



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESINA

“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE
VEHICULAR PARA EL PASO SUPERIOR DE LA
CALZADA MADERO-CHARO, DEL DISTRIBUIDOR
VIAL CHARO.”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JUAN ALBERTO VILLASEÑOR CALDERÓN

ASESOR:

ÓSCAR JUÁREZ CONTRERAS

MORELIA, MICHOACÁN | MAYO DE 2010



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
I. ANTECEDENTES E HISTORIA.....	2
1. HISTORIA DE LOS PUENTES EN MÉXICO.	5
II. TIPOS DE PUENTES.....	8
CAPITULO II.....	13
I. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN PUENTE.	13
1. LA INFRAESTRUCTURA.....	13
2. LA SUBESTRUCTURA.....	26
3. LA SUPERESTRUCTURA.....	26
CAPITULO III.....	32
I. CONSIDERACIONES GENERALES.....	32
1. TRABAJOS EJECUTADOS.....	32
2. CONSIDERACIONES NORMATIVAS.....	44
II. TRABAJOS PRELIMINARES.....	54
1. LIMPIEZA.....	54
2. UBICACIÓN, TRAZO Y NIVELACIÓN.....	54
III. INFRAESTRUCTURA.....	54
1. PILOTES COLADOS EN EL LUGAR.....	54
IV. SUBESTRUCTURA.....	60
1. ELABORACIÓN DE COLUMNAS DE PILAS DE CONCRETO REFORZADO, CABEZALES, TOPES Y BANCOS... ..	60
V. SUPERESTRUCTURA.....	74
1. ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.....	74
VI. CONSTRUCCIÓN DE RAMPAS DE ACCESO.....	81
1. TERRACERIAS.....	81
2. PAVIMENTOS.....	86
VII. INSTALACIONES ESPECIALES.....	98
1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	98
VIII. OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	99
1. APOYOS DE NEOPRENO.....	99
2. JUNTAS DE DILATACIÓN.....	100
3. GUARNICIÓN Y PARAPETO.....	102
4. SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.....	104
5. BARRERA CENTRAL DE CONCRETO.....	112
CONCLUSIONES.....	114
REFERENCIAS.....	116



INTRODUCCIÓN.

La obra pública en el estado de Michoacán es una actividad de suma importancia por lo que está reglamentada desde la planeación hasta la entrega de la obra por diversos ordenamientos legales, así como las instituciones que hacen valido el cumplimiento de los mismos. Actualmente, debido a la situación económica del país, la importancia de la obra pública ha tenido un repunte significativo debido a la cantidad de empleos que genera, así como el impacto social que provoca la realización de las obras de necesidad general.

En el caso de ésta obra en particular, la decisión de construir un distribuidor vial en la salida a Charo se dio a partir del incremento poblacional en la ciudad de Morelia aunado a la importancia comercial y turística que tiene la ciudad capital del estado de Michoacán, factores que traen como consecuencia el incremento vehicular, principalmente en los ingresos a la ciudad.

El propósito de este trabajo es el de compilar y ordenar la información de las labores llevadas a cabo para la construcción del puente para el paso superior vehicular que forma parte del distribuidor vial de la salida a Charo, necesaria para describir el proceso constructivo de ésta estructura, que tiene la finalidad de proporcionar, a todos aquellos que la necesiten, constructores o estudiantes, una herramienta de consulta que permita planear, ejecutar, supervisar y revisar de manera eficiente los trabajos involucrados en la obra, de manera que éste trabajo fue realizado revisando, analizando y actualizando los procedimientos constructivos, en base a nuevas técnicas y materiales de construcción, así como las ya establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de manera que se garantizará una obra con un alto grado de confiabilidad en beneficio de la Sociedad Michoacana.

Sin embargo, la industria de la construcción es una actividad dinámica, es decir, se encuentra cambiando de manera constante, nuevos materiales y nuevas técnicas surgen a cada momento, por lo que es necesario hacer notar que éste trabajo puede servir de apoyo o respaldo, pero que las nuevas tecnologías propician la evaluación constante del mismo, llevándonos a construir obras cada vez mejores al servicio de la Sociedad.



CAPITULO I

I. ANTECEDENTES E HISTORIA.

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

A lo largo de la historia, el diseño y por ende la construcción de los puentes han estado bajo la influencia de los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores.

Los puentes tienen su origen en la misma prehistoria. Posiblemente el primer puente de la historia fue un árbol que usó un hombre prehistórico para conectar las dos orillas de un río. También utilizaron losas de piedra para arroyos pequeños cuando no había árboles cerca. Los siguientes puentes fueron arcos hechos con troncos o tablonés y eventualmente con piedras, usando un soporte simple y colocando vigas transversales. La mayoría de estos primeros puentes eran muy pobremente construidos y raramente soportaban cargas pesadas. Fue esta insuficiencia la que llevó al desarrollo de mejores puentes. El arco fue usado por primera vez por el Imperio Romano para puentes y acueductos, algunos de los cuales todavía se mantienen en pie. Los puentes basados en arcos podían soportar condiciones que antes se habrían llevado por delante a cualquier puente.

Un ejemplo de esto es el Puente de Alcántara, construido sobre el Río Tajo, cerca de Portugal. La mayoría de los puentes anteriores habrían sido barridos por la fuerte corriente.



Puente Alcántara, España.



Los romanos también usaban cemento, que reducía la variación de la fuerza que tenía la piedra natural. Un tipo de cemento, llamado puzolana, consistía de agua, limo, arena y roca volcánica. Los puentes de ladrillo y mortero fueron contruidos después de la era romana, ya que la tecnología del cemento se perdió y más tarde fue redescubierta.

Los puentes de cuerdas, un tipo sencillo de puentes suspendidos, fueron usados por la civilización Inca en los Andes de Sudamérica, justo antes de la colonización europea en el siglo XVI.

Después de esto, la construcción de puentes no sufrió cambios sustanciales durante mucho tiempo. La piedra y la madera se utilizaban prácticamente de la misma manera durante la época napoleónica que durante el reinado de Julio César, incluso mucho tiempo antes. La construcción de los puentes fue evolucionando conforme la necesidad que de ellos se sentía. Cuando Roma empezó a conquistar la mayor parte del mundo conocido, iban levantando puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada.

A la caída del Imperio Romano el arte sufrió un gran retroceso, durante más de seis siglos. El hombre medieval veía en los ríos una defensa natural contra las invasiones, por lo que no consideraba necesario la construcción de los medios para salvarlos. El puente era un punto débil en el sistema defensivo. Por lo tanto muchos de los que estaban contruidos fueron desmantelados, y los pocos que quedaron estaban protegidos con fortificaciones.

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

Con la Revolución industrial en el siglo XIX, los sistemas de armaduras de fierro forjado fueron desarrollados para puentes más grandes, pero el hierro no tenía la fuerza elástica para soportar grandes cargas. Con la llegada del acero, que tiene un alto límite elástico, fueron contruidos puentes mucho más largos, muchos utilizando las ideas de Gustave Eiffel.

En cuanto a los elementos que componen un puente se dividen fundamentalmente de tres partes: la superestructura, la subestructura y la infraestructura.

Los puentes deben ser inspeccionados con cierta regularidad (2 años) y se utilizan para ello métodos tradicionales y medios específicos. Las técnicas no destructivas son:



endoscopía y cámara con control remoto, termografía, fotogrametría y topografía convencional y ensayos no destructivos.

La calidad de las estructuras y de los elementos prefabricados como tubos, vigas, etc., se realiza mediante toma de muestras, ensayo de materiales, control de fabricación, control en obra y pruebas en obra.

Resumiendo, a lo largo de la historia los puentes han marcado una diferencia en las comunicaciones, y a su vez los materiales fueron evolucionando junto con ellas, la historia permite mostrar la evolución de estos en los puentes y de esta manera asegurando una mejor funcionalidad, y evolución, a continuación se muestra en la tabla el desarrollo de estos:

Cronología de los materiales en la construcción de puentes.

	COMPRESIÓN	FLEXIÓN	TENSIÓN
<i>Prehistoria</i>	<i>Arcilla (adobe, ladrillo)</i>	<i>Madera</i>	<i>Cuerdas</i>
<i>Historia clásica</i>	<i>Piedra</i>	<i>Madera</i>	<i>Madera</i> <i>Grapas metálicas</i>
<i>Siglo XIX</i>	<i>Materiales de fundición.</i>	<i>Madera</i>	<i>Cadenas de hierro</i>
<i>Primera mitad siglo XX</i>	<i>Concreto en masa</i> <i>Acero laminado</i>	<i>Concreto armado</i> <i>Acero laminado</i>	<i>Cables de acero</i>
<i>Segunda mitad siglo XX</i>	<i>Concretos reforzados especiales</i> <i>Acero laminado</i>	<i>Maderas laminadas</i> <i>Concreto pretensado</i> <i>Acero laminado</i> <i>Aleaciones ligeras</i>	<i>Cables de acero de alta resistencia, alto límite elástico y baja relajación</i>



1. HISTORIA DE LOS PUENTES EN MÉXICO.

Al desarrollarse la tecnología del concreto reforzado, empezaron a construirse estructuras complejas con este material. Al principio, únicamente losas planas de 10 m. de claro máximo y, posteriormente, losas sobre varias nervaduras hasta de 15 m. de claro. Para claros mayores se seguía recurriendo al acero estructural.

Sin embargo, pronto se observó que el concreto era un material mucho más económico que el acero, porque se fabricaba al pie de la obra con elementos locales. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes fue pionera en México en la instalación de laboratorios para el control de calidad de los materiales de la construcción y para la implantación de las normas correspondientes. El desarrollo de esta tecnología permitió obtener concretos de mayor resistencia y de mayor confiabilidad.

Lo anterior, favoreció la construcción de grandes puentes de concreto reforzado, como el arco del puente Belisario Domínguez, que vino a sustituir el puente colgante sobre el río Grijalva, en Chiapas, en el año de 1954.



Puente Belisario Domínguez, Chiapas.

Aunque la idea del concreto presforzado es muy antigua, no pudo materializarse en las obras de ingeniería civil mientras no se desarrollaron los concretos y aceros de alta resistencia que, por una parte, permitían la aplicación de grandes fuerzas externas y, por la otra, reducían las pérdidas que esas fuerzas experimentaban, como consecuencia de las deformaciones diferidas.

La aplicación del concreto presforzado a los puentes se da por primera vez, en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese continente, por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.

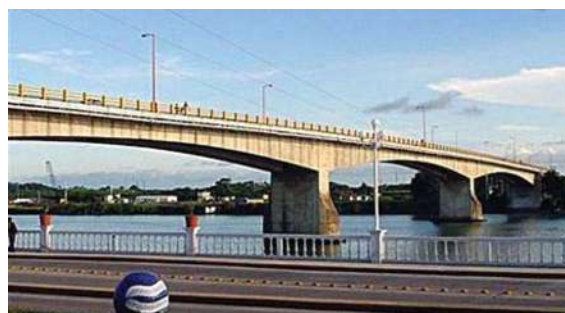


En México, la aplicación de esa nueva tecnología fue relativamente temprana. El puente Zaragoza, sobre el río Santa Catarina, en la ciudad de Monterrey fue el primer puente de concreto presforzado del continente americano, construido en 1953 bajo la dirección exclusiva de ingenieros mexicanos, que idearon un sistema original para el sistema de anclaje de los cables de presfuerzo y comprobaron la validez de sus cálculos con la realización de una prueba de carga sobre una viga de escala natural.



Puente Zaragoza, Monterrey.

Pocos años después, en 1957, se construyó el puente sobre el río Tuxpan, en el acceso al puerto del mismo nombre, en el estado de Veracruz que constituye otra primicia de la ingeniería mexicana en el continente americano, ya que fue la primera obra de este lado del océano en que se aplicó el sistema de dovelas en doble voladizo. El puente tiene claros de 92 m. y es de tipo Gerber, con articulaciones metálicas al centro de los claros. El concreto se presforzó con barras de acero redondo y durante la construcción, se tuvieron diversos problemas por la falta de experiencia en este sistema de construcción, al grado que para la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días, en tanto que, para las últimas, el tiempo se acortó a 10 días.



Puente Tuxpan, Veracruz.

El incremento de la industria del presfuerzo y la prefabricación permitió el empleo cada vez más frecuente de vigas presforzadas y prefabricadas en los puentes. Con estos elementos se evitaban las obras falsas y se reducían los tiempos de construcción. Al principio, este tipo de estructuras se veía limitado en su aplicación por falta de personal



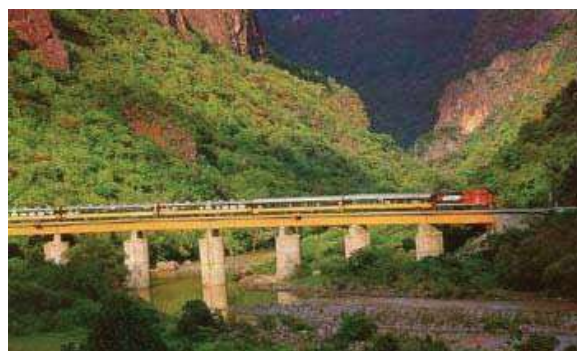
calificado y por dificultades para el transporte de los elementos hasta el sitio de las obras, pero esas limitaciones fueron superadas al irse desarrollando el país.

Uno de los puentes más importantes en los que por primera vez se aplica en forma intensiva el uso de vigas prefabricadas presforzadas es el que cruza el río Coatzacoalcos y que permite el paso de la carretera costera del golfo y del ferrocarril. Durante varios años, éste puente, con una longitud de aproximadamente, 1 Km. fue el más largo de México.



Puente Coatzacoalcos, Veracruz.

En lo que se refiere a los puentes de acero estructural, se tiene un avance importante cuando se empieza a aplicar la soldadura en la ejecución de juntas, como lo ocurrido a mediados de la década de los 50's que permitió la construcción de estructuras más ligeras, en el puente de Chinipas del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, se construyeron uniones remachadas y soldadas en una armadura de tres tramos continuos de paso superior y con un sistema ingenioso de montaje.

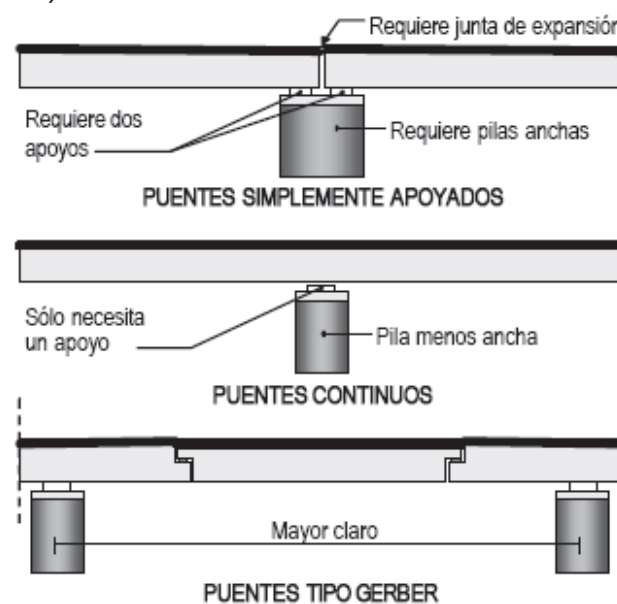


Puente Ferroviario Chinipas, Chihuahua.

II. TIPOS DE PUENTES.

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 pueden clasificar en diferentes tipos, de acuerdo a diversos conceptos como el tipo de material, su comportamiento, el sistema estructural predominante, el uso del puente, la geometría, importancia, etc.

DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO ESTÁTICO los puentes se pueden clasificar como simplemente apoyados y continuos.



POR SU SISTEMA ESTRUCTURAL existen cinco tipos principales de puentes: puentes viga, en ménsula, en arco, colgantes, y atirantados. El resto de tipos son derivados de estos.

Puentes vigas tienen tableros isostáticos apoyados sobre voladizos de tramos isostáticos o hiperestáticos, cuyos vanos son soportados por vigas.



Stuttgart-cannstatt-eisenbahnviadukt, Alemania



Un puente en ménsula es un puente en el cual una o más vigas principales trabajan como ménsula o voladizo. Normalmente, las grandes estructuras se construyen por la técnica de volados sucesivos, mediante ménsulas consecutivas que se proyectan en el espacio a partir de la ménsula previa. Los pequeños puentes peatonales pueden construirse con vigas simples, pero los puentes de mayor importancia se construyen con grandes estructuras reticuladas de acero o vigas tipo cajón de hormigón postensado, o mediante estructuras colgadas.



Puente Rosario-Victoria, Argentina.

Puentes en arco o arqueados son puentes con apoyos a los extremos del claro, entre los cuales se halla una estructura con forma de arco por donde se transmiten las cargas. El tablero puede estar apoyado o colgado de esta estructura principal, dando origen a distintos tipos de puentes.



Puente Alcántara, España.



Puentes colgantes. Constan de un tablero suspendido en el aire por dos grandes cables, que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres construidas sobre las pilas. El tablero puede estar unido al cable por medio de una viga de armadura. Existen diversos puentes colgantes y pueden alcanzar claros superiores a 100 m.



Puentes colgantes Golden Gate, EUA y Juscelino Kubitschek, Brasil.

Puente atirantado es aquel cuyo tablero está suspendido de uno o varios pilotes centrales mediante obenques. Se distingue de los puentes colgantes porque en estos los cables principales se disponen de pila a pila, sosteniendo el tablero mediante cables secundarios verticales, y porque los puentes colgantes trabajan principalmente a tensión, y los atirantados tienen partes a tensión y otras a compresión.

Este tipo de puentes se empezó a usar a mediados del Siglo XX, y sustituyeron a los puentes en ménsula. Generalmente se usa en vanos medianos y grandes, como en estrechos, aunque para vanos mayores de un kilómetro, en la actualidad se usan puentes colgantes solamente. Este tipo de puentes también se usa para pequeñas pasarelas peatonales.



Puente Tampico, Tamaulipas.



Los puentes atirantados, sobre todo si tienen varias torres, pueden parecer muy parecidos a los colgantes, pero no lo son. En la construcción, en un puente colgante se disponen muchos cables de pequeño diámetro entre los pilares y los extremos donde se anclan al suelo o un contrapeso, estos cables, son la estructura primaria de carga del puente. Antes de montar la pista, se suspenden cables del cable principal, y más tarde se monta esta, sosteniéndola de dichos cables, para ello, la pista se eleva en secciones separadas y se instala. Las cargas de la pista se transmiten a los cables, y de este al cable horizontal, y luego, a los pilares, los contrapesos de los extremos, reciben una gran fuerza horizontal.

En los puentes atirantados, las cargas, se transmiten al pilar central a través de los cables, pero al estar inclinados, también se transmiten por la propia sección, hasta el pilar, donde se compensa con la fuerza recibida por el otro lado, o con un contrapeso en el extremo, por ello, no requieren anclajes en los extremos.

Variaciones

Puente atirantado de pilar lateral



Puente Hispanoamérica, España.

Puente atirantado asimétrico



Puente del amor, Taiwán.

Puente atirantado de pilar de contrapeso



Puente del Alamillo, España.



Existen infinidad de clasificaciones que puede obtener un puente y las mencionadas anteriormente son las principales o las más comunes, pero por mencionar algunas otras, también se pueden clasificar:

SEGÚN SU DESTINO los puentes pueden ser:

- *Viaductos.*
- *Para carretera.*
- *Para ferrocarril.*
- *Compuestos.*
- *Acueducto (soporte de tuberías de agua, gas, petróleo, etc.).*
- *Pasarelas: pequeños puentes para peatones.*

SEGÚN EL ANCLAJE:

Puentes fijos: aparecen anclados de forma permanente en las pilas. Dentro de este tipo están los puentes de placas, cuya armadura es una plancha de concreto armado o pretensado que salva la distancia entre las pilas. Es una construcción bastante usual en las autopistas.

Puentes móviles: pueden desplazarse en parte para dar paso a embarcaciones. Están contruidos sobre las vías de navegación y permiten el paso de los barcos, desplazando una parte de la superestructura. Los puentes elevadizos son sencillos y prácticos para claros no muy grandes.

*Existen varios tipos de puentes móviles, el más usado es el de **tipo basculante**, formado por uno o dos tableros, apoyados por un eje en las pilas y convenientemente contrapesados, que se elevan por rotación sobre el eje. Suelen construirse en acero, pero se han hecho ensayos con metales ligeros (duraluminio).*

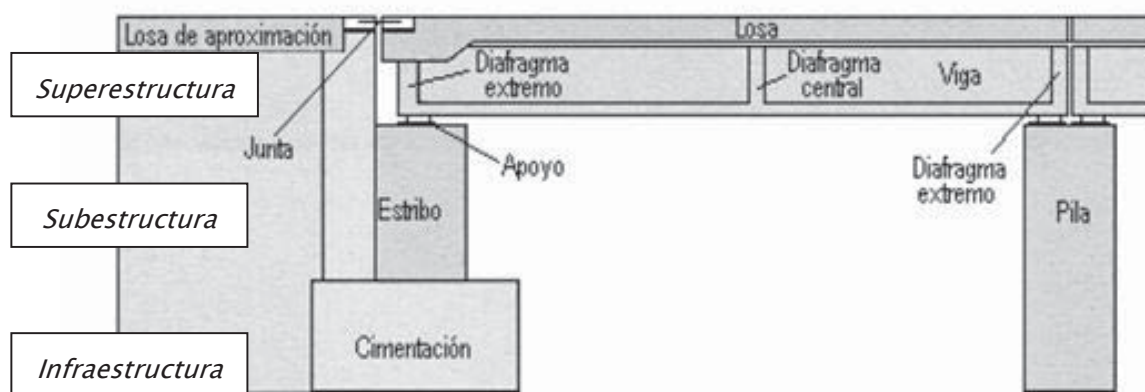
***Puentes de elevación vertical** se usan para mayores claros y constan de una plataforma, que se eleva verticalmente mediante poleas siguiendo unas guías contiguas; la plataforma suele ser de acero con vigas de armadura o de alma llena.*

***Puentes giratorios** constan de una plataforma apoyada en una pila y capaz de girar 90°, dejando abiertos a cada lado un canal de circulación. Sólo usados para pequeños claros, son movidos generalmente por motores eléctricos.*

CAPITULO II

I. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN PUENTE.

Los puentes se dividen en tres partes fundamentales:



Elementos que forman la infraestructura, la subestructura y la superestructura de un puente.

1. LA INFRAESTRUCTURA.

Está formada por la cimentación, que es la parte inferior que soporta todo el peso de la estructura y que transmite los esfuerzos al terreno natural. Existen normas breves que deben ser tomadas en cuenta para cualquier cimentación, son factores que influyen en la correcta selección de una cimentación, ya sea a cimentaciones poco profundas como a otras desplazadas a mayor profundidad, estos factores se agrupan en 3 clases principales:

- 1) Los relativos a la estructura, que engloban su función, cargas que transmite al suelo, materiales que la constituyen, etc.
- 2) Los relativos al suelo, que se refieren a sus propiedades mecánicas, especialmente a su resistencia y compresibilidad, a sus condiciones hidráulicas, etc.
- 3) Los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y aún el costo de la estructura.



En general debe encontrarse un equilibrio entre estos factores para poder obtener una idea preliminar del tipo de cimentación que requiere en específico el proyecto, este equilibrio sin embargo, puede verse afectado por la apreciación personal de cada proyectista.

Las cimentaciones pueden dividirse en 2 tipos:

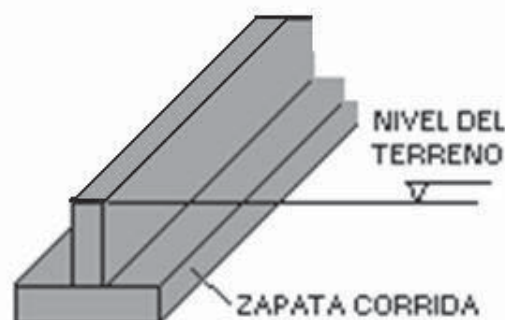
- *Cimentaciones superficiales o poco profundas*
- *Cimentaciones profundas*

1.1. CIMENTACIONES SUPERFICIALES O POCO PROFUNDAS.

Existen varios tipos de cimentaciones superficiales como zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación y mixtas. Sin embargo, para puentes las cimentaciones superficiales que se deben utilizar son las cimentaciones de zapatas corridas, esto cuando las cargas no son muy grandes, en ese caso deberá de recurrirse a las cimentaciones profundas.

Las zapatas corridas son elementos estructurales, contruidos con la finalidad de transmitir la carga de la estructura al terreno. En las zapatas corridas, la longitud supera en mucho al ancho y son capaces de soportar varias columnas o un muro, pueden hacerse de concreto reforzado o de mampostería, en caso de transmitir cargas no muy grandes.

La zapata corrida es necesaria cuando un suelo ofrece una resistencia muy baja, lo cual obliga al empleo de mayores áreas de repartición, es decir un área más grande que reparta mejor los esfuerzos transmitiendo menos al suelo, por esto también se usan cuando deben transmitirse al suelo grandes cargas.





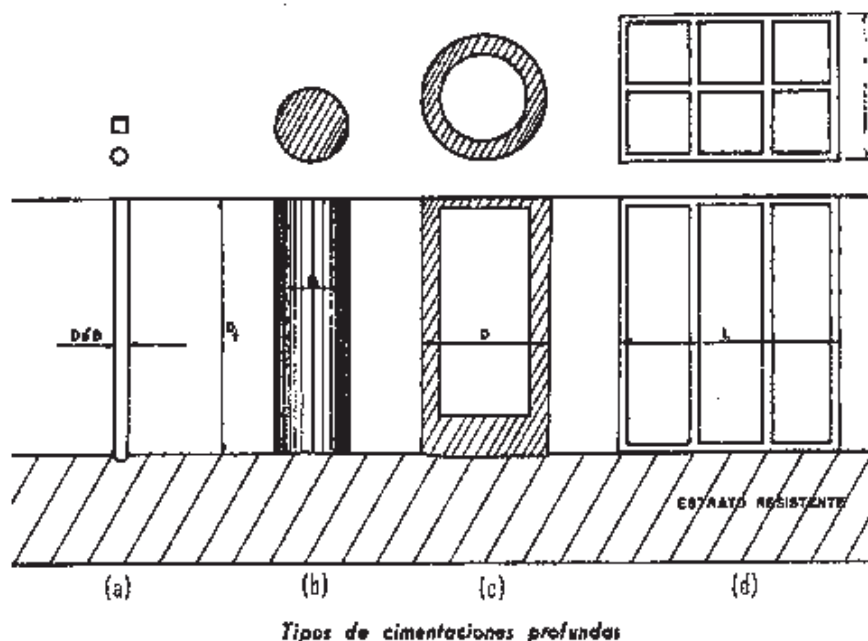
1.2. CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Las condiciones del suelo no siempre son las adecuadas para el uso de una cimentación superficial, lo que hace necesario buscar suelos más adecuados a mayor profundidad de manera que disponga de la resistencia suficiente para poder soportar el peso de la estructura, en caso de que no sea posible económicamente desplantarse en un suelo adecuado, deberá hacerse la cimentación en el suelo del que se disponga, en cualquiera de los casos es necesario el uso de cimentaciones profundas.

Existen varios tipos de cimentaciones profundas, generalmente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o de su lado, según sea su sección (rectangular o circular, éstas últimas son las más comunes). Son las siguientes:

- Pilote.
- Pila.
- Cilindro.
- Cajones.

En la siguiente figura se pueden observar los tipos de cimentaciones profundas:





1.2.1. PILOTES.

Los pilotes son elementos muy esbeltos con dimensiones transversales de entre 0.30 m. y 1.0 m, suelen ser de madera, concreto o acero, generalmente se usan como elementos de cimentación cuando se requiere:

- *Transmitir las cargas de la estructura a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente que garantice el apoyo adecuado. Esta forma de trabajo de los pilotes puede asemejarse a las columnas de una estructura.*
- *Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral producida entre el suelo y el pilote.*
- *Proporcionar anclaje lateral a ciertas estructuras, o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas. En este caso se recurre frecuentemente a pilotes inclinados.*
- *Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a momentos de volcadura o efectos que tratan de levantar la estructura. Estos son los pilotes de tensión.*
- *Alcanzar profundidades ajenas a la erosión, socavación u otros efectos nocivos.*

Los pilotes pueden ser diseñados para cumplir con más de una de las funciones antes mencionadas.

Existen varias clasificaciones de los pilotes, según su forma de trabajo, su sistema constructivo, su diámetro, su material, etc. Es importante por decirlo de alguna manera, clasificar los tipos de pilotes que existen ya que son diferentes en la forma en que trabajan y por tanto varía la forma en que estos van a resolver nuestros problemas de cimentación, por ello es de importancia conocerlos para de alguna manera elegir el más adecuado. De esta manera, una de las clasificaciones los divide en: Pilotes de punta, de fricción y mixtos.

Pilotes de punta: son aquellos que desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente.

Pilotes de fricción: son los que desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea.

Pilotes mixtos: es una combinación de los dos anteriores en la que su resistencia se desarrolla tanto por el apoyo en un estrato resistente como por la fricción en el suelo.



Los pilotes pueden ser prefabricados e hincados a golpes o a presión o colados en el lugar en una excavación realizada previamente para la construcción de este; si el pilote es prefabricado, se usa una máquina piloteadora para su hincado.

PILOTES PREFABRICADOS.

a) Pilotes de punta hincados a golpe.

La capacidad de carga de estos pilotes se determina realizando como etapa previa un estudio de campo lo más completo posible, que incluya una exploración y un muestreo adecuado; en seguida, es preciso realizar las pruebas de laboratorio requeridas para determinar las constantes de resistencia que permitan aplicar una teoría de capacidad de carga adecuada.

Los pilotes de punta en especial, se apoyan en un estrato de suelo resistente, cuyo espesor y características han de ser cuidadosamente verificados en todas partes, pues cambios no previstos en espesor y resistencia son causa de numerosas fallas.

La capacidad de carga de un pilote de punta depende exclusivamente de las características del suelo en el que se apoya y de área de su sección recta. La profundidad de desplante de un pilote debe establecerse con base en el conocimiento del suelo a través de la exploración; de esa manera puede localizarse el estrato resistente hasta el que debe ser llevado el pilote; en este caso el criterio de rechazo es una buena comprobación de haber alcanzado en la hinca el estrato deseado; un criterio de rechazo también es aplicable para no sobrehincar los pilotes, por lo que se entiende el dar un número excesivo de golpes al pilote sin lograr su avance, lo que lo perjudica estructuralmente.

Por lo que es frecuente aceptar en la práctica un criterio de rechazo según el que las condiciones del pilote son aceptables si con los últimos 3 a 5 golpes el pilote no se hinca más de 1 cm y siempre que esta situación se mantenga en los últimos 3 a 5 cm.

La necesidad de llevar pilotes a profundidades de desplante previamente elegidas, plantea el problema de atravesar estratos de cierta resistencia, que dificulta la hinca, sin garantizar un apoyo permanente. Cuando estos estratos son de naturaleza friccionante suele ser de buen resultado ayudar la hinca a golpes con la inyección de agua a presión. Los inyectoros de agua (chiflones) han de ser previstos y dispuestos en el pilote, antes de construirlo.



En el mejor arreglo, los chiflones deben salir lateralmente y dirigidos ligeramente hacia arriba. El número de salidas de agua debe ser tal que produzca dispositivos simétricos, pues de otro modo este no baja vertical o se desvía de cualquier dirección que se desee.

Por último, es preciso señalar que la operación de la inyección debe suspenderse por lo menos un metro sobre el nivel de desplante definitivo del pilote, pues de otro modo se corre el riesgo de aflojar en nivel de apoyo, disminuyendo su resistencia.

b) Pilotes de fricción hincados al golpe.

Como ya se ha dicho, se denominan pilotes de fricción a aquellos que están totalmente embebidos en material blando, de modo que su resistencia proviene total o casi totalmente de la adherencia que se desarrolla en el fuste, en el caso de suelos cohesivos o de la fricción entresuelo y pilote, en el caso de suelos friccionantes los valores de la resistencia final del suelo son del mismo orden de la resistencia inicial y aun pueden ser mayores, debido a la consolidación que se induce durante la disipación de las presiones neutrales.

La hincada de los pilotes tiene un efecto compactador en la arena, por lo que, a pesar de tener un manto originalmente suelto, puede volverse muy difícil y aun imposible hincar un pilote cuando en su cercanía se han hincado previamente otros.

La resistencia de un pilote por fricción lateral en arena varían con muchos factores de influencia muy difíciles de cuantificar en un caso dado, de los que los principales son la compacidad y otras características del suelo, la posición del nivel freático y las perturbaciones que se introduzcan sobre el pilote, como son la hincada de otros, nuevas excavaciones, etc.

PILOTES COLADOS EN EL LUGAR.

Existen además, una gran variedad de pilotes que se construyen directamente en el lugar de su disposición final, es decir, que no se construyen en otra parte para después ser hincados a golpes en su posición definitiva, este tipo de pilotes se denomina como pilotes colados en el lugar o pilotes colados "in situ".

Estos pilotes se distinguen y clasifican por los procedimientos que sirven para construirlos, los cuales son variados y comprenden la excavación de perforaciones, ademas o no, que después se rellenan de concreto; gatos que hacen penetrar los ademes a presión; chiflones que permiten hacer llegar los trabajos al nivel deseado o



métodos que involucran la utilización de explosivos. A continuación se presenta una clasificación de los tipos de pilotes colados en el lugar.

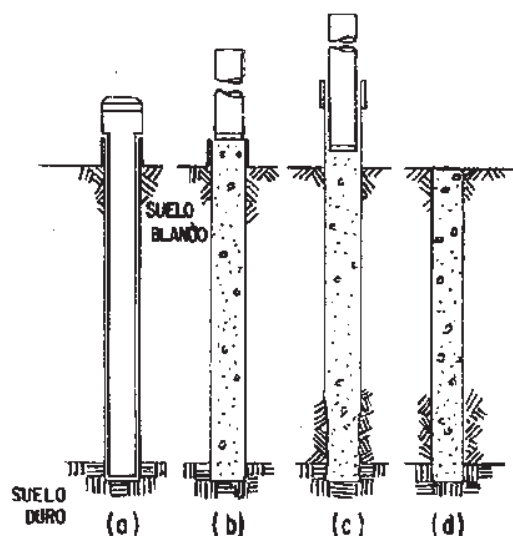
Los pilotes pueden construirse sin ademe permanente o con él; los primeros se usan donde no se derrumbe o cierre la excavación previa que se haga para la construcción del pilote, en donde el agua no inunde a la misma y en donde no se perjudique a un pilote recién construido al efectuar las excavaciones para los pilotes vecinos. Este tipo de pilotes tiene la ventaja de no requerir espacio de almacenaje ni equipo para su manejo; además, no están sujetos a daños por maniobras de manejo o por hincado.

A continuación se describen brevemente los tipos más comunes de pilotes colados en el lugar sin ademe permanente:

a) Pilote McArthur de concreto comprimido.

Este pilote puede construirse hasta un diámetro de 60 cm en forma satisfactoria a través de cualquier suelo, siempre que no ceda lateralmente cuando el concreto es presionado.

El equipo de construcción comprende un ademe tubular y un émbolo que ajusta bastante bien en su interior. Para su construcción, primero debe hincarse el ademe circular con el émbolo bajado hasta su parte inferior; logrado el nivel deseado, se retira el émbolo y se rellena el ademe de concreto; en seguida, se extrae el ademe por tracción, asegurando al concreto con el peso del émbolo para evitar que sea arrastrado hacia afuera.



Pilote McArthur.



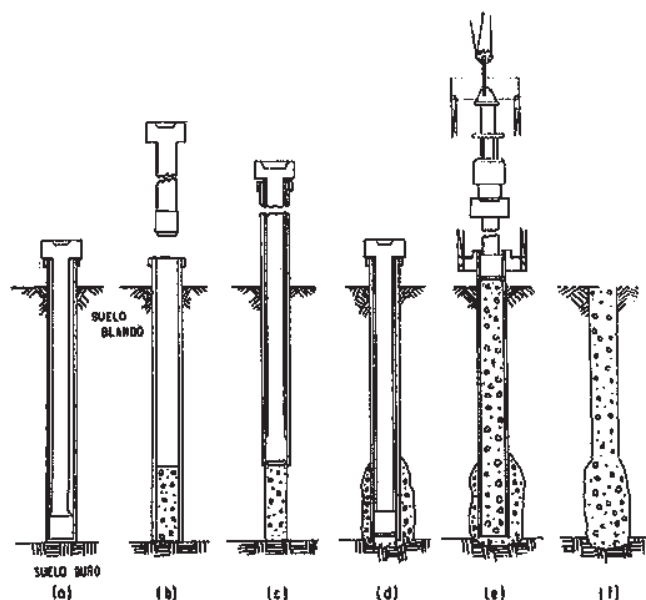
b) Pilotes de concreto comprimido con base ampliada.

Estos pilotes tienen ventaja en lugares en que el estrato resistente es relativamente delgado y no es muy profundo; la base ampliada da menores esfuerzos de contacto, haciendo el papel de una zapata. También son útiles para lograr un buen apoyo en estratos de roca muy inclinada.

El equipo utilizado incluye un ademe tubular hueco, con un émbolo interior que ajuste bien con él. La operación para formar al pilote se describe a continuación:

Primero se hinca el ademe con el émbolo metido hasta el fondo; a continuación se levanta el émbolo hasta retirarlo del ademe y se llena éste hasta una cierta altura, asegurando el concreto con el émbolo y se rehinch a el ademe, con el émbolo llevado nuevamente hasta el fondo, a través del concreto fresco, con lo que se produce la ampliación de base característica de estos pilotes. Se retira ahora otra vez el émbolo y se rellena de concreto todo el ademe. Finalmente se retira el ademe con presión hacia arriba, a la vez que con el émbolo se da sobre el concreto la suficiente contrapresión hacia abajo para garantizar que el concreto no sea arrastrado y que el pilote resulte bien conformado.

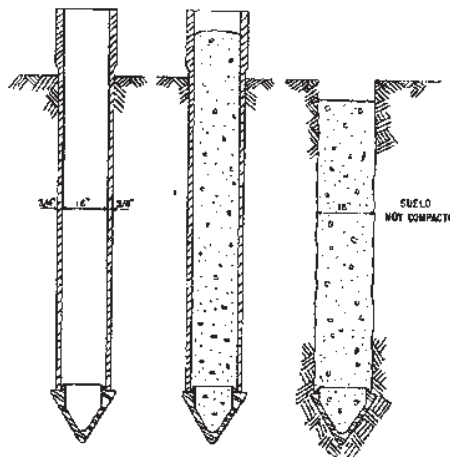
En los pilotes McArthur de concreto comprimido y con base ampliada, esta se forma dando golpes al concreto que se vació en el ademe, en lugar de rehincar el sistema ademe-émbolo a través de él.



Pilotes de concreto comprimido con base ampliada.

c) Pilotes simplex.

Este tipo de pilotes se puede hincar a través de suelos blandos o relativamente duros. Se requiere que al retirar el ademe quede formado un buen molde para el vaciado del concreto, por lo que deberá colocarse un ademe interior ligero en el caso de que la consistencia del suelo no garantice dicho molde. En cada operación de construcción, debe notarse que la punta del dispositivo de hincado se pierde en cada pilote.



Pilote Simplex.

d) Pilotes vibro.

Son estos pilotes apropiados para ser contruidos a través de un suelo que, aun siendo blando tenga la consistencia necesaria para que el concreto no se difunda lateralmente a través de él. La extracción del tubo y la formación del pilote se logran por medio de golpes del martillo hacia arriba y hacia abajo. En el golpe hacia arriba, el ademe sube algo y una parte del concreto que lo llena fluye hacia abajo y lateralmente para llenar el espacio anular dejado por la parte del ademe que se movió. Durante el golpe hacia abajo, el ademe y la columna de concreto que se encuentran por encima actúan como un pisón que compacta al concreto a nivel inferior. El golpe hacia abajo se da con menor aceleración que el ascendente, con lo que resulta un desplazamiento neto del ademe hacia arriba. Los golpes se dan a razón de 80 por minuto y a una velocidad de asenso de 1.20 m. por minuto.

A continuación se describen algunos tipos de pilotes colados en el lugar que requieren ademado permanente. El ademe permanente de lamina delgada corrugada y va colocado dentro del ademe de hinca, más pesado que posteriormente se remueve. La falta de confinamiento lateral hace necesario el uso de pilotes de concreto reforzado.

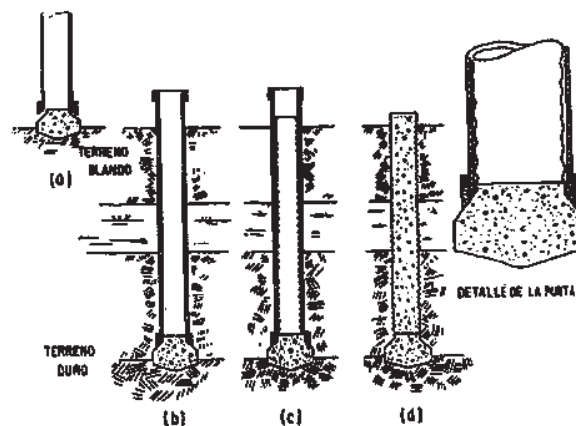


En general, estos pilotes se forman de un modo similar a los que no requieren ademe permanente. La diferencia estriba en que ahora se introduce en el ademe de hinca y una vez colocado este, se coloca el ademe ligero, antes de vaciar el concreto; pueden así fabricarse pilotes similares a los tipo McArthur o a los de base ampliada sin embargo, existen algunos tipos de interés especial que se mencionan a continuación:

a) Pilotes Button-Bottom.

Se utilizan cuando se desea un incremento en el área de apoyo del pilote. Se han llevado a profundidades de 30 m. con facilidad, soportando cargas del orden de 50 toneladas o algo mayores.

Hincado el ademe exterior hasta la profundidad deseada, llevando en su extremo inferior una zapata independiente de concreto precolado que se pierde en cada pilote, se introduce el ademe corrugado permanente hasta su fondo; este ademe se fija a la zapata por un dispositivo especial que atornilla ambas partes. Realizada esta operación el ademe se rellena de concreto y se extrae el tubo de hinca sin peligro, gracias a la fijación del ademe interior.



Pilotes Button-Bottom.

b) Pilotes Raymond con ademe metálico delgado hincados con mandril.

Estos pilotes pueden usarse tanto para trabajar por punta como por fricción y en cualquier clase de suelo. El ademe corrugado es hincado por medio de una pieza, denominada mandril, que penetra en su interior, adoptando su forma y que se extrae una vez alcanzada la profundidad deseada.

El ademe puede ser inspeccionado una vez colocado y antes de ser relleno con concreto, que puede ser simple o reforzado. Existe una variación en el que se adopta una forma telescópica para el ademe y correspondientemente para el mandril interior, con tramos de diámetro cada vez menor según se desciende a lo largo del fuste del pilote.

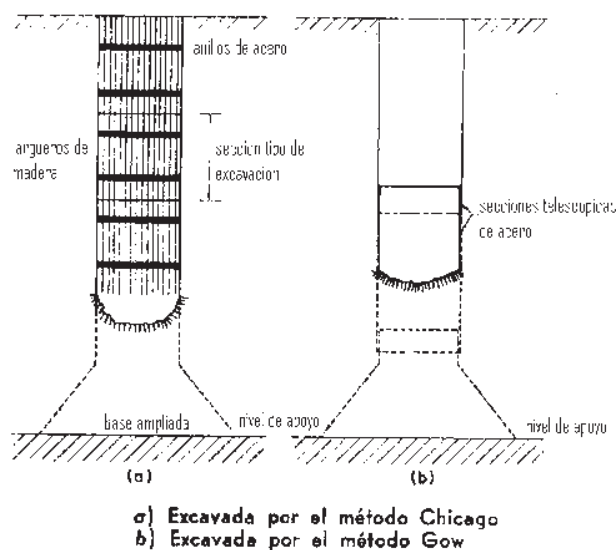


1.2.2. PILAS.

Las pilas como se mencionó, son elementos que difieren físicamente de los pilotes solamente en el diámetro, sin embargo su procedimiento constructivo es bastante diferente, esto debido a que las dimensiones de la pila prohíben su hincia a golpes y por lo tanto deben ser pre-excavadas a mano o con maquinaria especial.

Si la excavación se realiza a mano, es necesario el uso de alguna metodología, ya sea para evitar derrumbes o deslizamientos, las metodologías que pueden usarse son:

- ❖ *Método del pozo seco.*– consiste en fabricar un pozo manualmente hasta llegar al estrato resistente, convenientemente ademado y de dimensiones suficientes para que por lo menos un hombre pueda trabajar en su interior. Sin embargo éste procedimiento solo puede usarse en terreno seco o con filtraciones mínimas.
- ❖ *Método Chicago.*– es una variación del método anterior en la que se va excavando el material hasta una profundidad de 1 a 2 m, según la consistencia del suelo. La excavación se adema con largueros verticales de madera, que se mantienen con anillos de acero, después se continúa la excavación repitiendo el ademado en cada tramo. Cuando se alcanza la profundidad de apoyo, se amplía la base y el hueco se rellena con concreto, esto se hace para mejorar la capacidad que tiene el elemento para soportar las cargas (capacidad portante).
- ❖ *Método Gow.*– este método es usado principalmente cuando existen grandes filtraciones de agua y consiste en ir introduciendo secciones tubulares de acero, telescópicamente, excavando a mano el material que va quedando dentro de cada sección.





Sin embargo, el uso de la excavación a mano resulta muy costoso debido al tiempo, el material usado y la mano de obra, por eso es que en la actualidad es preferente el uso de maquinaria, ya que además no son limitadas por la presencia de agua en el terreno. Entre estas destaca la máquina Casagrande B-125 que puede fabricar pilas de 1.5 m. de diámetro y 50 m. de profundidad.

La excavación se realiza hincando un tubo exterior del que se va extrayendo el material usando una cuchara de almeja. El tubo se hince haciendo presión y girando de forma combinada, asegurando de esta manera evitar que se adhiera el suelo. Al término de la perforación se vacía dentro concreto, a la vez que se extrae la tubería de perforación.



Piloteadora Casagrande B125

1.2.3. CILINDROS.

Los cilindros son secciones circulares de concreto reforzado, que por su mayor diámetro (mayor a 3 m. generalmente) se construyen huecos, lo cual se hace para evitar grandes costos en la obra.

La construcción de estos elementos consiste en colocar la sección o el elemento sobre el terreno, excavando en su interior con una cuchara de almeja para retirar el material, esto ocasiona que el cilindro vaya descendiendo a medida que se retira el material debajo de él hasta que se encuentra el estrato resistente. La penetración se facilita al usar punta biselada o cuchilla de acero en la parte inferior.

Cuando los cilindros son de gran longitud, estos generalmente se construyen por tramos, colando cada sección sobre la superficie, monóticamente unida a la parte que se haya hincado con anterioridad. Frecuentemente, en cilindros largos, es necesario lastrarlos (colocarles un peso adicional) a fin de vencer la fricción lateral que se opone a su descenso, también pueden usarse chiflones que ayudan al mismo fin.



1.2.4. CAJONES DE CIMENTACIÓN.

Los cajones de cimentación son secciones huecas diferenciadas de los cilindros por su forma paralelepípedica. Sin embargo, las técnicas para su construcción y manejo son aplicables de igual manera para los cilindros.

Pueden encontrarse dos casos que obligan a adoptar técnicas diferentes, y están en función de que exista o no un tirante de agua en el lugar de colocación del cajón. Si no hay agua, el cajón de una o varias celdas, se puede hacer de la misma manera que los cilindros, extrayendo el material y colocando el elemento en tramos a medida que va hundiéndose en el subsuelo. También, al igual que con los cilindros, si el cajón es muy largo se deberá lastrar o el uso de chiflones para vencer la fricción ofrecida por el suelo.

En el caso de que en el lugar exista un tirante de agua, se puede recurrir a dos técnicas:

La primera consiste en llevar flotando al lugar un molde de acero, que constituirá la sección inferior del cajón; el molde reproduce la forma del cajón, de modo que los futuros muros de las celdas de este aparecen como cámaras huecas entre dos laminas de acero. Ya en el lugar se vacía concreto en el molde, para ir colando los muros de las celdas del cajón; este concreto sirve de lastre y hace que el molde de acero descansa en el fondo. Ya en esta posición, se trabaja excavando el material dentro de las celdas, con lo que el cajón es llevado a la profundidad deseada bajo el fondo del río, lago, etc. Por supuesto el molde debe tener una altura algo mayor que el tirante de agua en el lugar; si este es muy grande, el molde podrá formarse por secciones, conforme se va hundiendo.

En la segunda técnica, se coloca un tablestacado de acero que sobresalga del agua y que encierre la zona de construcción. El espacio interior se va rellenando de arena, hasta que ésta sobresale del agua, a modo de isla. Así se logra hincar el cajón como si no hubiera tirante de agua.

En el cajón neumático, el trabajo en seco se logra creando por medio de aire a presión una cámara de trabajo en su extremo inferior. La técnica está limitada por la presión que soportan los trabajadores que ocupan la cámara y que excavan al terreno bajo el cajón, hasta llevar a éste a su posición final. El factor anterior hace que las profundidades en que se usa el método oscilen entre 10 y 30 m.



2. LA SUBESTRUCTURA.

Está formada por todos los elementos que requiere la superestructura para sustentarse, como son columnas, pilas, estribos o cabezales. Su función es la de transmitir eficientemente las cargas de la superestructura a la infraestructura.

LAS PILAS. *Son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. Deben soportar la carga permanentemente y sobrecargas sin asientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, inundaciones, etc.).*

Anteriormente, en lo concerniente a las cimentaciones profundas se habla de pilas, sin embargo, en puentes se le llama pilas a los apoyos centrales que van desde la cimentación hasta las vigas, que forman parte de la superestructura y que tienen la función de transmitir las cargas que ejercen éstas hasta la infraestructura.

Ejercen una función similar a la de las columnas de un edificio, las cuales transmiten las cargas hasta la cimentación de la estructura. Y de manera similar a la de los pilotes, estas pueden construirse en el sitio.

LOS ESTRIBOS O CABALLETES. *Situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A veces son reemplazados por pilares hincados que permiten el desplazamiento del suelo en su alrededor. Deben resistir todo tipo de esfuerzos por lo que se suelen construir en concreto armado y tener formas diversas.*

CABEZAL, TOPES Y BANCOS DE PILAS. *Son elementos situados en el extremo superior del pilote o la pila, tienen la finalidad de ligar a los mismos con el propósito de evitar esfuerzos laterales; así mismo proporcionan confinamiento lateral a las vigas, tienen como finalidad transmitir y soportar directamente las cargas transmitidas por la superestructura.*

3. LA SUPERESTRUCTURA.

Comprende todos los componentes que se encuentran por encima de los elementos de soporte de la subestructura. Cada tramo de la superestructura está formado por un tablero o losa, una o varias armaduras de apoyo y por las riostras laterales (diafragmas). El tablero soporta directamente las cargas dinámicas y por medio de la armadura transmite las tensiones a pilas y estribos. La superestructura esta conformada por:



LOS ARRIOSTRAMIENTOS LATERALES (DIAFRAGMAS). *Van colocados entre las armaduras para unirlos y proporcionar la necesaria rigidez lateral. También transmite a los estribos y pilas las tensiones producidas por las fuerzas laterales, como las debidas a los vientos, y las centrífugas, producidas por las cargas dinámicas que pasan por los puentes situados en curvas.*

SUPERFICIE DE RODAMIENTO. *Sobre la cual circulan los vehículos y soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico). Puede ser de asfalto o de concreto. Si es de asfalto, este puede ser asfalto con mezcla en caliente o en frío.*

CARPETA ASFÁLTICA CON MEZCLA EN CALIENTE.

Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación. Según la granulometría del material pétreo que se utilice, pueden ser de granulometría densa, semiabierta o abierta.

Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente se construyen para proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Cuando son de un espesor mayor o igual que cuatro centímetros, las carpetas de granulometría densa tienen además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores. Las carpetas de granulometría semiabierta o abierta, no tienen función estructural y generalmente se construyen sobre una carpeta de granulometría densa, con la finalidad principal de permitir que el agua proveniente de la lluvia sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando los vacíos de la carpeta, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodamiento, se minimiza el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal.

CARPETA ASFÁLTICA CON MEZCLA EN FRÍO.

Las carpetas asfálticas con mezcla en frío, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y un material asfáltico, modificado o no, que puede ser rebajado con solventes o en emulsión. Según su función y su composición granulométrica, las carpetas asfálticas con mezcla en frío pueden ser de dos tipos:



- *Carpetas de mezcla asfáltica: Cuando son de un espesor mayor o igual que cuatro centímetros, tienen además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores. Están constituidas por una mezcla en frío de materiales pétreos, generalmente de granulometría densa y un producto asfáltico, que puede ser una emulsión o un rebajado.*
- *Carpetas de mortero asfáltico: Las carpetas de mortero asfáltico no tienen función estructural y están constituidas por una mezcla en frío de materiales pétreos de granulometría fina y emulsión asfáltica o un asfalto rebajado.*

CARPETA DE CONCRETO HIDRÁULICO.

Las carpetas de concreto hidráulico, son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, para proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

LOSA. *Su función principal es distribuir las cargas transversal y longitudinalmente en toda la longitud del puente. La losa es el elemento encargado de soportar las cargas transmitidas a través de la superficie de rodamiento por efectos del paso vehicular, llevando estas cargas a través de toda su sección para de esta manera llevarlas a las vigas.*

Las losas generalmente están hechas de concreto hidráulico y pueden construirse a base de:

Losas de concreto hidráulico con juntas: Son aquellas que se construyen mediante el colado de concreto hidráulico con juntas longitudinales y transversales, con o sin pasajuntas, para formar elementos rectangulares.

Losas de concreto hidráulico con refuerzo continuo: Son aquellas que se construyen mediante el colado de concreto hidráulico sin juntas transversales y con acero de refuerzo colocado longitudinalmente en forma continua con el objeto de resistir los esfuerzos a tensión, y asegurar que las grietas que se produzcan queden totalmente cerradas.

Losas de concreto hidráulico presforzado: Son aquellas que se construyen con secciones de concreto hidráulico sujetas a compresión, mediante un sistema de presfuerzo, con relativamente pocas juntas transversales.



VIGAS. *Las vigas son los miembros principales del puente y se diseñan para resistir el trabajo a flexión.*

- ✓ *vigas transversales que soportan a los largueros.*
- ✓ *vigas longitudinales o largueros sobre los que se apoya el piso.*

*Las vigas pueden clasificarse de varias maneras: por el material del que están hechas, (que es principalmente concreto o acero); por su tipo de sección, (rectangular, sección I, etc.); por su carácter estático, se pueden clasificar en isostáticas o hiperestáticas; son **isostáticas** cuando las ecuaciones de equilibrio correspondientes a una estructura, para cualquier estado de cargas, forman un sistema compatible y determinado, es decir, que tienen una solución y ésta es única. En consecuencia, cualquier estado de cargas se puede equilibrar con reacciones y esfuerzos, y para la determinación de estos bastan las ecuaciones de equilibrio. Las vigas son **hiperestáticas** cuando las ecuaciones de equilibrio forman un sistema indeterminado y compatible, es decir, que para cualquier estado de cargas admite infinitas soluciones. Para la obtención de los esfuerzos no bastan las ecuaciones de equilibrio, y para obtener la solución única del problema elástico se han de considerar conjuntamente las relaciones cinemáticas y constitutivas. Sin embargo una clasificación muy importante radica en saber que tipo de refuerzo se usará, ya que en puentes suelen encontrarse claros muy grandes y por ello, en las vigas se hace necesario el uso de concreto con acero de refuerzo pretensado o postensado.*

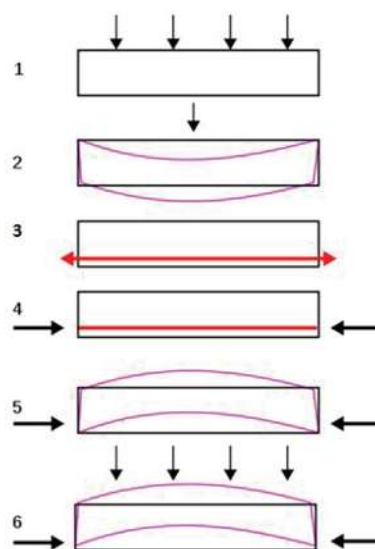
VIGAS CON ACERO PRETENSADO.

Al usar elementos de concreto con acero pretensado nos estamos refiriendo a elementos estructurales de concreto que han sido sometidos a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio, esto se logra mediante cables de acero tensados que se encuentran anclados al concreto.

Al usar acero pretensado se permite superar la debilidad natural del concreto a la tensión. Para realizar este tipo de estructuras es necesario verter el concreto fresco alrededor de cables previamente tensados. Éste método produce un buen vínculo entre los cables de acero y el concreto, el cual protege al cable de la oxidación y permite la transferencia directa de la tensión. El concreto curado se adhiere a las barras, y cuando la tensión se libera es transferida hacia el concreto en forma de compresión por medio de la fricción y para ello se requieren fuertes puntos de anclaje. Debido a esto la mayoría de elementos pretensados son prefabricados en talleres o lugares fuera de la obra y deben ser transportados al lugar de construcción, lo que limita su tamaño.



En la imagen siguiente se muestra como funciona el concreto pretensado, en las primeras imágenes se puede ver las deformaciones que sufre un elemento que esta sometido a una carga, a partir de la tercera imagen se muestra un elemento pretensado, en la tercer imagen se le aplica tensión al acero de refuerzo y en la cuarta se ve el esfuerzo de compresión en el concreto debido a la fuerza de tensión liberada en el acero; esto lleva a la quinta imagen en la que se ve la estructura deformada debido a estos esfuerzos de compresión, y más adelante en la última imagen se muestra que cuando la estructura recibe una carga, ésta tiende a deformarse en sentido opuesto a la deformación originada por la compresión, dejando así un elemento sin deformaciones.



VIGAS CON ACERO POSTENSADO.

Los elementos sometidos a un postensado en su acero de refuerzo son aquellos en los que el concreto es sometido, después del vertido y fraguado, a esfuerzos de compresión por medio de armaduras activas (cables de acero) montadas dentro de camisas. A diferencia del pretensado, la estructura es tensada después de que el concreto ha adquirido su resistencia característica. Al igual que en el concreto pretensado, la ventaja del postensado consiste en comprimir el concreto antes de su puesta en servicio, de modo que las tensiones que aparecen al momento en que se deforma la pieza se traducen en una pérdida de la compresión previa, evitando en mayor o menor medida que el concreto trabaje a tensión, esfuerzo para el que no es un material adecuado.

A diferencia del concreto armado ordinario, las armaduras no están directamente en contacto con el concreto en el momento del colado, ya que de lo contrario le transmitirían



la tensión por adherencia entre la armadura y el concreto. Es por ello que las armaduras se colocan dentro de camisas de plástico o metal. Estas camisas se posicionan dentro del encofrado (el molde) formando una línea curva definida en la fase de diseño, en función de la forma de la pieza y de las cargas a las que estará sometida.

Una vez que se les ha aplicado la tensión de trabajo a las armaduras, se anclan a la estructura mediante piezas especiales en sus dos extremos. Finalmente, caben dos opciones:

En el sistema "adherente", se rellena el interior de las camisas con mortero de alta resistencia a presión, de manera que la armadura queda adherida al concreto formando una sección monolítica. A su vez, el mortero asegura la protección del acero frente a la corrosión.

En el sistema "no adherente", las camisas no se rellenan, por lo que el único contacto entre el cable de acero y el concreto se produce a través del cabezal de anclaje.



Las bóvedas de la Ópera de Sídney en Australia se realizaron usando concreto postensado.



CAPITULO III

I. CONSIDERACIONES GENERALES.

1. TRABAJOS EJECUTADOS.

Para el paso superior continuo de la calzada Fco. I. Madero-salida a Charo, se construyó un viaducto elevado, tercer nivel, con una longitud total de 330 metros, con una superestructura formada por diez tramos de losa de concreto reforzado, sobre once trabes de concreto presforzado (110 trabes en total), de 32.60 m. de claro y 17.80 m. de ancho total, para alojar cuatro carriles de circulación, (dos por sentido) una barrera central separadora y dos acotamientos de 1.00 m. cada uno, guarniciones y parapetos para calzada, para una carga móvil de diseño de T3S2R4 Tipo I, vehículo con tractocamión de tres ejes, semirremolque que de dos ejes y remolque de cuatro ejes (9 ejes en total).

GENERALIDADES.

El proyecto contempla la construcción de un Paso Superior Vehicular con un ancho de calzada de 7.0 m. para cada sentido de circulación y ancho de corona de 17.80 m. el Paso Superior Vehicular en la superestructura esta formada por diez tramos de losa de concreto reforzado de 33.0 m. de claro, sobre 11 trabes AASHTO TIPO IV de 1.35 m. de peralte, fabricadas con concreto presforzado de $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$ a 24 horas. Los accesos a la estructura se construyeron mediante muros formados con concreto hidráulico reforzado.

La estructura del pavimento a considerar la conforman: una capa de base hidráulica de 20 cm de espesor, una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor, considerando que el bombeo sea del 2% hacia ambos lados.

Se tomó en cuenta que los trabajos se realizaron en una carretera en operación que comprende la zona urbana de la ciudad de Morelia, con cuatro carriles centrales de 3.50 metros de ancho y un carril lateral de 7.5 m. de ancho en el sentido de circulación Charo-Morelia, con un alto volumen de tránsito y por ningún motivo se interrumpió la libre circulación de los vehículos.

Los trabajos se iniciaron previniendo todas las operaciones necesarias para mantener la circulación en ambos sentidos debidamente señalados, el procedimiento consistió en construir los carriles laterales hasta nivel de pavimento como primera etapa de los



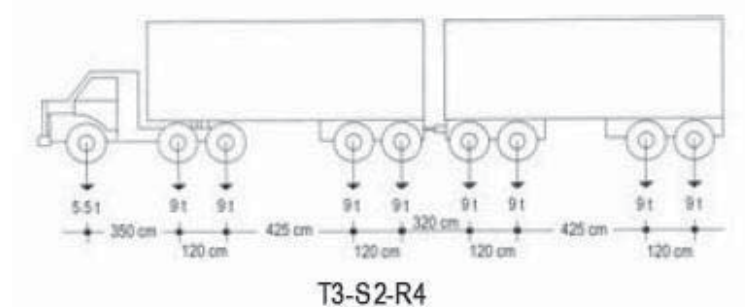
trabajos para ponerlo en operación encausando el tránsito por él y continuando con los trabajos de construcción de la estructura de la segunda etapa.

Estos trabajos se ejecutaron de acuerdo como se indica en el procedimiento siguiente:

El proyecto contempla la: **"CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR PARA EL PASO SUPERIOR DE LA CALZADA MADERO-CHARO, DEL DISTRIBUIDOR VIAL CHARO"**.

Para la construcción del paso superior se consideró lo siguiente:

- ❖ *Infraestructura: a base de pilotes colados en el lugar de 1.20 m. de diámetro dentro de una perforación previa, hasta los niveles que marque el proyecto.*
- ❖ *Subestructura: a base de columnas de pila de 1.20 m. de diámetro y cabezales con sus bancos para recibir las trabes de acuerdo a lo indicado en el proyecto.*
- ❖ *Superestructura: Formada por diez tramos de losa de concreto reforzado de 33.0 m. de claro y 17.8 m. de ancho, sobre 11 trabes AASHTO TIPO IV de 1.35 m. de peralte, fabricadas con concreto presforzado de $f'c=450$ kg/cm². Con carga móvil T3-S2-R4 (Tipo 1) y parapetos conforme a proyecto.*



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

1. PLANEACIÓN INTEGRAL.

Caminos.

Camino de Acceso. Se aprovecharon los caminos existentes al sitio así como los terrenos para instalaciones de concreto, prefabricación y almacenaje oficinas, etc., necesarios para acceder a obra.

Sobre los caminos se colocaron señales verticales diurnas y nocturnas de restricciones de acceso y peligro para evitar accidentes.



Instalaciones temporales.

- Sanitarios portátiles. *Éstos fueron los suficientes y se instalaron en sitios estratégicos a lo largo de la obra y contaron con servicio de limpieza constante.*
- Patio para fabricación y almacenamiento de trabes presforzadas. *En un área suficientemente amplia para maniobras se niveló y compactó al 100% el terreno existente.*

En un extremo de ésta área se construyó la cama para la fabricación de trabes simultáneamente con todos los aditamentos para aplicar el presfuerzo.

Las trabes se almacenaron en grupos en forma paralela, dejando entrecalles de 20 metros de ancho en el sentido longitudinal para maniobras del equipo.

Las trabes se colocaron sobre durmientes y calzas de madera inferiores y laterales para que no sufrieran ninguna deformación.

Así mismo continuamente se verificó topográficamente su geometría.

- Patio para fabricación de elementos precolados y barrera central.
Para los elementos precolados se construyó un firme de concreto.
Después se construyó la barrera central, para lo cual se utilizaran moldes metálicos de 3 (tres) metros de longitud diseñados exprofeso.
Sobre la mesa de colado se colocaron por lo menos 3 (tres) moldes, después de 12 horas de colado se desmoldó y la barrera se estibó en un patio anexo.
- Patio para almacén y habilitado de acero de refuerzo.– *Se recibió el material del proveedor en almacén y posteriormente en un área techada se procesó el acero de refuerzo de acuerdo a los planos; el habilitado se hizo con cortadoras, dobladora y toda la herramienta necesaria.*
- Patio para maquinaria. *En el sitio indicado en el plano de instalaciones se acondicionó el patio para almacenamiento de maquinaria y taller para mantenimiento preventivo y correctivo, cumpliendo con las normas ecológicas, en relación a residuos de aceite, baterías, filtros, neumáticos gastados, etc.*
Se tuvo especial cuidado de no tirar al piso, diesel, aceites y sustancias contaminantes, para lo cual; se preparó una fosa con paredes revestidas, para que ahí se depositaran las sustancias contaminantes y posteriormente disponer de ellas, de acuerdo a la reglamentación correspondiente.

En general, en todas las instalaciones temporales se cuidó el entorno ecológico.



2. TOPOGRÁFICA.

El área de topografía contó con brigadas necesarias para las siguientes actividades:

- Revisión y certificación de los datos de topografía de los planos con el terreno original.*
- Trazo de ejes de pilas y caballetes, con su monumentación y referencias respectivas.*
- Trazos y nivelación sobre la plataforma de perforación de los pilotes.*
- Revisión de todas las excavaciones en donde se marquen ejes y niveles.*
- Revisión de todas las cimbras de zapatas, pilas y cabezales y estribos.*
- Revisión de todas las cimbras y aceros de los elementos precolados, como son trabes y elementos precolados.*
- Previo a los colados se revisaban topográficamente los elementos a colar.*

3. CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA.

La selección correcta del procedimiento, equipo de construcción, una mano de obra y un control de todo el proceso de instalación, son aspectos importantes que se deben tomar en cuenta antes de comenzar la construcción de cualquier elemento.

Se debe garantizar la seguridad de todo el personal que labora en la obra, proporcionándole equipo de seguridad adecuado (casco, guantes, etc.) y delimitando las áreas de trabajo por tratarse de un subtramo en operación.

Antes de comenzar cualquier actividad de construcción se deben obtener y revisar los diferentes documentos y planos que sean necesarios utilizar antes y durante las diferentes etapas de la construcción. Entre los cuales podemos mencionar el estudio de mecánica de suelos, de los cuales podremos obtener información de condiciones del agua, estratigrafía y propiedades del subsuelo, sobre la base de esto determinar el equipo y maquinaria que será necesario emplear.

Revisar los planos en donde se indique la localización dimensiones y profundidades de los diferentes elementos, así como los planos estructurales de los mismos, para determinar las cantidades y características de los diferentes materiales que utilizarán concreto y acero.

La limpieza del terreno es una actividad que se realizó con el fin de facilitar el trazo y localización de pilas dentro del terreno, para esto se marcó con una estaca la localización



exacta de cada uno de los elementos y se verificó con los planos del proyecto su posición antes de la construcción de cada unidad.

Se identificaron estructuras o elementos, tanto subterráneos como aéreos que durante la construcción pudieran ser dañados o provocar problemas en las diferentes etapas de la construcción y se tomaron las medidas necesarias para evitar dichos problemas.

Se elaboró una lista de todo el equipo y herramienta previamente seleccionados de lo que es necesario tener en la obra, así como verificar que todo se haga llegar a la misma.

Se realiza un plan de inspecciones para verificar las actividades, de tal manera que se programe, concilie y autorice cada una de las etapas de construcción de acuerdo a los resultados obtenidos inicialmente.

Procedimiento de perforación.

Una vez que se tienen todos los elementos necesarios para realizar la perforación, se hicieron los montajes necesarios para posicionar el equipo en el lugar indicado, se revisa previamente todo el equipo requerido para atacar los diferentes tipos de suelo que se tengan en el transcurso de la perforación. Se coloca la herramienta de corte en el equipo de perforación (piloteadora) y se asegura que el acoplamiento entre los elementos sea adecuado. La perforación se realizó usando una máquina piloteadora tipo Casagrande modelo B-125.

Durante la etapa de perforación se verificó con frecuencia la verticalidad de las paredes, colocando un nivel de burbuja sobre la barra (kelly), controlando la verticalidad también por medio de 2 plomadas colocadas en un ángulo de 90°.

Colocación de acero.

Una vez terminada la perforación se procedió al término de la construcción de la misma para que el suelo de las paredes y la base se altere lo menos posible y conserve sus características de cohesión y resistencia para el efecto.

Una vez que la perforación estuvo lista para colocar el armado, tuvo que ser autorizada para proceder a su colocación.

El acero de refuerzo se habilitó y armó apegándose a las instrucciones señaladas en los planos estructurales. Debe planearse una secuencia de utilización, para que de esta manera se ahorre tiempo en la colocación.



Para garantizar que el pilote tuviera el recubrimiento especificado en los planos de proyecto, se colocaron separadores (pollos), en la parte externa del armado.

Una vez que el armado de la pila se completó, se introdujo en el interior de la perforación mediante la utilización de una grúa con altura suficiente que permita una introducción vertical de todo el armado, evitando en lo posible el contacto con las paredes durante el proceso de colocación, cuidando siempre que las puntas del acero queden cuando menos 320 cm arriba del fondo de la perforación.

Colocación de concreto.

Se calculó el volumen teórico de concreto necesario para llenar la perforación y se comparó con el volumen real del colado. El concreto se colocó en una sola operación continua.

Para el colado del concreto se utilizó el siguiente método:

Se revisó la tubería Tremie antes de que se colocara dentro de la perforación, asegurándose de que estuviera en buen estado, que las cuerdas estuvieran engrasadas y comprobando que no tenga desajustes entre las uniones de sus extremos que pudieran provocar la entrada del lodo o agua en su interior.

Una vez instalada la tubería dentro de la perforación y antes de empezar el colado, fue necesario colocar en su extremo superior, un tapón deslizante (diablo), que puede ser una esfera de polipropileno u otro material con objeto de cuidar la segregación del concreto al iniciar el vaciado. Además se verificó que el revenimiento fuera el adecuado, entre 18 y 20 centímetros como mínimo.

La operación del colado se realizó en forma continua, para evitar que durante los lapsos de espera, el concreto iniciara su fraguado y se provocaran taponamientos y/o juntas frías.

Finalmente los pilotes se descabezaron de acuerdo con líneas de proyecto y especificaciones.

4. CONSTRUCCIÓN DE SUBESTRUCTURA.

Columnas de pilas.

Durante la construcción de los pilotes colados en el lugar hasta el nivel que marca el proyecto se dejaron preparaciones para proceder a colocar el acero de refuerzo, el cual se



habilitó en el taller de habilitado y se transportó hasta el sitio en camión plataforma, una vez en el sitio se armó la parrilla de la columna.

Para el cimbrado de las columnas se usaron moldes de acero para un acabado aparente, los cuales se apegaran a la geometría de la columna, fueron de 3 m. de altura, del tipo trepadoras, las que fueron levantadas con el auxilio de una grúa y cuadrillas de maniobrista y ayudante.

El colado de concreto se vació con bomba y se acomodó con cuadrillas del albañil ayudantes y con vibrador de inmersión, en un día se realizó el izado del molde de una columna y el vaciado de la otra.

Cabezal, topes y bancos de pilas.

Durante la construcción de la columna se dejaron preparaciones para proceder a colocar el acero de refuerzo, el cual se habilitó en el taller y se transportó hasta el sitio en camión plataforma, una vez en el sitio se armó la parrilla del cabezal.

El cimbrado de los cabezales se hizo con cimbra cantiliver, de madera para un acabado aparente, la que se instaló con el auxilio de andamios y / o grúas en su caso.

Una vez colocados el acero de refuerzo y la cimbra, se verificó que estuvieran colocados de acuerdo con las líneas y niveles de proyecto y se procedió a realizar el colado del concreto, este vendrá desde la planta dosificadora en camiones revoladora y se colocó con bomba, realizando el acomodo del concreto con cuadrillas de albañiles y ayudantes y vibrador de inmersión.

5. CONSTRUCCIÓN DE SUPERESTRUCTURA.

Fabricación de trabes presforzadas.

Conceptos:

PRESFUERZO: *Método o principio constructivo por medio del cual se somete un elemento estructural a un esfuerzo previo a su sollicitación, se logra ejerciendo un esfuerzo de comprensión por medio de cables tensados a partir de sus extremos, para contrarrestar los esfuerzos de tensión en las cuerdas inferiores de un elemento simplemente apoyado en sus extremos, como es el caso de las trabes.*



PRETENSADO: es el procedimiento relativo a tensar los cables de presfuerzo (torones) antes de colar el elemento a presforzar, y transmitir dichos esfuerzos a este, una vez que el concreto tiene la resistencia necesaria.

TORÓN: cable de acero al alto carbón fabricado específicamente para presfuerzo, conformado a base de 7 hilos trenzados entre sí, con un límite elástico de 19,000.00 kg/cm².

MESA: estructura construida a base de concreto reforzado y presforzado que sirve para sostener los cables tensados mientras se puede hacer la transferencia de lo mismos a los elementos estructurales, así como brindar un base firme de trabajo que permita el cimbrado y fabricación.

ANCLAJE: dispositivo metálico conformado por un barril y cuñas, ambos de acero templado, y de un resorte y su tapón para mantener las cunas en su lugar; este dispositivo permite sujetar los torones en el peine de anclaje, para hacer posible que el cable se mantenga fijo en los extremos de la mesa con el esfuerzo provocado por el tensado.

PEINE DE ANCLAJE: dispositivo hecho a base de placas de acero estructural A-36 colocado en cada uno de los extremos de las mesas de prefabricado y que sirve para detener los cables por medio de los anclajes en dicho lugar.

CONCRETO: Mezcla de materiales pétreos con capacidad de ser moldeada y que por medio de reacciones químicas queda en estado sólido, para nuestro caso, por lo general lleva uno grueso (grava) y fino (arena) con un cemento (cemento gris) el cual reacciona con el agua.

Procedimiento.

Para la realización de las actividades correspondientes al pretensado de elementos presforzados se siguieron los siguientes pasos:

1. ***PREPARACIÓN DE LA MESA:*** Actividad que comprende los siguientes puntos:
 - Limpieza de la superficie del fondo de la mesa hecha a base de placa de acero estructural de 1/8", retirando de ella residuos de varilla, alambre y concreto derramado en colado y descimbrado de trabes fabricadas anteriormente.
 - Aplicación de aditivo desmoldante al área que ocupara el lecho inferior de la trabe.
 - Limpieza con carda metálica (cuando se requiera) de la cara de contacto y aplicación de desmoldante.



2. *COLOCACIÓN DE ARMADOS DE ACERO DE REFUERZO*, el cual se habilita y arma en un área aledaña a las mesas de prefabricados y son trasladados de dicho lugar a la mesa en que serán utilizados por medio de una grúa y una estructura tipo balancín, este último para evitar que con la carga y traslado se generen deformaciones en los espacios y geometría de cada varilla.
3. *HABILITADO DE ROLLOS DE TORÓN*, los cuales se manejan atendiendo lo siguiente:
 - Colocación en dispositivos especialmente diseñados para contenerlos (devanador) y soportar la fuerza del rollo de torón una vez que se corten los flejes que lo mantienen confinado.
 - Retiro del forro de protección colocado por el fabricante.
 - Registro del número de rollo y código correspondiente asignado por el fabricante, teniendo el cuidado de observar en cuales elementos se consumirá dicho material.
 - En el caso de que una mesa de trabes requiera del uso de dos o más rollos de cable de presfuerzo, se deberá buscar un rollo con un modulo elástico similar (o el más apegado) al del rollo inicial.
 - Corte de flejes metálicos con la precaución de no lastimar el torón.
 - Extracción de la punta interna del carrete de torón sacándolo conforme se va introduciendo en el armado de acero de refuerzo.

Nunca y por ningún motivo se deberán cortar los flejes que trae de fábrica el rollo de torón si no está debidamente asegurado dentro del dispositivo devanador mencionado anteriormente.

4. *INSERTADO DE TORÓN Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES*: Una vez terminados y verificados los puntos anteriores se procedió al insertado manual de los cables con la precaución de mantener la geometría que debe guardar cada uno de ellos, lo cual se facilita con el uso de placas guía ubicadas en los extremos de los armados de refuerzo de cada elemento; una vez teniendo el cable en su posición se procede a colocar los anclajes en los peines diseñados para dicho fin, ubicados en cada uno de los extremos de la mesa y se corta el torón (solo se puede utilizar pulidora para este fin) tomando en cuenta el dejar una punta de 50 cm. para el tensado.
5. *TENSADO DE CABLES*: esta, siendo la actividad central de procedimiento, genera especial observación de los puntos a seguir:



- *Aplicar inicialmente al 50% de la presión indicada por el proyecto para marcar el alargamiento al instante del torón mediante la medición de la distancia del punto de anclaje de arrastre del gato.*
 - *Continuar el tensado hasta la presión de proyecto y tomar la lectura del alargamiento obtenido aclarando que de la marca puesta anteriormente a la tomada en este momento se tiene el 50% por lo que habrá que multiplicarla por 2 para obtener el alargamiento total.*
 - *Se inicia el tensado en el siguiente torón, y así sucesivamente, llevando el registro de alargamientos de cada uno de los cables.*
6. *CIMBRADO DE TRABES en módulos metálicos manejados por medio de grúa y fijada a los costados de la mesa los cuales cuentan con preparaciones para ello.*
 7. *COLADO DE TRABES con concreto premezclado con las características que marque el proyecto, vibradores de contacto en la cimbra metálica (en los casos de concreto con revenimiento menor a 15 cm) y vibradores de inmersión en todos los casos tomando en cuenta que el colado siempre debe ser llenado la totalidad del peralte de la trabe o cayendo por peso propio para tener juntas a 45 grados y evitar al máximo juntas horizontales en el alma o patines superior e inferior.*
 8. *CURADO DE TRABES: una vez terminado el colado se inició esta actividad como sigue:*

El curado se debe realizar a vapor durante 10 horas, para esto se utilizara una caldera para producir el vapor y una cámara que cubre las trabes coladas simultáneamente, en el caso particular de esta obra se empleó concreto acelerado a 24 horas, con este procedimiento el concreto adquirió la resistencia requerida para transferir el presfuerzo, desmoldar y de este modo fabricar trabes cada tercer día, o sea, 1 día para preparar la cama de colado, colocar torones, acero de refuerzo y colocar el molde y al siguiente día realizar el colado y uno más para curar y desmoldar.

9. *CORTE DE CABLES PARA TRANSMITIR PRESFUERZO esta actividad se llevó a cabo simultáneamente teniendo siempre en cuenta los siguientes factores:*
- *El corte se podrá efectuar con pulidora, equipo oxi-acetileno o soldadura, pero en el caso de los dos últimos métodos, se deberá considerar una distancia adicional del paño de la trabe o punta que marque el proyecto de 20 cm.*



- Todos los cortadores estarán coordinados para efectuar el corte simultáneamente y sobre el mismo cable.
- El corte siempre será de manera balanceada.

10. **EXTRACCIÓN DE TRABES** la cual se llevó a cabo mediante 2 (dos) grúas hidráulicas con capacidad suficiente, estas se cargaron al tractocamión con dolly y se transportaron al patio de almacenamiento, donde se clasificaron con número y fecha de fabricación.

6. TRANSPORTE DE TRABES.

Conceptos:

ESTIBA: Actividad consistente en colocar un elemento (trabe) en un área de almacenaje una vez terminado su proceso de fabricación y ser extraído de la mesa; en esta área es donde estará en espera de ser requerida en la estructura para la que fue fabricada.

Procedimiento

Para la realización de las actividades correspondientes al transporte y montaje de trabes pretensadas y reforzadas se siguieron los siguientes pasos:

1. **IDENTIFICACIÓN:** actividad preliminar consistente en identificar en el área de estiba la(s) trabe(s) a utilizar, mediante el número de serie pintado en el alma de cada una, del lado derecho.
2. **CARGA:** Una vez seleccionada la trabe a utilizar, se procedió a posicionar las 2(dos) grúas en cada uno de los extremos de la trabe y estas elevaron la pieza por cada uno de sus extremos tomándola de las gasas de izaje, y se colocó sobre el dolly y tractocamión. La trabe se aseguró con cadenas tanto a dolly como al tractocamión, además se debe considerar siempre como medida importante:
 - Debe siempre tomarse en cuenta que hay que cargar la trabe exclusivamente por sus extremos, y tomándola de las gasas de izaje.
 - La trabe no se deberá apoyar en la dolly a una distancia mayor de 3.5 m. del paño.
3. **TRASLADO DE LA TRABE.** Esta se hizo en un tractocamión y un dolly de 3 ejes capaz de soportar la trabe y a una velocidad máxima de 5 km/hr. En todo el trayecto se cuidó que la trabe no sufriera ningún golpe para evitar cualquier daño.



7. MONTAJE DE TRABES.

Previo al montaje se realizó la limpieza de los bancos, donde se colocaron los apoyos de neopreno, estos se fabricaron de acuerdo con el proyecto y las especificaciones y todos fueron probados según las normas SCT, antes de su instalación.

Una vez que la trabe llegó al sitio, se colocó el tractocamión y dolly que la transportan en el lugar previamente seleccionado para realizar las maniobras de descarga y montaje, cuidando que la distancia del centro del grúa al centro de carga, nunca excediera de 12 m, estas se realizaron con 2 grúas de suficiente capacidad de carga, las que izaron la trabe de cada uno de sus extremos, tomándola de las gasas de izaje y elevándola hasta lograr que la trabe librara la altura de los apoyos, se bajó la pluma y el cable de ambas grúas, hasta lograr que la trabe fuera colocada en ambos apoyos, se realizó el trazo y nivelación de la trabe hasta lograr su posición definitiva, se contó con personal altamente calificados para realizar las maniobras de izaje y montaje de trabe.

Para que la trabe quedara fija en su lugar y no se corriera el riesgo de que se pudiera voltear, se fijó al cabezal con cuñas de madera y varillas soldadas de contraviento.

8. CONSTRUCCIÓN DE LOSA Y DIAFRAGMAS.

Para la construcción de los diafragmas, se utilizó un sistema de diafragmas colados en el lugar.

Las parrillas de acero de refuerzo se fabricaron en taller, se transportaron hasta el sitio de utilización en camión plataforma y se colocaron con cuadrillas de fierros.

Previo al colado se colocaron los tensores que fijan el diafragma con las trabes presforzadas, los que fueron transportados en camión plataforma hasta el sitio de utilización y colocados con cuadrillas de fierro y ayudante y soldador y ayudante para su fijación final.

Una vez que se tuvo preparado un tramo de losa y los correspondientes diafragmas, se procedió a realizar el vaciado del concreto, el cual se transportó hasta el sitio de utilización en camión revolvedora y se colocó con bomba, el acomodo del concreto se hizo con cuadrillas de albañil y ayudantes y el empleo de regla vibratoria, todos los materiales fueron verificados por el laboratorio.

Conforme se fue avanzando el colado de la losa, se colocaron las juntas de dilatación, según proyecto.



9. CONSTRUCCIÓN DE PARAPETO.

Después de construida la losa se procedió a construir el parapeto, como se indica en proyecto, extremando la verificación topográfica y acabados así como alineamiento.

10. CONSTRUCCIÓN DE BARRERA CENTRAL.

La barrera central separadora fue prefabricada en módulos de 3 m, una vez que se tuvieron los elementos prefabricados, se transportaron hasta el sitio de utilización en camión equipado con grúa hiab y se colocó con brigadas de ayudante y la grúa hiab.

Ya construida la banqueta y la barrera central, se procedió a colocar la carpeta de concreto asfáltico, según lo indicado en proyecto.

2. CONSIDERACIONES NORMATIVAS.

Para la ejecución de trabajos de obra pública a petición de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, es necesario cumplir con lo siguiente:

Si la obra se ejecuta por contrato, toda la documentación que elabore el Contratista de Obra en relación con la misma, debe ser presentada en su papel membretado y debidamente firmada por su representante legal.

DATOS DE CONSTRUCCIÓN.

1. La Secretaría entregará por escrito al Contratista de Obra los datos de construcción que se requieran para la ejecución de la obra; las especificaciones de construcción y todos los planos debidamente firmados por los responsables del proyecto, aprobados por las Autoridades competentes de la Secretaría.

2. La Secretaría entregará y mostrará físicamente una sola vez al Contratista de Obra los trazos de los diferentes elementos de la obra, incluyendo el trazo del eje de cada uno de los apoyos cuando se trate de puentes; las referencias de trazo y de niveles, y le dará posesión del derecho de vía correspondiente. Para éste efecto se hará un recorrido de todo el lugar de la obra, a fin de que conozca la ubicación de las estacas del trazo, los bancos de nivel, las referencias de las líneas y los bancos de materiales indicados en el proyecto. Se levantará un acta en la que se hagan constar estos hechos, los que también serán anotados en la bitácora de obra.



3. El Contratista de Obra está obligado a conservar y a rehacer, por su cuenta y costo, el trazo de cada uno de los elementos de la obra cuantas veces sea necesario, ajustándose a los datos del proyecto.

4. La Secretaría puede verificar los elementos que emplee el Contratista de Obra para definir la ubicación, forma y dimensiones de las diversas partes de la obra.

5. Si la Secretaría modifica el proyecto cuando los trabajos se paguen a precios unitarios, entregará al Contratista de Obra las modificaciones con los nuevos datos de construcción que procedan, con la anticipación necesaria para que pueda reprogramar la obra. Los cambios en el costo y en los programas, que las modificaciones al proyecto pudieran ocasionar, se formalizarán mediante un convenio.

PERMISOS.

1. El Contratista de Obra gestionará ante las Autoridades correspondientes, por su cuenta y costo, los permisos necesarios para transportar, hasta el sitio de la obra, cualquier tipo de material, maquinaria y equipo que se requiera, así como los de adquisición, traslado, manejo, almacenamiento y uso de explosivos y artificios necesarios para la ejecución de la obra. En el caso de que sea necesario y a solicitud del Contratista de Obra, la Secretaría, sin perjuicio de lo que establezcan las disposiciones legales en la materia, podrá apoyar dichas gestiones.

2. El Contratista de Obra gestionará, por su cuenta y costo, los permisos, regalías, compensaciones, donaciones y obras a las comunidades, que se requieran para el uso y aprovechamiento de los sitios para la ubicación de los campamentos, de los almacenes temporales, de los patios de maniobra, de las plantas de trituración, cribado, de elaboración de concreto asfáltico e hidráulico, ya sea que estén indicados en el proyecto o que el propio Contratista de Obra los proponga y la Secretaría los apruebe.

Entre los permisos y licencias que deben ser obtenidos se encuentran por mencionar algunos:

- ▣ *Para demolición.*
- ▣ *De construcción.*
- ▣ *Para las instalaciones hidráulicas y sanitarias.*
- ▣ *Para las instalaciones telefónicas y de radio.*
- ▣ *Permisos forestales.*
- ▣ *Para cruces de vías de comunicación y conducción.*
- ▣ *Para conexiones a sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento.*



- Para invasión de derecho de vía.
- Para perforación de pozos.
- Para ocupación de banquetas.
- Para ruptura de pavimentos.

DESVIACIONES Y CAMINOS DE ACCESO.

1. Para la ejecución de la obra, el Contratista de Obra construirá y conservará transitables todo el tiempo requerido, las desviaciones necesarias para derivar el tránsito por fuera de la obra y facilitar su construcción o reparación, así como los caminos de acceso para comunicar los frentes de trabajo, los lugares para la obtención de los materiales destinados a su construcción y para permitir el movimiento de los equipos, maquinaria y vehículos necesarios para su realización.

2. Si el proyecto de la obra no incluye los proyectos de las desviaciones que se requieran para la ejecución de la misma o de sus partes, el Contratista de Obra elaborará dichos proyectos, incluyendo el señalamiento y los dispositivos para protección que sean necesarios, de forma tal que se mantengan las condiciones más favorables y seguras para los usuarios, y para dar paso a los vehículos de obra, atendiendo las características generales de desviaciones para carreteras en operación que hayan sido establecidas en las especificaciones de construcción. En este caso, la elaboración de los proyectos respectivos será por cuenta y costo del Contratista de Obra, y previamente a la construcción de las desviaciones, someterá dichos proyectos a la aprobación de la Secretaría.

3. La construcción de las desviaciones cuyos proyectos estén incluidos en el proyecto de la obra, se pagará según los conceptos y precios unitarios establecidos en el catálogo de conceptos y cantidades de obra del contrato respectivo, incluyendo el suministro y colocación de las señales y dispositivos para protección, así como la protección al tránsito mediante bandereros, que contemplen dichos proyectos.

4. La construcción de las desviaciones que hayan sido proyectadas por el Contratista de Obra y aprobadas por la Secretaría, y de los caminos de acceso, incluyendo el suministro y colocación de las señales y dispositivos para protección, así como la protección al tránsito mediante bandereros, que requieran dichas desviaciones y caminos de acceso, será por cuenta y costo del Contratista de Obra.

5. No se le autorizará al Contratista de Obra la iniciación de la obra sino hasta que haya construido las desviaciones y colocado las señales y dispositivos de protección, en la



forma y condiciones indicadas en los proyectos proporcionados por la Secretaría o aprobados por la misma.

6. El Contratista de Obra conservará y mantendrá en buen estado todas las desviaciones y caminos de acceso, incluyendo las señales y dispositivos para protección, por su cuenta y costo, hasta que la obra le sea recibida por la Secretaría. En los casos de las desviaciones para carreteras en operación, el Contratista de Obra está obligado a mantener la superficie de rodamiento en buenas condiciones (limpia y sin baches ni deformaciones) y a renovar el señalamiento y dispositivos para protección siempre que sea necesario, para garantizar la seguridad, continuidad y fluidez del tránsito.

7. Para carreteras en operación, el Contratista de Obra tomará las providencias que se requieran para mantener la continuidad y fluidez del tránsito, disponer los trabajos en tal forma que se reduzcan al mínimo las molestias que se ocasionen a los usuarios por la construcción o reparación de la obra y a extremar las precauciones para prevenir y evitar accidentes de cualquier naturaleza. Cualquier accidente o daño, que por negligencia se cause al personal de la obra, propiedad ajena o a terceros, será de la exclusiva responsabilidad del Contratista de Obra, quien asumirá los costos de indemnización, reparación o reposición que procedan.

EJECUCIÓN.

1. Las obras que ejecute la Secretaría por contrato se sujetarán en todas sus fases al proyecto y al programa de ejecución. Los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen, así como los diversos conceptos de obra, deben satisfacer los requisitos de calidad y acabado que establezcan las especificaciones particulares.

2. El Contratista de Obra será el responsable de la ejecución de la obra, de sus dimensiones, forma, elevaciones, profundidades, instalaciones, calidad de los materiales y de los equipos de instalación permanente, acabados, detalles y de todo lo que se requiera para su correcta ejecución en general y de sus partes, conforme al proyecto. Cuando la obra o sus partes no se hayan realizado de acuerdo con lo estipulado en el proyecto, la Secretaría podrá ordenar su demolición, reparación o reposición inmediata, con los trabajos adicionales que resulten necesarios, lo que hará por su cuenta y costo el Contratista de Obra, sin que tenga derecho a retribución adicional alguna por ello, y de no hacerlo así, los conceptos de obra defectuosos no serán objeto de pago. En este caso, la Secretaría, si lo estima necesario, podrá ordenar la suspensión total o parcial de los trabajos contratados en tanto no se lleve a cabo la reposición o reparación de los mismos, sin que esto sea motivo para ampliar el plazo señalado para su terminación.



3. Con anterioridad a la iniciación de la obra, la Secretaría designará por escrito como su representante en la obra a un Residente, quien ha de ser un profesional especializado en la materia y con suficiente experiencia. El Residente es responsable de supervisar, vigilar, controlar y revisar los trabajos, y de aprobar las estimaciones.

4. El Contratista de Obra está obligado a tener en el lugar de los trabajos a un Superintendente que lo represente, quien ha de ser un profesional cuyo título esté registrado ante la Autoridad Federal competente, con suficiente experiencia en trabajos de la índole de los que se ejecutarán, que conozca ampliamente todos los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como el proyecto de la misma, incluyendo sus especificaciones de construcción y demás documentos inherentes al contrato de obra, y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Superintendente oír y recibirá toda clase de notificaciones relacionada con los trabajos, aun las de carácter personal; estará invariablemente presente en la obra durante el tiempo de ejecución de los trabajos y contará durante este lapso, con las facultades suficientes para la toma de decisiones en todo lo relativo al cumplimiento del contrato, así como los asesores técnicos especializados establecidos en el mismo. El Superintendente y los asesores no pueden ser sustituidos sin la autorización escrita de la Secretaría y siempre por otras personas con igual preparación y experiencia.

5. Para garantizar la calidad y los acabados de la obra, el Contratista de Obra realizará el control de calidad de todos los conceptos de obra, y según lo establecido en el proyecto, por lo que está obligado a instalar y mantener en el campo, el personal, equipo de ingeniería y los laboratorios que se requieran para tal efecto, conforme a lo señalado en el contrato y en el programa de control de calidad. Los resultados de las pruebas de campo y laboratorio, por cada frente y concepto de obra, han de ser analizados estadísticamente mediante cartas de control u otro procedimiento estadístico aprobado por la Secretaría, asociando claramente dichos resultados con el concepto de trabajo, su ubicación en la obra y su volumen, de manera tal que se puedan comparar los valores obtenidos con los límites de aceptación. Las cartas o los análisis estadísticos se actualizarán diariamente, con el propósito de que puedan ser corregidas, oportunamente, las desviaciones en la calidad de la obra. Los resultados de las pruebas, las cartas de control, los análisis estadísticos y los informes de control de calidad siempre estarán a disposición de la Secretaría.

Tanto los laboratorios como su equipo y personal, una vez instalados, tienen que ser aprobados por la Secretaría a través de la unidad general de servicios técnicos del centro SCT correspondiente. El contratista de obra no podrá iniciar la ejecución de un nuevo



concepto de obra, en tanto la Secretaría no haya aprobado los laboratorios para controlar la calidad de ese concepto y los atrasos en el programa de ejecución autorizado, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

6. La Secretaría por conducto de de la unidad general de servicios técnicos del centro SCT, puede tomar las muestras y realizar las pruebas que estime convenientes, para verificar el control de calidad que realice el Contratista de Obra, quien dará todas las facilidades para tal efecto, incluyendo la entrega de los resultados del control de calidad, directamente o a través del supervisor de la obra, información que adicionalmente entregará junto con la estimación de obra. El costo de los materiales tomados como muestras por la Secretaría, correrá por cuenta del Contratista de Obra y será considerado en los precios unitarios.

7. Serán responsabilidad del Contratista de Obra, los procedimientos de construcción que emplee, los proyectos de las obras auxiliares, cimbras, andamiaje y todo lo que se requiera como resultado del procedimiento de construcción adoptado. Cuando la Secretaría deba aprobar los procedimientos de construcción, dicha aprobación no liberará al Contratista de su responsabilidad.

8. El Contratista de Obra suspenderá de inmediato y modificará cualquier procedimiento constructivo u operación que la Secretaría considere peligroso o que pueda dañar a la obra, a su personal, a propiedad ajena, a terceros, o deteriorar las condiciones naturales del medio ambiente.

9. Si como consecuencia del procedimiento constructivo adoptado, los cortes, túneles, excavaciones para estructuras o canales, se realizan más allá de la línea teórica de excavación indicada en el proyecto, la sobreexcavación que resulte y los rellenos que se requieran para reponer la línea teórica, así como el exceso de materiales, moldes y estabilizaciones que pudieran ser necesarios como consecuencia de la sobreexcavación, serán por cuenta y costo del Contratista de Obra.

10. El Contratista de Obra, proporcionará a su personal el equipo de seguridad adecuado para su protección; instalará por su cuenta y costo, en los frentes de trabajo, los sistemas de higiene, el señalamiento y dispositivos para protección que se requieran para evitar accidentes, conforme lo señale el proyecto y de acuerdo con el contrato; notificará al residente, sobre la existencia, localización y magnitud de incendios, la aparición de cualquier brote epidémico y la afectación de las condiciones ambientales, así como los procesos ecológicos, en las zonas en que se ejecuten los trabajos objeto del contrato y ayudará de inmediato en la extinción de esos incendios y en el combate de los brotes epidémicos, con el personal, elementos y medios que disponga para esos fines.



11. Cualquier accidente o daño que por negligencia, procedimientos constructivos inadecuados, operación incorrecta de los equipos y maquinaria o la violación de las leyes y reglamentos aplicables, se cause a la Secretaría, al personal de la obra, a propiedad ajena o a terceros, será de la exclusiva responsabilidad del Contratista de Obra, quien asumirá los costos de indemnización, reparación o reposición que procedan.

12. El Contratista de Obra, por su conveniencia, puede optar por ejecutar la obra, o algunas partes de la misma, a mano o con maquinaria, siempre y cuando no se contraponga con lo establecido en el proyecto. Lo anterior no será motivo para que se modifiquen la calidad, los acabados, los volúmenes de la obra, los precios unitarios o el programa de ejecución.

13. El Contratista de Obra, por su conveniencia, seleccionará el equipo, herramienta, maquinaria, y vehículos que se requieran para la ejecución de la obra o de sus partes, de acuerdo con el procedimiento constructivo adoptado y será el único responsable de su eficiencia y rendimientos.

14. El Contratista de Obra, bajo su responsabilidad, seleccionará los sitios para la ubicación de las plantas de tratamiento, almacenes de materiales, campamentos y talleres, entre otros.

15. Las oficinas, campamentos, almacenes, polvorines, talleres, así como los servicios de vigilancia, agua, electricidad, teléfonos, sistemas de comunicación y otras instalaciones o servicios que requiera el Contratista de Obra durante la ejecución de la obra, correrán por su cuenta.

16. La Secretaría únicamente podrá proporcionar al Contratista de Obra aquellos materiales, equipos e instalaciones, que en su caso hayan sido estipulados en el contrato y tomados en cuenta en el análisis de precios unitarios.

17. Todas las instalaciones y actividades que realice el Contratista de Obra para la ejecución de la obra o de sus partes, así como para la operación de las plantas de trituración, de cribado y de elaboración de concreto asfáltico o hidráulico, deben cumplir con lo que, en materia de ecología, establezcan el proyecto y la legislación emitida por la Autoridad competente.

18. El Contratista de Obra puede proponer a la Secretaría, otros bancos de materiales, sitios para el depósito de desperdicios o para almacenes temporales, distintos a los indicados en el proyecto, siempre y cuando la utilización de los nuevos bancos o sitios



propuestos tengan menor o igual impacto ambiental que los anteriores, que los materiales de los bancos propuestos sean de igual o mejor calidad que la establecida en el proyecto y que no se incremente el costo de la obra. Si la Secretaría aprueba los nuevos bancos de materiales o sitios propuestos por el Contratista de Obra, ésta puede elegir entre aplicar los precios correspondientes, pactados en el contrato o bien, los precios que correspondan a los nuevos bancos o sitios propuestos. Si los trabajos se pagan a precios unitarios y dichos precios no incluyen los acarreos, la Secretaría también puede decidir entre aplicar el importe de los acarreos respectivos como si se tratara de los bancos o sitios anteriores o bien, según la localización de los nuevos con base en un estudio económico que se elabore para este fin.

19. La Secretaría puede ordenar al Contratista de Obra la explotación o utilización de otros bancos de materiales, sitios para el depósito de desperdicios o para almacenes temporales, distintos a los señalados en el proyecto. En este caso, cualquiera que sea el proceso de explotación y tratamiento que utilice el Contratista de Obra, la Secretaría aplicará los precios establecidos en el contrato para los bancos y sitios similares señalados en el proyecto, así como el importe de los acarreos que correspondan para el nuevo banco o sitio ordenado.

20. Se prohíbe la utilización de préstamos laterales, a menos que, por causas plenamente justificadas, el proyecto los establezca.

21. El Contratista de Obra se cerciorará de que exista material suficiente para la construcción de la obra antes de disponer, para su uso, cualquier cantidad de material. El faltante causado por el retiro de material para obras distintas a las previstas, tiene que ser repuesto por el Contratista de Obra, sin compensación alguna.

22. Todos los materiales sobrantes de los cortes, túneles, excavaciones para estructuras, canales, demoliciones y desmantelamientos, que la Secretaría considere aprovechables, serán depositados correctamente en los sitios para almacenes temporales indicados en el proyecto o propuestos por el Contratista de Obra y aprobados por la Secretaría. Dichos materiales aprovechables son propiedad de la Secretaría por lo que el Contratista de Obra no puede disponer de ellos sin la autorización por escrito de la misma.

23. El Contratista de Obra es el único responsable del uso y vigilancia de los explosivos y artificios que se requieran para la ejecución de la obra, así como de los daños que pudiera ocasionar con ellos durante su abastecimiento, transporte, manejo, almacenamiento y empleo, debiendo cumplir con todas las disposiciones legales vigentes en materia de seguridad.



24. Cuando se empleen explosivos en la ejecución de cortes, túneles, excavaciones para estructuras, canales y otras obras, se evitará que el material se afloje más allá de la superficie teórica indicada en el proyecto. Los fragmentos y el material suelto de los taludes y los derrumbes que se produzcan como resultado de un procedimiento inadecuado por parte del Contratista de Obra, serán removidos por su cuenta, sin compensación alguna.

25. Si por explotación inapropiada de un banco de materiales, el Contratista de Obra provoca grietas significativas o afloja peligrosamente el material adyacente al frente de ataque, suspenderá la explotación, estabilizará la zona dañada y abrirá otro frente por su cuenta y costo.

26. Al término de la explotación o utilización de los bancos de materiales, de la formación de depósito de desperdicios, del retiro de las instalaciones de trituración o cribado, de las plantas de elaboración de concreto asfáltico e hidráulico, del abandono de almacenes temporales, patios de maniobras y campamentos, además de las medidas de mitigación al impacto ambiental indicadas en el proyecto, el Contratista de Obra está obligado, por su cuenta y costo, a limpiar esos sitios removiendo el aceite, la grasa o cualquier otro material contaminante y retirando toda la basura, cascajo y escombros; a tender los taludes de las excavaciones y rellenos de manera que queden de uno coma cinco a uno (1,5:1) o más tendidos, salvo que se trate de frentes de roca; a afinar los pisos, fondos de las excavaciones y taludes; a colocar y extender el despalde en los pisos, fondos de las excavaciones y taludes; así como a proveer un adecuado drenaje. Estos trabajos se exigirán al Contratista de Obra para dar por terminada la obra, por lo que se tienen que efectuar durante el periodo de construcción y terminar antes de notificar por escrito a la Secretaría la terminación de la obra.

27. Cuando los trabajos se paguen a precios unitarios, si la Secretaría considera procedentes trabajos extraordinarios para la ejecución de conceptos no previstos en el catalogo original del contrato o de cantidades adicionales de conceptos pactados en el contrato, complementarios de la obra o de sus partes, puede autorizar u ordenar al Contratista de Obra su ejecución y éste está obligado a realizarlos, siempre y cuando no rebasen, conjunta o separadamente, el veinticinco (25) por ciento establecido por la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, respecto al monto o plazo pactado en el contrato. En este caso, la Secretaría indicará al Contratista de Obra los plazos en que deba realizar dichos trabajos y le entregará los proyectos correspondientes. Si el monto o plazo para la ejecución de los trabajos extraordinarios, excede el porcentaje mencionado, el Contratista de Obra puede negarse a ejecutarlos o aceptar su ejecución



mediante la firma del convenio adicional correspondiente, establecido en el Artículo mencionado. En cualquier caso, todos los términos y condiciones del contrato serán aplicables a los trabajos extraordinarios.

Si el contratista de obra realiza trabajos por mayor valor del contratado, sin mediar orden por escrito de parte de la Secretaría, independientemente de la responsabilidad en que incurra por la ejecución de los trabajos excedentes, no tendrá derecho a reclamar pago alguno por ella, ni modificación alguna del plazo de ejecución de los trabajos.

28. *Durante la realización de los trabajos y como parte de su correcta ejecución, el Contratista de Obra mantendrá la limpieza general de la obra, de sus partes y de las zonas adyacentes a las áreas de trabajo. La Secretaría medirá para efecto de su pago sólo los trabajos en los que se cumpla con lo establecido en este Inciso.*

29. *El Contratista de Obra, por su cuenta y costo, conservará la obra y sus partes, hasta que la Secretaría las reciba.*

30. *Si dentro del año siguiente a la fecha de recepción total de la obra, aparecen defectos o vicios ocultos como consecuencia de una deficiente ejecución, el Contratista de Obra, por su cuenta y costo, los corregirá de inmediato, sin que tenga derecho a retribución alguna por ello. De no hacerlo, la Secretaría hará efectiva la fianza de vicios ocultos.*

31. *El equipo que se utilice para la ejecución de todas las obras, será el adecuado para obtener las características especificadas en el proyecto, de manera que se cumpla con lo establecido en el programa de ejecución, , siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.*

32. *La ejecución de cada uno de los trabajos realizados para llevar a cabo la obra serán los indicados en el proyecto, y deberán cumplir con las especificaciones y requerimientos señalados en el mismo o los aprobados por la Secretaría.*



II. TRABAJOS PRELIMINARES.

1. LIMPIEZA.

Inmediatamente antes del comienzo de los trabajos de perforación y colado, la superficie de trabajo estará libre de basura, escombros, hierba, arbustos o restos de construcciones anteriores.

2. UBICACIÓN, TRAZO Y NIVELACIÓN.

En el caso de que existan montones de tierra o algún otro material, el terreno se nivelará hasta obtener una superficie sensiblemente horizontal. Si la pendiente del terreno dificulta la perforación y el colado, los trabajos se realizarán de forma escalonada, haciendo plataformas conforme se eleve el terreno.

III. INFRAESTRUCTURA.

1. PILOTES COLADOS EN EL LUGAR.

Los pilotes de concreto colados en el lugar son elementos estructurales alargados, elaborados en su lugar definitivo con concreto reforzado colado dentro de excavaciones previas con o sin ademe, para la cimentación profunda de estructuras, que tienen por objeto transmitir las cargas de la superestructura al suelo.

EQUIPO.

GRÚAS.

Que cuenten con un sistema de malacates, cables y ganchos montados sobre una pluma capaz de moverse sobre un plano vertical y de girar en un plano horizontal. Para el montaje de equipos de perforación, tendrán capacidad de 45 a 80 toneladas, con plumas rígidas de 18 metros de largo como mínimo.

PERFORADORAS.

Rotatorias o de percusión de acuerdo con las propiedades mecánicas que presenten los materiales del lugar, así como de las dimensiones de la sección transversal y profundidad proyectadas para los pilotes.



BROCAS ESPIRALES.

Cilíndricas o cónicas, formadas por una hélice colocada alrededor de una barra central, con elementos de corte constituidos por dientes o cuchillas de acero de alta resistencia colocadas en su extremo inferior. Contarán con una caja donde penetre la punta del barretón para su acoplamiento. Las brocas espirales cilíndricas se emplearán en suelos preferentemente cohesivos que se encuentren arriba del nivel freático, de manera que sea posible la extracción del material perforado. Las brocas espirales cónicas, se utilizarán para perforar en suelos con presencia de boleó o bien como guía en terrenos duros.

BOTES CORTADORES.

Formados por cilindros de acero con una tapa articulada en la base, en la cual se localicen los elementos de corte además de unas trampas que permitan la entrada del material cortado e impidan su salida. Para utilizarse tanto en suelos cohesivos como en los no cohesivos aun bajo el nivel freático.

BOTES CORONA.

Formados por cilindros abiertos que tengan en el borde inferior dientes de acero de alta resistencia e insertos de carburo de tungsteno. Para utilizarse en suelos duros o en rocas suaves, extrayendo el material cortado con un dispositivo cónico situado en el interior del bote.

PERFORACIÓN.

La perforación, ejecutada con o sin ademe, se realiza con los métodos constructivos que garanticen su verticalidad, que el suelo adyacente a la excavación no se altere mayormente y que se obtenga una cavidad limpia, que tenga y conserve las dimensiones especificadas en toda su profundidad.

PERFORACIÓN SIN ADEME.

En el caso de suelos firmes o compactos, sobre o bajo el nivel freático, que puedan mantener estables sus paredes en cortes verticales aun en presencia de agua y que no presenten derrumbes o socavaciones durante la perforación, ésta se podrá realizar sin ademe.

Se evitarán tiempos de construcción excesivos que puedan dar lugar al relajamiento de esfuerzos en el suelo, lo cual permitirá cierto desplazamiento del suelo hacia el pozo



abierto, con la consiguiente disminución de la resistencia al corte y mal comportamiento posterior del pilote.

ACERO DE REFUERZO.

El acero para concreto hidráulico lo constituyen las varillas, alambres, cables, barras, soleras, ángulos, rejillas o mallas de alambre, metal desplegado u otras secciones o elementos estructurales que se utilizan dentro o fuera del concreto hidráulico, instalados en ductos o no, para tomar los esfuerzos internos de tensión que se generan por la aplicación de cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

Trabajos previos.

Previo al habilitado y colocación del acero, se limpiará para que esté libre de aceite, grasa, tierra, óxido, escamas, hojeaduras o cualquier otra sustancia extraña. Antes de su utilización, se verificará que el acero no tenga quiebres o deformaciones de la sección.

Traslapes.

En el caso de traslapes en varillas, la longitud de traslape será igual a cuarenta (40) veces el diámetro de la varilla, pero no menor de treinta (30) centímetros.

Si en una misma sección existen traslapes en más del cincuenta por ciento (50%) de las varillas, la longitud de los traslapes se incrementará en un veinte por ciento (20%) respecto a lo indicado anteriormente; los estribos en dicha zona de traslapes tendrán el espaciamiento mínimo posible.

Para pilotes zunchados el traslape en la hélice será equivalente a uno coma cinco (1.5) vueltas.

Ganchos y dobleces.

Cuando por el espacio disponible, se requiera aplicar dobleces en el extremo de la varilla, para formar ganchos o escuadras, éstos tendrán la geometría establecida en el proyecto.

Recubrimientos.

El recubrimiento de concreto remanente entre la cara exterior del elemento estructural de concreto y la cara exterior del acero de refuerzo más cercano, estribo o refuerzo principal, será conforme al espesor establecido en el proyecto.



COLOCACIÓN DE CONCRETO.

Antes de proceder al colado del concreto es fundamental efectuar una limpieza cuidadosa del fondo, de las paredes de la perforación y del ademe permanente, si lo hay, eliminando los azolves o recortes sedimentados en el fondo de la perforación, mediante herramientas apropiadas.

El concreto se colocará en una sola operación continua, mediante un procedimiento que evite su segregación. Cuando la perforación este totalmente libre de agua y su sección transversal lo permita, el colado se puede realizar por medio de recipientes especiales o bachas que descargan por el fondo, las cuales se desplazan con ayuda de malacates o bien con grúas. También se pueden utilizar tuberías de conos segmentados (sistema Tremie).

Se calculará el volumen teórico del concreto necesario para llenar la perforación para el pilote y se comparará con el volumen real colocado, debiendo ser iguales.

Cuando el concreto se coloque bajo el agua o bajo lodo bentonítico, se emplearán una o varias tuberías estancas (sistema Tremie) de acuerdo con las dimensiones del pilote, cuyo diámetro interno sea por lo menos 6 veces mayor que el tamaño máximo del agregado grueso del concreto. Para su manejo, puede estar integrada por varios tramos de 3 metros de longitud como máximo, que sean fácilmente desmontables, por lo que se recomienda que tengan cuerdas de listón o trapezoidales. Es imperativo que la tubería sea perfectamente lisa por dentro y aconsejable que también lo sea por fuera, lo primero para facilitar el flujo continuo y uniforme durante el colado y lo segundo para evitar que la tubería se atore con el armado. Arriba de la tubería se acoplará una tolva para recibir el concreto, de preferencia de forma cónica y con un ángulo comprendido entre 60 y 80 grados.

El procedimiento de colado mediante tubería Tremie siempre buscará colocar el concreto a partir del fondo de la perforación dejando permanentemente embebido el extremo inferior de la misma; así, al avanzar el colado tiene lugar un desplazamiento continuo del lodo o agua hacia arriba, manteniendo una sola superficie de contacto entre el concreto y el agua o lodo.

La operación del colado se realizará en forma continua, para evitar que durante la espera, el concreto inicie su fraguado y se provoquen taponamientos.



DESCABEZADO.

El pilote se colará hasta el nivel de la excavación. Una vez fraguado el concreto se realizará una excavación hasta el nivel del lecho bajo de las contratraves o elementos estructurales con los que se vayan a ligar los pilotes.

Una vez realizada la excavación se demolerá la longitud saliente del pilote con un martillo neumático. Se dejará libre el acero de refuerzo para después armarlo junto con el acero del nuevo elemento estructural y proceder más tarde a su colado.

RESEÑA FOTOGRÁFICA.

Para la infraestructura se llevo a cabo la construcción de pilotes colados en el lugar usando concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con $f_y= 4000 \text{ kg/cm}^2$, con diámetro de 1.20 m.







IV. SUBESTRUCTURA.

1. ELABORACIÓN DE COLUMNAS DE PILAS DE CONCRETO REFORZADO, CABEZALES, TOPES Y BANCOS.

El concreto hidráulico es la combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. Las estructuras de concreto reforzado son las formadas por la combinación de concreto hidráulico y acero de refuerzo, para integrar una estructura con las propiedades que cada uno de ellos aporta.

EQUIPO.

PLANTAS DE MEZCLADO.

Las plantas mezcladoras que se utilicen, contarán como mínimo con:

- *Tolvas y silos para almacenar el material pétreo y el cemento Portland protegidos de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo menos quince (15) minutos sin ser alimentadas, divididas en compartimentos para almacenar los agregados pétreos por tamaños.*



- *Dispositivos que permitan dosificar los agregados pétreos por masa, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida; sólo en casos excepcionales y cuando así lo apruebe la Secretaría, se podrán dosificar por volumen. Los dispositivos deben permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento para obtener la dosificación necesaria.*
- *Dispositivos que permitan dosificar el cemento Portland por masa, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento.*
- *Dispositivos que permitan dosificar el agua, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida y los aditivos con una aproximación de más menos tres (± 3) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento. En el caso del agua y los aditivos líquidos, pueden medirse por volumen con una precisión aceptable.*
- *Cámara mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.*
- *Un dispositivo de suma acumulada, sin restitución, para contar correctamente el número de bachas producidas durante su operación.*

REVOLVEDORAS.

Las revolvedoras contarán como mínimo con un tanque dosificador de agua debidamente calibrado y con dispositivo de cierre; un aditamento para cerrar automáticamente la tolva de descarga y evitar que se vacíe, antes de que los materiales hayan sido mezclados. Las revolvedoras serán capaces de girar a una velocidad tangencial periférica aproximada de un (1) metro por segundo.

VIBRADORES.

Los vibradores serán del tipo, frecuencia y potencia, de acuerdo con el elemento por colar, para obtener un concreto compactado con textura uniforme y superficie tersa en sus caras visibles; considerando las características descritas en las tablas siguientes:



Tipo	Frecuencia recomendable rpm (mín)	Elemento vibratorio		Capacidad de consolidación m ² /h	Número de operarios
		Longitud cm	Diámetro cm		
Cabeza de inmersión, de operación manual	9 000	Hasta 34,3	2,2-4,4	1,5-3,8	1
Cabeza de inmersión, de operación manual	9 000	25,4-50,8	4,8-6,4	3,8-15,3	1
Cabeza de inmersión, de operación manual	7 000	25,4-71,1	6,0-7,6	11,5-19,1	1
Cabeza de inmersión, montados en grupo ^[2]	7 000	25,4-71,1	6,0-7,6	--	1
Tubo de inmersión, unido a una extendidora	5 000	Hasta 760	7,5	--	1
De superficie, discos o reglas	3 000	Hasta 1282 × 0,45	--	--	2
De superficie, disco giratorio	1 800	--	--	--	1

Tabla 1 Características generales de los vibradores.

Tipo de vibrador	Aplicaciones
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 9 000 rpm y 34,3 cm de longitud.	• Concreto plástico, trabajable en miembros muy delgados y sitios confinados, y para fabricación de 62 especímenes para ensayos de laboratorio. • Conveniente como auxiliar de vibradores mayores en concretos presforzados, donde los cables y ductos causan congestión en las cimbras.
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 9 000 rpm y longitud de 25,4 a 50,8 cm.	• Concreto plástico, trabajable en muros delgados, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos y techos ligeros, cubiertas ligeras de puentes y a lo largo de las juntas de construcción.
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 7 000 rpm y longitud de 25,4 a 71,1	• Concreto plástico, trabajable con menos de 7,5 cm de revenimiento en construcción general, tal como muros, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos pesados, cubiertas de puente y losas de techo. • Vibración auxiliar adyacente para cimbras de concreto masivo.
Cabeza de inmersión, montados en grupo.	• Concreto para losas, pueden unirse a la extendidora o a un equipo separado.
Tubo de inmersión, unido a máquina extendidora	• Concretos para losas, para toda la profundidad, dependiendo del número de unidades y profundidad de inmersión.
De superficie, discos o reglas	• Concreto para losas menores de 30 cm de espesor, para ahogar cantos rodados de 10 cm máximo y compactar superficies horizontales. Efectiva a una profundidad máxima de 30 cm aproximadamente.
De superficie, disco giratorio	• Concreto con superficies expuestas a desgaste, con 5 cm de revenimiento, en pisos pesados, rampas, plataformas, losas de puente y losas de cubierta, ductos y canales. • También se usa en superficies de concreto expuestas al desgaste, para integrarlas con agregado graduado ya sea metálico o natural, para obtener superficies más duras.

Tabla 2 Aplicaciones recomendables para vibradores.



CAMIONES DE VOLTEO.

Serán vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la pérdida de agua del concreto.

CAMIÓN MEZCLADOR O AGITADOR.

Será capaz de producir, mantener y descargar una mezcla uniforme sin provocar segregación.

CANALES O TUBOS.

Serán de acero, de madera forrada con lámina metálica o de otro material que apruebe la Secretaría. Contarán con deflectores que obliguen al chorro de concreto a incidir verticalmente sobre el siguiente tramo de canalón o tubo, sin producir segregación.

BOMBAS.

Con la capacidad para bombear el concreto con un flujo continuo hasta la altura requerida.

EJECUCIÓN.

CONDICIONES CLIMÁTICAS.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras estas no sean las adecuadas, considerando que no se colocará concreto hidráulico:

- Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo. En caso de que se presente una lluvia durante la colocación, se protegerán convenientemente las superficies de concreto fresco, para evitar deslaves o defectos en el acabado.*
- Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 grados Celsius, salvo en aquellos casos en que se apliquen procedimientos o se utilicen aditivos.*
- Cuando la evaporación sobre la superficie del concreto sea mayor de 1 kg por metro cuadrado por hora, determinada de acuerdo con las recomendaciones de la Portland Cement Association (PCA), a menos que se levanten rompevientos para proteger el concreto hidráulico.*



OBRAS FALSAS, CIMBRAS Y MOLDES.

El diseño de las obras falsas, cimbras y moldes se construirán para cumplir con lo establecido en el proyecto y serán del material indicado en el mismo.

Para reducir la altura de una obra falsa, esta puede desplantarse sobre terraplenes contruidos para tal objeto, con autorización previa de la Secretaría.

El número de usos que se le dé a las obras falsas, cimbras y moldes, será responsabilidad del Contratista de Obra, siempre y cuando se cumpla con la calidad de la obra.

En los apoyos de la obra falsa se usarán cuñas de materiales duros o cualquier otro dispositivo adecuado, con objeto de corregir cualquier asentamiento que se produzca antes, durante o inmediatamente después del colado.

Las obras falsas que no puedan cimentarse satisfactoriamente por apoyo directo sobre el terreno, descansarán en zapatas o pilotes cuya posición, hincado y remoción se harán según lo fije el proyecto.

La obra falsa se apoyará sobre elementos de una subestructura o superestructura.

Una vez terminada la construcción de obras falsas, cimbras o moldes, se revisará que cumplan con lo indicado en el proyecto.

La Secretaría, a su juicio, podrá verificar los desplantes, niveles, contraflechas y en general, todos los elementos geométricos de las obras falsas, cimbras y moldes.

Las obras falsas, cimbras y moldes tendrán la rigidez suficiente para evitar deformaciones debidas a la presión del concreto, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones correlativas al colado o que puedan presentarse durante la construcción. Además las cimbras y moldes, serán estancos para evitar la fuga de la lechada y de los agregados finos durante el colado y el vibrado.

Las cimbras y moldes se limpiarán antes de una nueva utilización. La parte de las cimbras y moldes expuesta al concreto, recibirá una capa de aceite mineral o de cualquier otro material desmoldante aprobado por la Secretaría.

Todas las cimbras y moldes se construirán de manera que puedan ser retirados sin dañar el concreto. Cuando se considere necesario se dejarán aberturas temporales en la base y otros lugares de las cimbras o moldes, para facilitar su limpieza, inspección y la colocación del concreto.



No se permitirá el colado en cimbras o moldes con juntas que presenten aberturas mayores de diez milímetros (10 mm); en este caso, las juntas serán impermeabilizadas con un material adecuado que garantice un buen sello, que resista sin deformarse o romperse el contacto con el concreto y que no produzca depresiones ni salientes mayores que las tolerancias geométricas que establezca el proyecto. En el caso de concreto aparente, las cimbras o moldes se ajustarán perfectamente y no se permitirá impermeabilizar sus juntas.

Todas las aristas de los moldes llevarán un chaflán que consistirá en un triángulo rectángulo con catetos de 2.5 centímetros.

Durante y después de las operaciones del vaciado del concreto, el Contratista de Obra inspeccionará la obra falsa, cimbra o molde, para detectar deflexiones, pandeos, asentamientos o desajustes.

En el caso de moldes de madera, no se aceptará el uso de piezas torcidas; cuando vayan a trabajar a tensión no tendrán nudos.

Los separadores de madera, no se dejarán ahogados en el concreto. Las varillas o tirantes usados para afianzar los moldes, pueden quedar ahogados en el concreto y cortarse a no menos de 3 cm hacia el interior de las caras amoldadas del concreto. El agujero practicado se resanará con mortero de cemento hasta dejar una superficie lisa.

Cuando como moldes de columnas, pilastras, pilotes y otros se utilicen tubos de cartón comprimido, éstos se colocarán con la obra falsa necesaria para conservar su verticalidad.

En el caso de que se utilicen tubos de cartón comprimido para aligerar losas, se colocarán aproximadamente al centro del peralte de la losa con una tolerancia de ± 1 cm., firmemente asegurados para evitar que floten al colocarse el concreto. Los extremos de los tubos se taparán para evitar la entrada del concreto. Se colocarán de manera que durante el vibrado se evite tocar los tubos con el vibrador.

ELABORACIÓN DEL CONCRETO.

El procedimiento que se utilice para la elaboración del concreto hidráulico es responsabilidad del Contratista de Obra. Quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que el concreto cumpla con los requerimientos de calidad establecidos en el proyecto.



El concreto podrá ser elaborado en planta o en obra, siempre que ahí se cuente con el equipo apropiado para producir un concreto con las características establecidas en el proyecto.

Durante la producción del concreto, el contratista de obra contará en el lugar con todos los materiales, equipo y personal necesarios para el colado del elemento de que se trate.

Los agregados pétreos se protegerán de cambios de contenido de agua o bien, se ajustará la cantidad de agua necesaria para la mezcla ante dichos cambios. Si los agregados son regados con agua antes de su utilización, serán drenados el tiempo suficiente para obtener un contenido de agua uniforme. El tiempo de drenaje de los materiales será de:

- *Ocho horas para arena.*
- *Cinco horas para grava menor de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ").*
- *Tres horas para grava entre 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") y 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ ").*

Cuando se utilicen aditivos o fibras, se observarán las recomendaciones del fabricante para su incorporación al concreto, cuidando que la mezcla del concreto sea uniforme en composición y consistencia en toda su masa, durante todo el proceso hasta su vaciado.

Durante el proceso de producción no se cambiará de un tipo de concreto a otro, hasta que la mezcladora o las tolvas de la planta hayan sido vaciadas completamente y los depósitos de alimentación de los agregados pétreos sean cargados con el nuevo material, si esto es necesario.

La mezcla no debe permanecer más de 20 minutos en la revolvedora después de terminado el mezclado; si por algún motivo la mezcla permanece dentro de la revolvedora más de 20 minutos después del mezclado, se desechará y no será objeto de medición y pago. Si por alguna razón la mezcla no fue vaciada inmediatamente después del mezclado, antes de vaciarla, se volverá a mezclar por lo menos durante 1 minuto.

El contenido de la revolvedora se retirará por completo del tambor antes de que los materiales para la siguiente mezcla sean introducidos en el mismo.

Cuando se suspenda el trabajo de una revolvedora por más de 30 minutos, se lavará la tolva, el tambor y los canales, retirando completamente los residuos de concreto antes de volver a utilizarla.

En el caso de que el concreto se dosifique y fabrique manualmente en la obra, para la construcción de elementos no estructurales, cuando una parte de la mezcla se seque o



comience a fraguar o haya transcurrido más de 1 hora al momento de su colocación, la mezcla se desechará y no será objeto de medición y pago.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad del concreto hidráulico difiere de la establecida en el proyecto, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el Contratista de Obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

COLADO.

Inmediatamente antes y durante el colado estará presente un representante de la Secretaría para inspeccionar, si así lo juzga necesario, la elevación de los desplantes, la solidez, dimensiones y demás requisitos de las obras falsas, cimbras o moldes, por lo que el Contratista de Obra dará aviso a la Secretaría, con anticipación al colado de cualquier estructura o parte de ella. El concreto que se haya colocado en ausencia de un representante de la Secretaría sin previa aprobación de la misma, será reemplazado si así lo estima conveniente la Secretaría.

Cuando se requiera iluminación artificial durante los colados, ésta se hará de tal forma que exista la visibilidad suficiente en todo el elemento por colar y demás sitios que se requiera.

El colado será continuo hasta la terminación del elemento estructural o hasta la junta de construcción que indique el proyecto.

Cuando sea necesario que el colado de elementos estructurales verticales, tales como muros, columnas o pilas, se efectúe en etapas, éstas serán las indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. La superficie libre de la última capa que se cuele, ya sea por suspensión temporal del trabajo o por terminar las labores del día, se limpiará tan pronto como dicha superficie haya fraguado lo suficiente para conservar su forma, quitando la lechada u otros materiales perjudiciales.

Se colará por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento estructural.

No se dejará caer la mezcla desde alturas mayores de 1.5 metros ni se amontonará para después extenderla en los moldes.

El lapso entre un vaciado y el siguiente, para el mismo frente de colado, será como máximo de 30 minutos.



No se suspenderá el colado o se interrumpirá temporalmente cuando falten menos de 45cm. para enrasar el coronamiento final de estructuras verticales, como muros, estribos, pilas o columnas, a menos que éstos tengan que rematar en dadas, coronas o diafragmas, capiteles o marquesinas de menos de 45 cm de altura, en cuyo caso se podrá dejar una junta de construcción en el lecho bajo dichos elementos.

Solo se podrá suspender el colado por causa de fuerza mayor aprobadas por la Secretaría. En el caso de que el Contratista de Obra suspenda el colado sin autorización de la Secretaría, se demolerá el concreto colado hasta donde ésta lo indique y la reposición del concreto será por cuenta y costo del Contratista de Obra.

JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.

Las juntas de construcción se harán en los lugares y forma indicados en el proyecto.

Para ligar concreto fresco con otro ya fraguado transcurridas de 10 a 72 horas de terminado el colado, dependiendo de las condiciones de la obra, se procederá a cepillar enérgicamente la superficie expuesta, con un cepillo de alambre y agua a poca presión, para quitar una capa de 0.5 cm de espesor aproximadamente, con objeto de obtener una superficie rugosa y resistente. Si por alguna circunstancia no se efectuó lo anterior y se pretende continuar el colado después de 72 horas, la remoción de la capa superior de 0.5 cm de espesor se hará con la herramienta adecuada, lavando después la junta con abundante agua y al mismo tiempo limpiando la superficie con un cepillo de alambre; terminada la limpieza, las juntas estarán libres de material suelto y permanecerán húmedas hasta que continúe el colado.

Antes de reiniciar el colado, los moldes se reajustarán cuidadosamente en caso necesario.

Inmediatamente antes de colar el nuevo concreto, se aplicará a la junta una lechada de cemento, cuya relación agua-cemento sea la empleada en el concreto, o bien otro material que indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Cuando el proyecto establezca el uso de adhesivos especiales, se fijarán en cada caso los procedimientos de construcción a seguir.

En caso de suspender el colado fuera de una junta de construcción preestablecida, será necesario demoler todo el concreto, hasta llegar a la junta de construcción previa.

Las juntas de dilatación serán abiertas o rellenas, con placas de deslizamiento o sin ellas y se harán en la forma y lugares que indique el proyecto.



Las juntas de dilatación abiertas se construirán colocando un diafragma provisional, que puede ser una pieza de madera, hoja de metal u otro material, el cual se quitará después del endurecimiento del concreto. La forma del diafragma provisional y el método que se emplee para insertarlo y removerlo, serán tales que no rompan las aristas de las juntas o dañen el concreto.

El relleno de juntas de dilatación se hará con un material que cumpla con lo indicado en el proyecto. En todas las juntas se recortará el material al tamaño exacto y de tal modo que llene completamente el espacio indicado en el proyecto. Cuando la junta esté constituida por varias piezas, se evitará que estas queden flojas, mal ajustadas entre sí o con las paredes de la junta.

Cuando el proyecto indique juntas de dilatación con placas de deslizamiento, éstas quedarán bien ancladas y lubricadas en todas las superficies de deslizamiento, con grafito, grasa u otro material, según lo indique el proyecto. Se cuidará que durante el colado no se depositen materiales extraños en las juntas, que impidan o dificulten su funcionamiento.

FRAGUADO Y CURADO.

Durante las 10 primeras horas que sigan a la terminación del colado, se evitará que el agua de lluvia o alguna corriente de agua, deslave el concreto.

Una vez iniciado el fraguado y por lo menos durante las primeras 48 horas de efectuado el colado, se evitará toda clase de sacudidas, trepidaciones y movimientos en las varillas que sobresalgan, que interrumpan el estado de reposo y alteren el acabado superficial con huellas u otras marcas.

Se evitará la pérdida de agua del concreto para que alcance su resistencia y durabilidad potencial protegiéndolo mediante el curado que indique el proyecto.

Se aplicarán riegos de agua sobre las superficies expuestas y los moldes, en cuanto dichos riegos no marquen huellas en dicha superficie. Los riegos se aplicarán durante 7 días cuando se empleen cementos Portland de clase resistente de 20, 30 y 40 y durante 3 días cuando se empleen cementos Portland de clase resistente de 30R y 40R. El agua que se utilice para el curado, será de la misma calidad que la que se emplee en la elaboración del concreto.

Cuando así lo establezca el proyecto en vez de los riegos a que se refiere el inciso anterior, se aplicará una membrana impermeable en las superficies expuestas, que impida



la evaporación del agua contenida en la masa de concreto. La cantidad, clase de producto que se emplee y su forma de aplicación, cumplirán con los requisitos fijados en el proyecto. La membrana mantendrá la superficie del concreto húmeda durante el mismo tiempo señalado en el inciso anterior, según el tipo de cemento que se utilice.

El curado se hará cubriendo las superficies expuestas con arena costales o mantas, que se mantendrán húmedas al igual que en los moldes, durante el tiempo necesario, según el tipo de cemento que se utilice.

Cuando así lo indique el proyecto el curado se hará mediante el empleo de vapor, durante el tiempo que se establezca el proyecto.

DESCIMBRADO.

La terminación del tiempo a partir del cual puede iniciarse la remoción de los moldes y la obra falsa, se hará como lo indique el proyecto.

Cuando se usen aditivos que afecten el fraguado, la remoción de las cimbras, moldes y obras falsas, se iniciarán cuando lo indique el proyecto, con base en los resultados de las pruebas realizadas a especímenes del mismo concreto empleado en el elemento estructural.

En elementos estructurales que no estén sujetos a cargas, tales como guarniciones, banquetas y parapetos, los moldes de superficies verticales se podrán remover a partir de 12 a 48 horas después de efectuarse el colado, según las condiciones de la obra.

Para remover las cimbras, moldes y obras falsas, se usarán procedimientos que no dañen las superficies del concreto o que incrementen los esfuerzos a que estará sujeta la estructura. Los apoyos de la obra falsa tales como cuñas, cajones de arena, gatos y otros dispositivos se retirarán de manera que la estructura tome sus esfuerzos gradualmente.

Cuando se retiren las cimbras o moldes antes de concluir el periodo de curado especificado, se continuará con dicho curado.

En el caso de elementos estructurales fabricados con cementos Portland de clase resistente de 20, 30 y 40, las cargas totales de proyecto se aplicarán una vez transcurridos 28 días después de terminado el colado; pueden cargarse parcialmente a los 21 días después de terminado el colado cuando así lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Si se usan cementos Portland de clase resistente de 30R y 40R o aditivos, se



modificarán los periodos anteriores de acuerdo con lo aprobado por la Secretaría para cada caso.

RESEÑA FOTOGRÁFICA.

Para la subestructura se realizaron columnas de pila, de concreto reforzado de 1.20 m. de diámetro con concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y acero de $f_y=4000 \text{ kg/cm}^2$; así como también en coronas, diafragmas y bancos de cargadores con las mismas especificaciones de esfuerzo en concreto y acero de refuerzo.









V. SUPERESTRUCTURA.

1. ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.

Las estructuras de concreto presforzado son las formadas por uno o varios elementos de concreto hidráulico sometidos a esfuerzos previos de compresión que alivian o eliminan los esfuerzos de tensión que se producen en condiciones de servicio. Las estructuras de concreto presforzado se clasifican en estructuras postensadas y estructuras pretensadas y pueden ser elementos colados en el sitio o elementos precolados.

EQUIPO.

GATOS HIDRÁULICOS.

De la capacidad y en la cantidad suficiente, de acuerdo con los requisitos establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

MANÓMETROS.

Dispositivos de indicación del equipo de tensado empleado para medir los esfuerzos inducidos en las operaciones de pretensado o postensado.

EJECUCIÓN.

El contratista de obra facilitará el acceso al sitio de fabricación de las piezas, para que el personal que asigne la Secretaría verifique el cumplimiento del proyecto en tiempo y calidad, los procedimientos de construcción y pueda efectuar los muestreos y pruebas que considere necesarios.

Durante la ejecución de la obra, el Contratista de Obra dispondrá de los servicios de un técnico especializado en concreto presforzado, experto en el sistema que se vaya a emplear para supervisar la fabricación en las diferentes etapas y el manejo de todos los elementos estructurales y de sus partes.

ACERO DE PRESFUERZO.

El tipo, dimensiones, características y ubicación del acero de refuerzo adicional y de presfuerzo, así como los dispositivos para la colocación y tensado, serán los establecidos en el proyecto.



CONCRETO HIDRÁULICO.

El tipo y características del concreto hidráulico, serán los establecidos en el proyecto.

Las cabezas o placas de concreto hidráulico para la distribución de los esfuerzos en los extremos de las trabes serán precolados, empleando moldes especiales para garantizar la precisión de su geometría, teniendo especial cuidado en su fabricación, manejo y colocación; no se aceptarán las que presenten despostilladuras o cualquier otro defecto.

CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS.

Las conexiones entre elementos de las estructuras de concreto presforzado para sistemas estructurales, se ejecutarán de tal manera que cumplan con:

- Transmitir el cortante, el momento, la tensión axial y la compresión axial, según lo indique el proyecto.*
- Adaptarse a todas las combinaciones de carga de diseño, incluyendo la superposición de la carga viva, la carga por viento y los efectos sísmicos, dentro de los esfuerzos y deformaciones permisibles en el elemento, en su apoyo y en el ensamble total de la conexión.*
- Absorber los cambios de volumen debidos al flujo plástico, la contracción y la temperatura, sin exceder los esfuerzos y deformaciones permisibles en el elemento, su apoyo y en el ensamble total de la conexión.*
- Aceptar las sobrecargas, es decir la carga última de diseño, de manera que no se presenten fallas en las juntas y conexiones antes de la falla principal en el elemento, a menos que la junta se diseñe precisamente para romperse antes de presentarse dicha falla.*
- Funcionar como conexión según lo establezca el proyecto, ya sea junta de expansión, de continuidad, articulada o de otro tipo, sin importar los efectos del tiempo y del ambiente previstos.*
- Resistir la corrosión y el fuego de acuerdo con el proyecto, así como los giros y expansiones debidos a los incrementos de temperatura mientras el elemento este expuesto al fuego.*
- Asegurar un asiento y funcionamiento adecuado, a pesar de las desviaciones máximas permisibles acumuladas en las tolerancias de fabricación y montaje.*
- Asegurar la impermeabilidad bajo condiciones de trabajo.*
- Suministrar los medios mecánicos necesarios para evitar que un elemento caiga de su asiento bajo condiciones de sismo.*



ANCLAJES.

Que los anclajes desarrollen al menos 100 % de la resistencia última estipulada en el proyecto y que ésta solo se use en donde la longitud de adherencia sea igual o mayor que la longitud de adherencia requerida para desarrollarla, considerando:

- Que la longitud de adherencia requerida se ubique entre el anclaje y la zona donde se desarrolla la zona completa de presfuerzo bajo condiciones de servicio y cargas últimas y que la longitud de adherencia se haya determinado probando un tendón de tamaño natural.*
- Que en el estado adherido, el anclaje desarrolle el 100 % de la resistencia última estipulada en el proyecto, o que la haya desarrollado en el estado no adherido.*
- Que los anclajes no adheridos de tendones, desarrollen la resistencia última estipulada en el proyecto del acero de presfuerzo, con la deformación permanente que no disminuya la resistencia última esperada, así como que la elongación total durante la carga última del tendón no sea menor del 2% de la longitud del tendón cuando se mida en especímenes con una longitud mínima de 3 metros.*

ACABADO.

Que el concreto sea uniforme y este libre de canalizaciones, depresiones, ondulaciones o cualquier otro tipo de irregularidades.

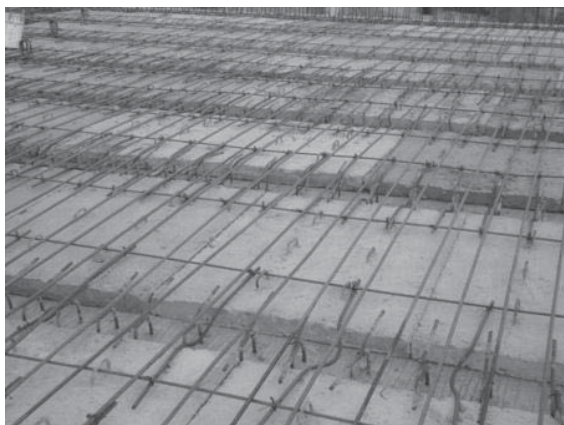
Que todas las superficies del concreto estén exentas de bordes, rugosidades, salientes u oquedades de cualquier clase y presenten el acabado superficial que fije el proyecto.

RESEÑA FOTOGRÁFICA.

Se realizó la superestructura con vigas de acero pretensado con concreto de $f'c=450$ kg/cm² y acero de refuerzo de $f_y=4000$ kg/cm²; además se colocó una losa basada en un sistema de prelosas, con acero de refuerzo y concreto $f'c=250$ kg/cm² por encima de las mismas, además de guarniciones hechas de concreto reforzado $f'c=250$ kg/cm².











VI. CONSTRUCCIÓN DE RAMPAS DE ACCESO.

1. TERRACERÍAS.

CORTES.

Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra.

EQUIPO.

Excavadoras.

De operación manual o mecanizada, con la versatilidad suficiente para que se adapten fácilmente al patrón de excavación.

Tractores.

Montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

Cargadores frontales.

Autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque, para la excavación y carga de los materiales producto del corte.

EJECUCIÓN.

- 1. Los cortes se ejecutarán de acuerdo con las líneas de proyecto y sin alterar las áreas fuera de los límites de la construcción, indicados por las líneas de ceros en el proyecto.*
- 2. Las cortes se ejecutarán de manera que se permita el drenaje natural del corte.*
- 3. Los cortes se ejecutarán con el talud establecido en el proyecto. En caso de que los materiales de los taludes resulten fragmentados o la superficie irregular o inestable, el material en estas condiciones será removido.*
- 4. Cuando se requiera el uso de explosivos, se evitará aflojar el material de los taludes más allá de la superficie teórica establecida en el proyecto.*



5. Los materiales producto del corte se utilizarán para construir terraplenes o arroparlos reduciendo la inclinación de sus taludes. Los materiales provenientes de derrumbes o deslizamientos recientes se retirarán del sitio de los trabajos para aprovecharse en el abatimiento de taludes o se depositarán, al igual que el material sobrante de los cortes, en el sitio y forma que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, para evitar alteraciones al paisaje, a cuerpos de agua y favorecer el desarrollo de vegetación, así como para no obstaculizar el drenaje natural.

6. Las cunetas se construirán de forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes.

7. Las contracunetas se harán antes o simultáneamente con los cortes.

8. Los daños originados por derrumbes, deslizamientos, agrietamiento y oquedades, entre otros, causados por negligencia del Contratista de Obra, serán reparados por su cuenta y costo, a satisfacción de la Secretaría.

TERRAPLENES.

Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Secretaría, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos, y tender taludes.

EQUIPO.

Motoconformadoras.

Las motoconformadoras que se utilicen para el extendido y conformación de terraplenes, serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de tres coma sesenta y cinco (3,65) metros, y con una distancia entre ejes mayor de cinco coma dieciocho (5,18) metros.

Tractores.

Los tractores serán montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

Cargadores frontales.

Los cargadores frontales serán autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

**Compactadores.**

Los compactadores serán autopropulsados y reversibles. Los compactadores vibratorios estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración.

TRABAJOS PREVIOS.

Delimitación del terraplén. *Se delimitará la zona de desplante del terraplén mediante estacas u otras referencias.*

Desmonte y despalme. *Cuando se encuentre material de calidad inaceptable en el área de desplante del terraplén, el material será sustituido por otro de mejor calidad, para lo cual se abrirá una caja de la profundidad necesaria como parte del despalme. El proyecto o la Secretaría indicarán si es necesaria la compactación del fondo de la caja, de acuerdo con las características del material. La caja se rellenará con capas compactadas con el material y la compactación que indique el proyecto.*

Escalones de liga. *En la ampliación de la corona o tendido de taludes en los que no se vaya a modificar el ancho de la corona de terraplenes existentes o en trabajos para la elevación de la subrasante, se excavarán escalones de liga conforme a lo establecido en el proyecto.*

Preparación de la superficie. *Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despalme con material compactado, así mismo se compactará el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante, en un espesor mínimo de veinte (20) centímetros y a una compactación similar a la del terreno natural.*

TENDIDO Y CONFORMACIÓN.**Aspectos generales.**

El material proveniente de cortes o bancos se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.

En caso de material compactable, éste se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua



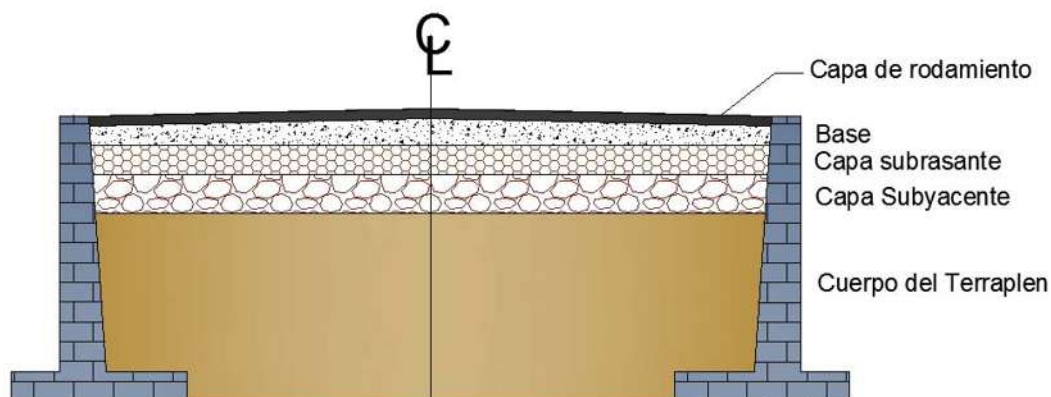
necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.

Cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante. El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto.

Cuando el nivel de desplante coincida sensiblemente con el nivel freático, se evitará desplantar el terraplén directamente sobre la superficie saturada, procediendo al abatimiento del nivel freático o a colocar una primer capa a volteo de espesor suficiente para que soporte al equipo, según lo indique el proyecto.

Cuando se deba asegurar la compactación de los hombros de los terraplenes, éstos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto, como se muestra en la figura siguiente, obteniéndose así los sobreanchos laterales, con las dimensiones indicadas en el proyecto, en los cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.



Como parte final del terraplén se construirán la capa subyacente y, por último, la capa subrasante, como se muestra en la figura anterior, con los espesores, materiales y grados de compactación que establezca el proyecto.



Cuando la construcción de la capa subrasante se ejecute directamente bajo el nivel del piso de un corte y los materiales en ese sitio satisfacen las características establecidas, dicha capa se formará sin necesidad de una excavación adicional, escarificando y compactando la cama del corte, con el espesor y grado de compactación que establezca el proyecto.

TENDIDO Y CONFORMACIÓN DE MATERIAL COMPACTABLE.

Para el cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la capa subrasante, el material compactable se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto, y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.

Para la ampliación de las coronas o el tendido de los taludes de terraplenes existentes y previamente excavados los escalones de liga en los taludes, el material compactable se extenderá en todo el ancho de la ampliación y se conformará como se indica en el Párrafo anterior.

Cuando se ejecute una excavación adicional abajo del nivel del piso de un corte, para alojar la capa subrasante, ésta se formará extendiendo el material en todo el ancho de la excavación.

TENDIDO Y CONFORMACIÓN CON MATERIAL NO COMPACTABLE.

El material no compactable para el cuerpo del terraplén, se humedecerá y se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con el espesor mínimo que permita el tamaño máximo de las partículas del material; se conformará de tal manera que se obtenga una capa con superficie sensiblemente horizontal.

Para las ampliaciones de la corona o el tendido de taludes de terraplenes existentes y previamente excavados los escalones de liga en los taludes, el material no compactable se humedecerá y colocará a volteo en todo el ancho de la ampliación.

El material no compactable se colocará hasta el nivel de desplante de la capa subyacente, misma que se extenderá y conformará.



COMPACTACIÓN O ACOMODO.

Compactación.

Cada capa de material compactable, tendida y conformada, se compactará hasta alcanzar el grado indicado en el proyecto.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

Acomodo del material no compactable.

Cada capa de material no compactable, tendida y conformada, se acomodará mediante bandeo, ronceando un tractor montado sobre orugas, que tenga una masa mínima de treinta y seis (36) toneladas, de forma que pase cuando menos tres (3) veces por cada sitio. El número de pasadas podrá ser ajustado en la obra, dependiendo del equipo que se utilice.

El bandeo se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del tractor en cada franja bandeada.

2. PAVIMENTOS.

SUBBASE.

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de una carpeta asfáltica o a una losa de concreto hidráulico, soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

BASE.

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la subbase, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que ésta le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura



de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

EQUIPO.

Planta de mezclado.

La planta de mezclado será del tipo amasado o pugmill, de tambor rotatorio o bien de mezclado continuo, capaz de producir una mezcla homogénea. Estará equipada con tolvas para almacenar el material por mezclar; silos o tanques que permitan almacenar el agua, protegidos del polvo; dispositivos para dosificar, por masa o por volumen, los materiales y el agua, con aditamentos que permitan un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento; cámara de mezclado provista de rotor con aspas y con espreas para añadir el agua, con compuerta de descarga al equipo de transporte.

Motoconformadoras.

Las motoconformadoras que se utilicen para el extendido y conformación de las subbases y bases, serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de tres coma sesenta y cinco (3,65) metros, y con una distancia entre ejes mayor de cinco coma dieciocho (5,18) metros.

Extendedoras.

Las extendedoras serán autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar las capas de subbase y base con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la capa, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora del material con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparte el material uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

Compactadores.

Los compactadores serán autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos; en el caso de compactadores vibratorios, éstos estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres



(3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40”), en todos los casos.

EJECUCIÓN.

Mezclado del material.

Cuando sea necesario mezclar dos o más materiales de dos o más bancos diferentes, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir un material homogéneo, mediante uno de los siguientes procedimientos.

Mezclado en planta.

En plantas del tipo pugmill o de tambor rotatorio, la dosificación de los materiales y el agua, se hace por masa.

En mezcladoras de tipo continuo, la dosificación de los materiales y el agua, puede hacerse por masa o por volumen.

El material mezclado se transportará al sitio de su colocación, de forma que no se altere para que pueda ser extendido y compactado.

Mezclado en el lugar.

Si la mezcla de los materiales se hace en el lugar de su utilización, se mezclarán en seco y posteriormente se incorporará el agua.

TRABAJOS PREVIOS.

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la subbase o la base, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada dentro de líneas y niveles, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá su construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

Los acarreos de los materiales hasta el sitio de su utilización, se harán de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá la subbase o la base, se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas y, por consecuencia, su deterioro.

Se descargará el material sobre la subrasante o la subbase, según sea el caso, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en



un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar el material. Si el tendido se realiza con extendedora, la descarga se hará directamente en su tolva.

Se preparará el material extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad adecuada y obtener homogeneidad en granulometría y humedad. Si el tendido se realiza con extendedora, la preparación del material se hará previamente a su transporte.

TENDIDO Y CONFORMACIÓN.

Inmediatamente después de preparado el material, se extenderá en todo el ancho de la corona y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.

El material se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto. Una vez compactada la última capa, se tendrán la sección y los niveles establecidos en el proyecto.

Si el tendido se realiza con extendedora, su tolva de descarga permanecerá llena para evitar la segregación del material; si ésta ocurre, el Contratista de Obra lo remezclará por su cuenta y costo.

COMPACTACIÓN.

La capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado indicado en el proyecto.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior, en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

La capa ya compactada se escarificará superficialmente y se le agregará agua, antes de tender la siguiente capa, con el propósito de ligarlas.

CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO MEZCLA EN CALIENTE.

Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Estas carpetas, debido a que generalmente tienen



espesores mayores de 4 centímetros, tienen la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.

EQUIPO.

Planta de mezclado.

Contará como mínimo con:

- Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual a la capacidad de producción de la planta o mayor.*
- Un pirógrafo a la salida del secador para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.*
- Cribas para clasificar el material pétreo por lo menos en tres (3) tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material pétreo disponible para la mezcla asfáltica.*
- Tolvas para almacenar el material pétreo, protegidas de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo menos durante quince (15) minutos sin ser alimentadas, y divididas en compartimentos para almacenar los materiales pétreos por tamaños. Si la alimentación de las tolvas se realiza con equipo autopropulsado, éste estará equipado con un cucharón cuyo ancho no provoque derrames en compartimientos adyacentes, para evitar la contaminación del material.*
- Silo para almacenar y proteger de la humedad a los finos de aportación (filler), con sistema para dosificación ajustable, con operación independiente a la del sistema utilizado para el resto de los materiales pétreos.*
- Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por masa, y sólo en casos excepcionales, cuando así lo apruebe la Secretaría, por volumen, y que permitan un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la granulometría que indique el proyecto.*
- Equipo para calentar el cemento asfáltico en forma controlada, que garantice que éste no se contamine y que esté provisto de un termómetro con rango de veinte (20) a doscientos diez (210) grados Celsius.*
- Dispositivos para dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de más menos dos (± 2) por ciento de la cantidad de cemento asfáltico requerida según el proporcionamiento de la mezcla asfáltica.*



- *En su caso, sistema de dosificación de fibras que permita su incorporación en un punto tal que no se provoque su alteración por la flama en el tambor secador o su pérdida por el flujo de gases dentro del tambor mezclador.*
- *Mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.*
- *Dispositivo para recolección y reincorporación de polvo, que impida la pérdida de los finos (material que pasa la falla N° 200) y los reincorpore a la mezcla asfáltica, evitando la contaminación ambiental.*

Pavimentadoras.

Autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la carpeta asfáltica con mezcla en caliente que se tienda, con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la carpeta asfáltica, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal, ser calentado en caso necesario y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora de la mezcla asfáltica con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta la mezcla uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

Los dispositivos externos que se utilicen como referencia de nivel para los sensores de niveles, estarán colocados en zonas limpias de piedras, basura o cualquier otra obstrucción que afecte las lecturas. Si durante la ejecución de los trabajos, los controles automáticos operan deficientemente, la Secretaría, a su juicio, podrá permitir al Contratista de Obra terminar el tendido del día, mediante el uso del control manual de la pavimentadora; sin embargo, el tendido se podrá reiniciar solo cuando los controles automáticos funcionen adecuadamente.

Es necesario contar además, con equipos especiales para verter la mezcla asfáltica a las pavimentadoras, evitando que los camiones vacíen directamente en las tolvas de las mismas, mejorando así la uniformidad superficial de la capa asfáltica con mezcla en caliente.

**Compactadores.****Compactadores de rodillos metálicos.**

Autopropulsados, reversibles y provistos de un sistema de rocío por agua y de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres (3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40"), en todos los casos.

Compactadores neumáticos.

Remolcados o autopropulsados. Tendrán nueve (9) ruedas como mínimo, de igual tamaño, montadas sobre dos ejes unidos a un chasis rígido, equipado con una plataforma o cuerpo que pueda ser lastrado, de forma que la masa total del compactador se distribuya uniformemente en ellas, dispuestas de manera que las llantas del eje trasero cubran, en una pasada, el espacio completo entre las llantas adyacentes en el eje delantero. Las llantas serán lisas, con tamaño mínimo de 7.50-15 de cuatro (4) capas e infladas uniformemente a la presión recomendada por el fabricante, con una tolerancia máxima de treinta y cuatro coma cinco (34,5) kilopascales (5.lb/in²).

Barredoras mecánicas.

Autopropulsadas o remolcadas. Tendrán una escoba rotatoria el tipo de cerdas adecuadas según el material por remover y la superficie por barrer.

EJECUCIÓN.**Proporcionamiento de materiales.**

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla asfáltica homogénea.

El proporcionamiento se determinará mediante un diseño de mezclas asfálticas en caliente, para obtener las características establecidas en el proyecto. Este diseño será responsabilidad del Contratista de Obra, aplicando el método de diseño que establezca el proyecto.

Si en la ejecución del trabajo, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la elaboración de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, no se obtiene una mezcla con las características establecidas en el proyecto,



se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

Condiciones climáticas.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se construirán carpetas asfálticas con mezcla en caliente:

- Sobre superficies con agua libre o encharcada.*
- Cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo.*
- Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los quince (15) grados Celsius.*
- Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los quince (15) grados Celsius y su tendencia sea a la baja. Sin embargo, las carpetas asfálticas con mezcla en caliente pueden ser construidas cuando la temperatura ambiente esté por arriba de los diez (10) grados Celsius y su tendencia sea al alza. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.*

Trabajos previos.

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada dentro de las líneas y niveles, exenta de basura, piedras, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

Cuando la carpeta asfáltica con mezcla en caliente se construya sobre una base, ésta se impregnará de acuerdo con las Normas establecidas por la Secretaría. Es responsabilidad del Contratista de Obra establecer el lapso entre la impregnación y el inicio de la construcción de la carpeta.

Inmediatamente antes de iniciar el tendido de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, se aplicará un riego de liga en toda la superficie, del tipo y con la dosificación establecida en el proyecto.

Los acarreos de la mezcla asfáltica hasta el sitio de su utilización, se harán de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá la carpeta asfáltica con mezcla en



caliente, se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas y, por consecuencia, su deterioro. No se permitirá que los camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida. En el caso de que por algún motivo esta situación llegue a suceder, el Contratista de Obra reparará inmediatamente los daños causados, por su cuenta y costo.

Elaboración de la mezcla asfáltica.

El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla asfáltica es responsabilidad del Contratista de Obra, quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad establecidos en el proyecto.

Si en la ejecución del trabajo, la calidad de la mezcla asfáltica difiere de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el Contratista de Obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

Durante el proceso de producción no se cambiará de un tipo de mezcla a otro, hasta que la planta haya sido vaciada completamente y los depósitos de alimentación del material pétreo sean cargados con el nuevo material.

Tendido de la mezcla asfáltica.

Después de elaborada la mezcla asfáltica, se extenderá y se conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares, la mezcla asfáltica puede tenderse y terminarse a mano.

Si la mezcla está quemada, no se permitirá su tendido.

El Contratista de Obra determinará, mediante la curva Viscosidad-Temperatura del material asfáltico utilizado, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla asfáltica. En el caso de emplear asfalto modificado, el proveedor del mismo indicará al Contratista de Obra, las temperaturas adecuadas de mezclado y compactación para su producto.



El tendido se hará en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la pavimentadora.

Cuando el tendido se haga en dos (2) o más franjas, con un intervalo de más de un día entre franjas, éstas se ligarán con cemento asfáltico o con emulsión de rompimiento rápido. Esto se puede evitar si se elimina la junta longitudinal utilizando pavimentadoras en batería.

La cara expuesta de las juntas transversales se recortará aproximadamente a cuarenta y cinco (45) grados antes de iniciar el siguiente tendido, ligando las juntas con cemento asfáltico o con emulsión de rompimiento rápido.

Se tendrá especial cuidado para que el enrasador traslape las juntas de tres (3) a cinco (5) centímetros y que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede ligeramente por arriba de la capa previamente tendida, para que al ser compactado, el pavimento quede con los niveles y dentro de las tolerancias establecidos en el proyecto.

De ser necesario, la mezcla se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, hasta que se obtengan la sección y el espesor establecidos en el proyecto. Cuando el tendido se haga por capas, la capa sucesiva no se tenderá hasta que la temperatura de la capa anterior sea menor de setenta (70) grados Celsius en su punto medio.

Cada capa de mezcla asfáltica se colocará cubriendo como mínimo el ancho total del carril.

Durante el tendido de la mezcla asfáltica en caliente, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena, para evitar la segregación de los materiales. No se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación. Es recomendable utilizar un equipo especial para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente en la tolva de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta asfáltica.

Al final de cada jornada y con la frecuencia necesaria, se limpiarán perfectamente todas aquellas partes de la pavimentadora que presenten residuos de mezcla asfáltica.

La longitud de tendido de la mezcla asfáltica es responsabilidad del Contratista de Obra, tomando en cuenta que no se tenderán tramos mayores de los que puedan ser compactados de inmediato.

**Compactación.**

Inmediatamente después de tendida la mezcla asfáltica, será compactada.

La capa extendida se compactará lo necesario para lograr que cumpla con las características indicadas en el proyecto.

La compactación se hará longitudinalmente a la carretera, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

El uso de compactadores vibratorios sólo se permitirá para la compactación de capas mayores de cuatro (4) centímetros de espesor.

La compactación se terminará cuando la mezcla asfáltica tenga una temperatura igual a la mínima conveniente para la compactación.

Por ningún motivo se estacionará el equipo de compactación, por periodos prolongados, sobre la carpeta asfáltica con mezcla en caliente recién compactada, para evitar que se produzcan deformaciones permanentes en la superficie terminada.

Se tendrá cuidado de mantener siempre bien humedecidos los rodillos compactadores para evitar que la mezcla caliente se adhiera y se provoquen imperfecciones en el acabado de la carpeta asfáltica.

Acabado.

Una vez concluida la compactación en todo el ancho de la corona de la última capa de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, se formará un chaflán en las orillas, cuya base será igual que uno coma cinco (1,5) veces el espesor de la carpeta asfáltica, compactándolo con el equipo adecuado. Para ello se utilizará mezcla asfáltica adicional, colocándola inmediatamente después del tendido, o bien directamente con las pavimentadoras si están equipadas para hacerlo.

RESEÑA FOTOGRÁFICA.

Los accesos a la estructura se construyeron mediante muros formados con concreto hidráulico reforzado considerando una capa de base hidráulica de 20 cm de espesor, una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor y bombeo de 2% hacia ambos lados.





VII. INSTALACIONES ESPECIALES.

1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

El sistema de iluminación se realizó a base de lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión logrando con ello que conductores de automotores así como a los peatones tengan un máximo de seguridad sobre todo en tiempos de lluvia, ya que tendrán una gran visibilidad sobre la carpeta asfáltica con la cual podrán evitar cualquier obstáculo que se presente dentro de ella.

Para el diseño del sistema de iluminación del entronque se seleccionaron luminarias de alta eficiencia equipada con lámparas de Sodio de Alta Presión de 250 W de 33,200 lúmenes y 400W de 56,500 lúmenes de flujo luminoso.

El puente está iluminado con postes de 20.00 metros de altura provistos de escalera marina y corona de 6 luminarias con lámparas de 250W.

En el viaducto y calles laterales las luminarias están colocadas en postes metálicos de 14.00 metros de altura fuera del ángulo visual del conductor, evitando al máximo el deslumbramiento.

Los circuitos de alumbrado están controlados cada uno con una fotocelda que enciende y apaga automáticamente las luminarias en tiempo de invierno operan de las 19 horas a las 7 horas y en verano de las 20 horas a las 6 horas.

En el diseño del sistema de iluminación de esta vialidad se tomaron en cuenta los puntos de mayor importancia requeridos para obtener la máxima seguridad y eficiencia para los usuarios:

- a) Evitar el uso de luminarias con refractores los cuales producen deslumbramiento y la mayor parte del flujo luminoso emitido por las lámparas se pierde en el espacio.*
- b) Colocar las luminarias fuera del ángulo visual del conductor a una distancia interpostal de 35.00 metros.*
- c) Tener el Nivel de Iluminación que nos permita ver los posibles obstáculos sobre la carpeta asfáltica a 200 metros de distancia de los mismos, así como tener la visibilidad suficiente en tiempos de lluvia y niebla utilizando lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250W y 400W.*



El sistema de alumbrado está conformado con luminarias de alto factor de eficiencia, que contienen un sistema óptico basado en reflectores interiores, eliminando los tradicionales refractores que ocasionaban fuerte deslumbramiento para los conductores.

Se diseñaron circuitos eléctricos que serán alimentados por un transformador de 250 KVA 13200/380-220V.

Las grandes ventajas del uso de estos transformadores son:

- a) La eliminación de armónicas de las líneas de energía eléctrica alimentadoras que perjudican altamente a los equipos de iluminación del tipo de descarga como son reactores y lámparas de vapor de sodio de alta presión acortando su vida útil.*
- b) Mayor longitud de los circuitos eléctricos con conductores de diámetro menor que los usados en las instalaciones a 220V logrando un menor costo en las instalaciones de alumbrado.*
- c) Excelente regulación de voltaje a lo largo de los circuitos eléctricos obteniendo con ello que los equipos de alumbrado trabajen a su máxima eficiencia.*
- d) Que los transformadores son exclusivamente para el funcionamiento del sistema de alumbrado evitando que los habitantes del lugar se “cuelguen” de las líneas de alimentación para el robo de la energía eléctrica.*

Con la aplicación de este tipo de transformadores se obtiene una máxima calidad, eficiencia y economía reflejado en el costo de las instalaciones, consumo de energía eléctrica y de mantenimiento.

VIII. OBRAS COMPLEMENTARIAS.

1. APOYOS DE NEOPRENO.

Los apoyos de neopreno se han diseñado para que el trabajo a la compresión sea de 100 kg/cm², admitiendo una deformación máxima del 15%. El neopreno que se utilizará deberá ser aceptado por la Dirección General De Servicios Técnicos S.C.T. Las placas de neopreno se fabricarán en moldes de las dimensiones especificadas. Por ningún motivo se cortarían de otras más grandes por que se desintegrarían con el tiempo.



PROCEDIMIENTO.

- *El contratista enviará la solicitud a la dirección general de servicios técnicos para verificar la calidad de los apoyos de neopreno con una anticipación de 30 días como mínimo y entregará la totalidad de los apoyos que se emplearán en la obra, más uno, el cual será seleccionado para verificación de su estructura.*
- *La dirección general de servicios técnicos marcará en forma inviolable los apoyos de neopreno con la siguiente nomenclatura:*

SCT – numero progresivo – año(los dos últimos dígitos)

- *La dirección general de servicios técnicos verificará la calidad de todos los apoyos de neopreno, incluyendo la prueba de la flama para el neopreno, y elaborará el informe con los resultados de las pruebas, que enviará al contratista.*
- *Los apoyos que no cumplan con cualquiera de las pruebas serán rechazadas y deberán ser sustituidos por el contratista. el pago de las pruebas de los nuevos apoyos correrá por cuenta del contratista.*
- *La dirección general de servicios técnicos entregará, los apoyos de neopreno al residente de la obra, con copia de los resultados y la relación de los números marcados en cada apoyo. también es posible, que el residente recoja personalmente los apoyos o a través de su representante, mediante una carta poder, en la dirección general de servicios técnicos.*
- *El residente de obra recibirá los apoyos de neopreno debidamente identificados y aprobados por la dirección general de servicios técnicos y en su momento los entregará directamente al contratista y verificará que estos apoyos sean colocados en la estructura de la obra correspondiente.*
- *El contratista informará al residente por escrito y en forma detallada, la posición exacta dentro de la estructura donde quedaron colocados los apoyos de neopreno, de acuerdo a su identificación.*

2. JUNTAS DE DILATACIÓN.

El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y permitir las dilataciones y contracciones que se presenten en



las losas sin agrietarse, debiéndose emplear productos a base de silicón, poliuretano o poliuretano-asfalto los cuales deberán solidificarse a temperatura ambiente.

El material para el sellado de juntas deberá de cumplir con los requerimientos indicados en el proyecto. El material se deberá adherir a los lados de la junta o grieta en el concreto y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales incompresibles. En ningún caso se podrá emplear algún material sellador no autorizado por la Secretaría.

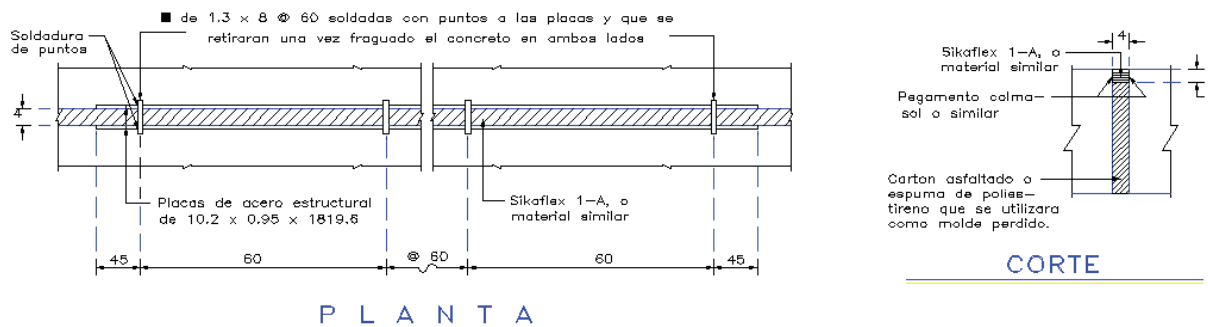
Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de bajo módulo autonivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar la fluidez suficiente para autonivelarse y no requerir de formado adicional.

El sellador, deberá cumplir con los siguientes requisitos y especificaciones de calidad:

ESPECIFICACIÓN	MÉTODO DE ENSAYE	REQUISITO
Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25°C $\pm$ 5°C, y 45% a 55% de humedad relativa).	ASTM D 412	3.2 kg/cm ² max.
Flujo a 25°C $\pm$ 5° C	ASTM C 639 (15% Canal A)	No deberá fluir del canal.
Tasa de extrusión a 25°C $\pm$ 5° C	ASTM C 603 (1/8" @ 50 psi)	75-250 gms/min.
Gravedad Específica	ASTM D 792 (método A)	1.01 a 1.51
Dureza a -18°C (7 días de curado a 25°C $\pm$ 5° C)	ASTM C 661	10 a 25
Resistencia al intemperismo después de 5,000 horas de exposición continua.	ASTM C 793	No agrietamiento, pérdida de adherencia o superficies polvosas por desintegración
Superficie seca a 25°C $\pm$ 5° C, y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM C 679	Menor de 75 minutos
Elongación después de 21 días de curado a 25°C $\pm$ 5° C, y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM D 412	1,200 %
Fraguado al tacto a 25°C $\pm$ 5° C, y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM C 1640	Menos de 75 minutos
Vida en el contenedor a partir del día de embarque	--	6 meses mínimo
Adhesión a bloques de mortero	AASHTO T 132	3.5 kg/cm ²
Capacidad de movimiento y adhesión. Extensión de 100% a -18°C después de 7 días de curado al aire a 25°C $\pm$ 5° C, seguido por 7 días en agua a 25°C $\pm$ 5° C	ASTM C 719	Ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos



La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción. La tirilla de respaldo deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo.



Detalle de las juntas de dilatación.

3. GUARNICIÓN Y PARAPETO.

GUARNICIONES COLADAS EN EL LUGAR.

Las guarniciones son los elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico o mampostería, que se emplean principalmente para limitar las banquetas, franjas separadoras centrales, camellones o isletas y delinear la orilla del pavimento. Pueden ser coladas en el lugar o precolados.

Trabajos previos.

Previamente a la construcción de guarniciones y banquetas, se efectuará un premarcado de los niveles y alineamientos, de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

Para desplantar la guarnición se hará una excavación de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

Sobre el fondo de la excavación se tenderá, apisonándola, una capa de arena de diez (10) centímetros de espesor, que servirá de desplante para la guarnición. La guarnición se construirá sobre la capa de arena, dentro de la excavación.



Ejecución.

Para el colado de las guarniciones podrá usarse una máquina extruidora autopropulsada para concreto hidráulico, con formas o moldes deslizantes que produzcan la guarnición con la sección transversal requerida.

Cuando las guarniciones sean coladas en el lugar utilizando procedimientos manuales, se utilizarán moldes rígidos colocados sobre la superficie de desplante, con la suficiente rigidez para que no se deformen durante las operaciones de vaciado y vibrado, ajustados perfectamente para evitar escurrimientos de lechada por las juntas.

Cuando la construcción de las guarniciones se haga manualmente, el vaciado se hará en forma continua, tendiéndose en dos (2) capas de igual espesor.

Las juntas de construcción y dilatación se harán a cada tres (3) metros de distancia, mediante separadores metálicos de tres (3) milímetros de espesor y una profundidad de veinticinco (25) centímetros. Los separadores se limpiarán y engrasarán perfectamente antes de la colocación del concreto y se retirarán cuidadosamente de tres (3) a cinco (5) horas después del colado.

Acabados.

El acabado de las guarniciones será uniforme, sin protuberancias ni oquedades.

Las aristas de las guarniciones serán acabadas antes de que endurezca el concreto mediante un volteador, formando curvas suaves con radio máximo de cinco (5) milímetros.

PARAPETOS.

Los parapetos son dispositivos que se construyen o colocan longitudinalmente en una obra vial o sus inmediaciones, para una mejor conducción de los vehículos, logrando con esto dar tanto a los conductores como a las estructuras viales una mayor seguridad y protección. Los parapetos pueden ser metálicos, de concreto reforzado o mixtos.

Parapetos metálicos.

Los parapetos metálicos tendrán la resistencia y características establecidas en el proyecto.

Todos los elementos, piezas y herrajes se encontrarán libres de oxidación perjudicial, exentos de tierra, grasa o aceites y cualquier otra sustancia extraña.



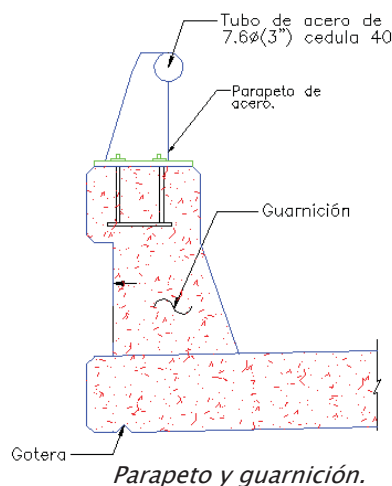
Todas las piezas por unir se ensamblarán previamente, se ajustarán y marcarán para su identificación en el sitio donde se armarán o colocarán.

Las marcas de identificación de las piezas se efectuarán en zonas retiradas de cualquier borde por soldar.

Los parapetos metálicos se fijarán o anclarán a las obras viales de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

Cuando se deba aplicar un recubrimiento con pintura, una vez colocado, el parapeto metálico se limpiará de óxido, escamas, escorias, grasas u otras materias extrañas, antes de aplicar la capa de pintura.

La soldadura utilizada en la fabricación de parapetos será del tipo que indique el proyecto.



4. SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL.

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.

RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES DEL PAVIMENTO CON PINTURA.

Las marcas en el pavimento son el conjunto de rayas, símbolos y letras, que se pintan o colocan sobre el pavimento, que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades o el regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información visual o auditivamente a los usuarios.

Se efectuará la aplicación de la pintura y microesfera en un ancho de 15 centímetros sobre el pavimento existente, en una proporción de 60 litros por kilómetro efectivo (0.06 litros



por metro lineal) y por cada 1 litro de pintura se aplicará 800 gramos de microesfera de vidrio en pintura amarilla y 750 gramos en pintura blanca.

EQUIPO.

Equipo autopropulsado para la aplicación de pintura convencional.

Máquina pintarrayas autopropulsada, con dispositivos que permitan ajustar la cantidad de pintura y el ancho de película que se aplique, con mecanismos que regulen automáticamente la intermitencia de rayas y la dosificación de microesferas retrorreflejantes.

Equipo manual para la aplicación de pintura convencional.

Equipo manual de aire a presión, equipado con pistolas y boquillas adecuadas para el tipo de pintura por aplicar.

Equipo para la ubicación de marcas en el pavimento.

El equipo topográfico y accesorios serán los adecuados para permitir la ubicación y trazo de las marcas en el pavimento en los lugares señalados por el proyecto.

Unidades de agua a presión.

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascuales ($\pm 143 \text{ kg/cm}^2$).

Barredoras mecánicas.

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies tendrán una escoba rotatoria con filamentos de material adecuado según la superficie por barrer y podrán ser remolcadas o autopropulsadas.

CONDICIONES CLIMÁTICAS.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se aplicarán o colocarán marcas en el pavimento sobre superficies húmedas, cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo.



TRABAJOS PREVIOS.

Limpieza.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se aplicarán o colocarán las marcas estará seca y exenta de materias extrañas, polvo o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o una barredora.

Premarcado.

Cuando se trate de rayas, previo a su aplicación o colocación, se indicará su ubicación mediante un premarcado sobre el pavimento en los lugares señalados en el proyecto, marcando puntos de referencia, con la ayuda de equipo topográfico y un hilo guía.

En el caso de símbolos o letras, previo a su aplicación o colocación, se delinearán sus contornos para que cumplan con las dimensiones, ubicación y características establecidas en el proyecto.

APLICACIÓN DE LA PINTURA.

Las marcas en el pavimento se aplicarán conforme a las dimensiones, características y colores establecidos en el proyecto, sobre los puntos premarcados o dentro de los contornos delineados.

Cuando se utilice pintura convencional, se aplicará la pintura definitiva sobre los puntos premarcados en el caso de rayas o dentro de los contornos previamente delineados cuando se trate de símbolos o letras, utilizando equipo autopropulsado o manual según el tipo de marca. La película de pintura que se aplique será del tipo, ancho y espesor que indique el proyecto.

Cuando se utilice pintura termoplástica, la temperatura de aplicación será la recomendada por el fabricante, que normalmente es superior a noventa (90) grados Celsius e inferior a doscientos (200) grados Celsius. La película de pintura que se aplique será del tipo, ancho y espesor que indique el proyecto.

APLICACIÓN DE MICROESFERAS RETRORREFLEJANTES.

Sobre la película de pintura fresca se colocarán microesferas retrorreflejantes. Cuando se utilice un equipo autopropulsado, la incorporación de las microesferas se hará en forma automática al momento de la aplicación de la pintura; cuando se haga con equipo manual, éstas se incorporarán inmediatamente después de aplicada la pintura. En cualquier caso la



dosificación será la adecuada para proporcionar el coeficiente de retrorreflexión mínimo establecido en el proyecto.

COLOCACIÓN DE MARCAS PREFORMADAS.

La colocación de las marcas preformadas se hará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

TIEMPO DE SECADO.

El tiempo de secado, tanto de la pintura de las marcas pintadas como de los adhesivos de las marcas preformadas, se determinará en obra, considerando las recomendaciones del fabricante y las condiciones ambientales en el sitio de los trabajos.

VIALETAS.

Las vialetas son dispositivos que tienen elementos retrorreflejantes, dispuestos de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso. Se colocan sobre la superficie de rodamiento o sobre estructuras, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

Las vialetas fueron fabricadas con material plástico estabilizado para contrarrestar la acción de los rayos ultravioletas, con dimensiones de 10 x 10 x 2 cm, con reflejantes en una cara, mediante acrílico transparente protector de microprismas con espesor de cuerpo plástico de 1.8 mm y un ángulo de 29°.

CONDICIONES CLIMÁTICAS.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que, cuando se utilicen adhesivos, no se instalarán vialetas sobre superficies húmedas o cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo.

TRABAJOS PREVIOS.

Limpieza.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se instalarán las vialetas estará seca y exenta de materias extrañas, polvo o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o un cepillo de raíz.



Ubicación y premarcado.

Previo a la instalación de vialetas, se indicará su ubicación mediante un premarcado sobre el pavimento o las estructuras, en los lugares señalados en el proyecto, marcando puntos de referencia.

PREPARACIÓN DEL ADHESIVO.

Cuando para la fijación de vialetas, el proyecto indique la utilización de resinas epóxicas de aplicación en frío y secado inmediato, los elementos que integran la resina se mezclarán en la cantidad suficiente de acuerdo con el volumen de obra por ejecutar, considerando el tiempo de manejabilidad de la mezcla elaborada y las recomendaciones del fabricante.

COLOCACIÓN.

Cuando se utilice una resina epóxica como adhesivo, ésta se colocará en la parte inferior de la vialeta, ya sea en su superficie o en las ranuras, en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia establecidas en el proyecto.

En todos los casos, las vialetas sobre el pavimento se instalarán simplemente adheridas.

Se fijará la vialeta presionando firmemente la pieza en su sitio sobre el punto premarcado. La(s) superficie(s) retrorreflejante(s) de la vialeta se orientará(n) conforme a lo establecido en el proyecto.

Cuando se establezca el uso de elementos de sujeción para vialetas en estructuras, tales como pernos, remaches o tornillos, se perforarán los orificios de tal forma que las vialetas queden orientadas según lo indique el proyecto, sin dañar la estructura.

TIEMPO DE SECADO.

Cuando se utilicen adhesivos, el tiempo de secado se determinará en obra, considerando las recomendaciones del fabricante y las condiciones ambientales en el sitio de los trabajos; sin embargo, no se permitirá el tránsito sobre las vialetas antes de una (1) hora.

SEÑALAMIENTO VERTICAL.

SEÑALAMIENTO VERTICAL BAJO.

Las señales verticales bajas son el conjunto de tableros instalados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas o símbolos que tienen por objeto regular el uso de la



vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera. Según su finalidad, pueden ser señales preventivas, restrictivas, informativas, turísticas y de servicios, o diversas; según su estructura de soporte, pueden ser fijadas en uno o dos postes, o bien en estructuras existentes.

Preventivas: Fondo en amarillo tránsito reflejante, símbolos, caracteres y filete impresos con tinta serigráfica color negro. Su altura deberá de ser 1.50 m. de altura Sobre el hombro del camino.



Restrictivas: Fondo en blanco reflejante, símbolos, letras y filete impresos con tinta serigráfica en color negro y el círculo en color rojo reflejante muy alta intensidad. Su altura deberá de ser 1.50 m. de altura Sobre el hombro del camino medido a la parte más baja de la placa.



Informativas:

a) **De identificación, de recomendación y en general:** Se harán con fondo en blanco reflejante; letras números, flechas, escudos y filete impresos con tinta serigráfica en color negro mate.



b) De servicios y turísticas: Fondo de placa y tablero adicional azul reflejante y símbolos, letras, fechas y filete en blanco reflejante.

c) Indicadores: Fondo con esmalte color negro; franjas alternadas en color blanco.



SEÑALAMIENTO VERTICAL ALTO.

Las señales verticales elevadas son el conjunto de tableros instalados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas o símbolos que tienen por objeto indicar los principales destinos y que se colocan con una altura libre mayor o igual a cinco coma cinco (5,5) metros entre la parte inferior del tablero y el nivel de la calzada de la vialidad.

De destino: Fondo en color verde reflejante; filete, escudo, caracteres, letras y números color blanco.

De acuerdo con su ubicación y estructura de soporte, las señales elevadas se clasifican en:

Bandera.

Cuando las señales se ubican en una orilla de la calzada y se integran por un tablero colocado a un solo lado del poste que las sostiene.

Bandera doble.

Cuando las señales se integran con dos tableros, uno a cada lado del poste que los sostiene, colocado entre las dos calzadas de una bifurcación.

Puente.

Cuando las señales se integran por uno o más tableros ubicados sobre la calzada de la vialidad y colocados en una estructura apoyada en ambos lados de la misma.



TRABAJOS PREVIOS.

Ubicación.

Previo a la instalación de las señales, se marcará la localización y disposición de las señales en los lugares establecidos en el proyecto.

Excavación.

Una vez ubicados los sitios donde se instalarán las señales, se realizará la excavación para la colocación de la estructura, conforme a las dimensiones establecidas en el proyecto.

INSTALACIÓN.

La estructura de las señales se instalará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales.

Los tableros de las señales se instalarán en las estructuras de soporte de tal manera que queden orientados perpendicularmente a la dirección del tránsito, utilizando los dispositivos establecidos en el proyecto.

La estructura de las señales puede instalarse con el tablero de la señal fijo, siempre y cuando no se maltrate dicho tablero durante las maniobras de instalación.



Los postes de soporte de las señales quedarán ahogados en la excavación, para lo que se rellenará con el material producto de la excavación y con concreto hidráulico, según lo establezca el proyecto.

Los tableros de las señales se instalarán en las estructuras de soporte utilizando los dispositivos establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría. En ningún caso se permitirá el uso de soldadura como medio de sujeción de los tableros.

5. BARRERA CENTRAL DE CONCRETO.

Las barreras centrales son dispositivos de seguridad que se emplean para dividir los carriles de circulación contraria, cuando la corona del camino incluye los dos sentidos de circulación, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios de la carretera, evitando en lo posible que los vehículos invadan los carriles de sentido contrario, encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Normalmente son de concreto simple, reforzado o metálicas.

La barrera central llevará una vialeta (reflejante) a cada 15 metros en color amarillo sobre cada lado de la barrera.

TRABAJOS PREVIOS.

Limpieza.

En el caso de barreras centrales de concreto, inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie correspondiente a la línea de construcción de la barrera central, estará seca y exenta de materiales extraños, grasa, basura o fragmentos de roca.

Ubicación.

Previo a la instalación o construcción de la barrera central, se marcará su eje sobre la corona del pavimento, mediante puntos de referencia de acuerdo a lo establecido en el proyecto.

INSTALACIÓN DE BARRERAS CENTRALES DE CONCRETO PRECOLADAS.

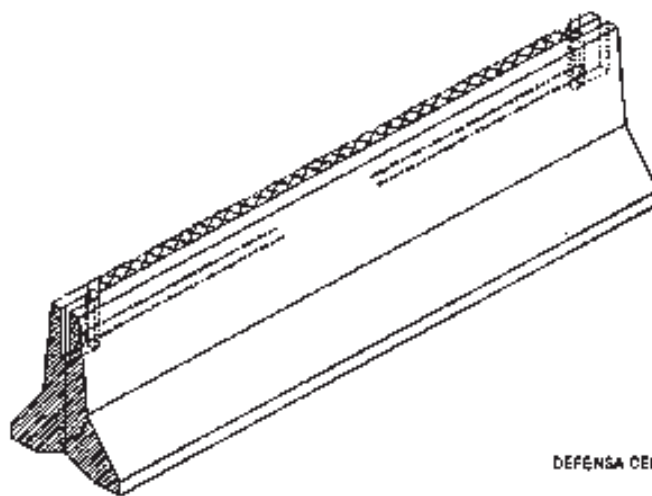
Los módulos se colocarán en los sitios establecidos en el proyecto, tomándolos desde el vehículo de transporte y depositándolos sobre el eje previamente trazado, con el alineamiento y nivel establecidos en el proyecto.



Las uniones entre módulos precolados, se harán según lo establecido en el proyecto.

ACABADO.

El acabado de la barrera central será el establecido en el proyecto, cuidando que quede correctamente alineada, tanto horizontal como verticalmente y a la altura especificada. Cuando así lo indique el proyecto, se pintarán los extremos de las barreras centrales de concreto, en su cara normal a la dirección del tránsito. En ningún otro caso se pintarán las barreras centrales.



DEFENSA CENTRAL DE CONCRETO



CONCLUSIONES.

La realización de este trabajo permite aprender la aplicación de los procesos constructivos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la realización de un puente, obra que refleja de manera importante un impacto en la Sociedad, ya que con el mejoramiento del tránsito vehicular se mejora también el estilo de vida de los ciudadanos, permitiendo de alguna manera disminuir la presión e inconvenientes provocados por el tráfico vehicular; de la misma manera se mejora el ingreso a la ciudad a aquellos que ya sea por motivos comerciales, de negocios o de turismo tienen que acceder a Morelia.

Para la ejecución de la obra se tuvieron los planos siempre a disposición para el momento en que fueran necesarios, de manera que se siguieran las especificaciones del proyecto; además se llevó un registro de las actividades diarias en la bitácora de obra durante el tiempo que duró la misma, de manera que los trabajos y procedimientos ejecutados fueran aprobados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Además, se cumplió cabalmente con las especificaciones del proyecto cumpliendo con todas las pruebas de calidad de los laboratorios, así como con la calidad de todos los materiales usados para la realización de los diversos conceptos, satisfaciendo de esa manera las demandas de calidad establecidas por la Secretaría.

Cabe resaltar que durante la ejecución de la obra se cuidó de la mejor manera posible el impacto que se pudiera tener ante el tráfico vehicular, así como mitigar el impacto ambiental, reduciendo en lo posible la generación de basura y escombros disponiendo inmediatamente de ellos, así como de los residuos líquidos. También, en lo posible, se vigilo del uso equipo de protección por parte de los trabajadores, reduciendo al mínimo la posibilidad de accidentes laborales.

Con la realización de este trabajo espero la comprensión de técnicas relativamente nuevas en los procesos constructivos de este tipo de estructuras como la utilización del sistema Tremie que se usó en el colado de los pilotes que conformaban la infraestructura, así como la terminología que se le da en el país a las diferentes partes que componen el puente.

Este trabajo me permitió la oportunidad de aprender lo que conlleva la construcción de una obra completa en sí, desde la etapa previa al inicio de la obra como es el señalamiento, hasta ver el equipo usado, materiales y finalmente los procesos llevados a cabo para la construcción de esta obra.



También tuve la oportunidad de aprender acerca de la evolución de los puentes en la historia, los que, conforme aparecían nuevos materiales e ideas, se implementaban a la construcción de los mismos, trayendo consigo obras más estables y con mejores capacidades para soportar cargas, así como los efectos causados por la naturaleza, evolución que al alcanzar a nuestro país permitió la construcción de puentes más grandes y mejor fabricados, debido a que todos los procedimientos para llevar a cabo la obra se encuentran debidamente establecidos y normados gracias a la SCT, además de las bases que existen para clasificar los diferentes tipos de puentes y comprender los distintos esfuerzos producidos en cada uno de ellos.

Además pude ver reflejados los conocimientos que adquirí durante la carrera, pero desde un punto de vista en el que se aplicaban los conocimientos de las diferentes materias de una manera conjunta, que sumado a los nuevos conocimientos adquiridos dejan en mí a alguien que sigue el proceso de aprendizaje, y que con visión al futuro me permita mejorar como ingeniero para llevar a cabo obras de mejor calidad. Espero que aquellos que recurran a éste trabajo encuentren una guía de la misma manera que yo lo hice a través de mi investigación, ya que ese es el propósito de éste trabajo, orientar a aquellos que lo necesiten y permitir la adquisición de nuevos conocimientos.

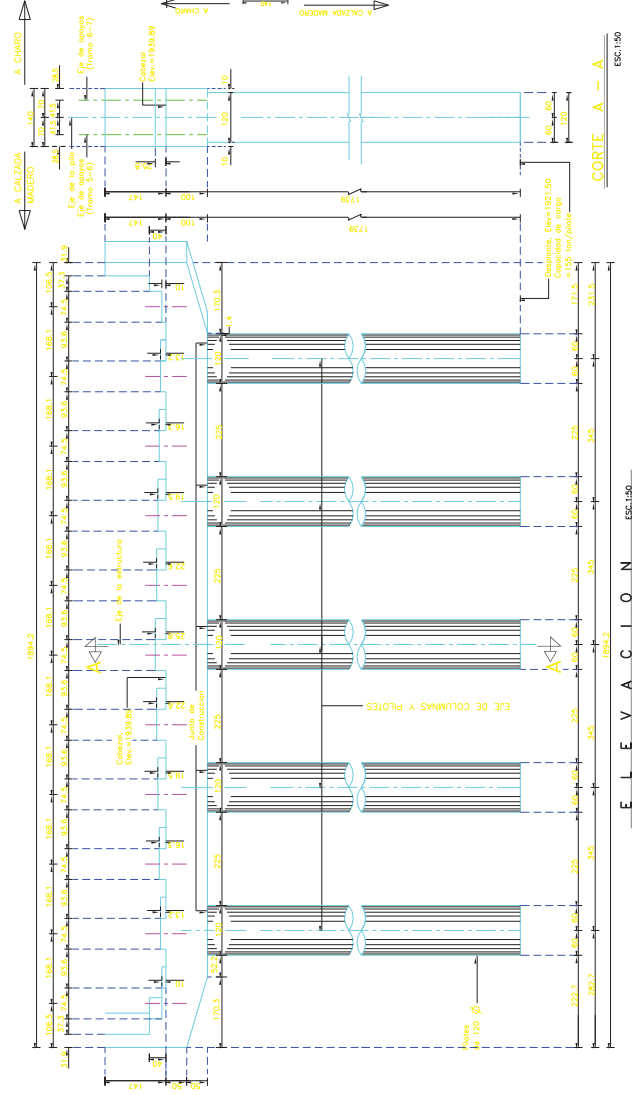


REFERENCIAS.

En el presente trabajo se hace referencia de reproducciones textuales a normas y especificaciones de organismos oficiales, libros de texto y fuentes virtuales de información relacionadas con la construcción.

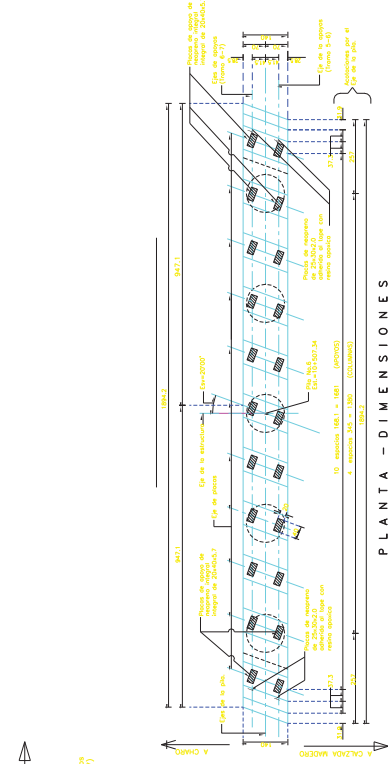
- a) Normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*
- b) Normatividad del Instituto Mexicano del Transporte.*
- c) Archivo técnico de la empresa CMCO.*
- d) Manual de diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas.*
Reinoso Angulo Eduardo, Mario E. Rodríguez, et al.
Instituto de ingeniería de la UNAM.
- e) Mecánica de Suelos Tomo II Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos.*
Juárez Badillo, Rico Rodríguez.
Editorial Limusa.
- f) Análisis, diseño y optimización de estructuras.*
Bonet Zapater Federico.
Universidad Politécnica De Valencia.
- g) Tesis "Conservación de puentes carreteros" por Jesús Flores Sánchez.*
- h) <http://es.wikipedia.org/wiki/Puente>.*
- i) http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_atirantado.*
- j) http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/9_clasificacion_puentes.htm.*
- k) <http://www.miliarium.com/monografias/Puentes/Materiales.asp>.*
- l) <http://www.miliarium.com/monografias/Puentes/Elementos.asp>.*
- m) <http://www.miliarium.com/monografias/Puentes/TiposPuentes.asp>.*



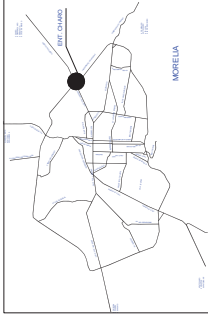


ELEVACION

CORTE A - A

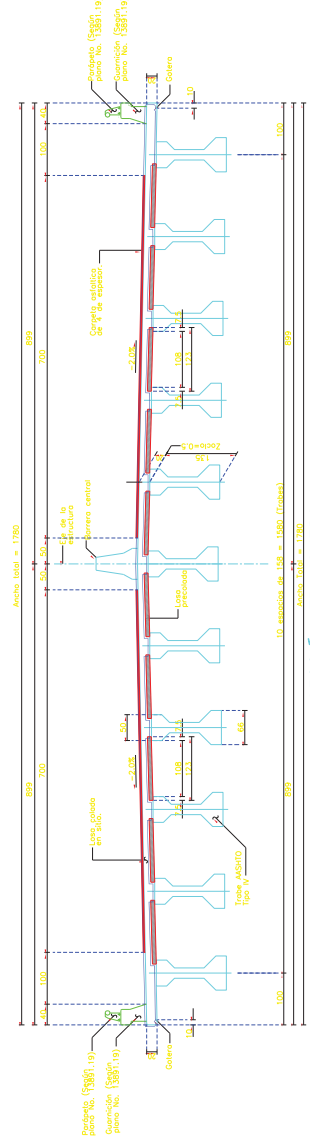


PLANTA - DIMENSIONES



CROQUIS DE LOCALIZACION

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS	
PASO SUPERIOR VEHICULAR PILA No.6	
CARRETERA: PERIFERICO MORELIA	KM: 0+104.480.002
TRAMO: EL DISTRITO DEL ESPINO DE LA DIRECCION TOSCA	ORIGEN: MORELIA, MICHOACAN
EL DISTRITO DEL ESPINO DE LA DIRECCION TOSCA	
COMANDO EN JEFE DE LA DIRECCION TOSCA	
ING. JOSE MARIA MARTINEZ CASTELLANO	
EL DISTRITO DEL ESPINO DE LA DIRECCION TOSCA	
ING. JOSE MARIA MARTINEZ CASTELLANO	
MEXICO, D.F., MARZO 2008	
No. 13891.14/19	



SECCION TRANSVERSAL

PROYECTO Y ADMINISTRACION DE OBRAS
ING. JOSE MARIA MARTINEZ CASTELLANO