito por esta empresa y deberán sujetarse a lo que establece la norma DGN-C-155-1976 (ASTM-C-94-1974). La cuantificación del volumen deberá hacerse en el sitio y al momento de la descarga de acuerdo con lo que marca la norma DGN-162-1976 (ASTM-C-136-1975). Cualquier reclamación respecto al volumen deberá hacerse por escrito dentro de las siguientes 24 horas del suministro. En caso de que el comprador no haga la reclamación en este lapso, perderá el derecho a reclamar al vendedor.</p> <p>El cliente acepta las características del concreto que consigna esta remisión, en el momento que permite la descarga y firma de recibido MIEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE CONCRETO Premezclado A.C.</p>						

CLIENTE

COM-F09

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

77