

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE
“VIADUCTO CALDERÓN” DE LA CARRETERA DE
CUOTA TOLUCA-IXTAPAN DE LA SAL, TRAMO: LA
FINCA-IXTAPAN DE LA SAL, KM. 2+825.**

ESTADO DE MÉXICO

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

RAUL GERARDO CERÓN ESTRADA



ASESOR: ING. ESTEBAN L. ROJAS GUERRERO

MEXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2007



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD ZACATENCO

DEPENDENCIA: OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES Y TITULACIÓN



“50 Aniversario del Patronato de Obras e Instalaciones”

“50 Aniversario del CECyT 14 Luis Enrique Erro”

“40 Aniversario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas”

“40 Aniversario del Planetario Luis Enrique Erro”

Of. No.: SAC. EP.- 323 -X- 2007

ASUNTO: SE COMUNICA TEMA DE TESIS

México D.F., a 16 de octubre de 2007.

C. RAUL GERARDO CERON ESTRADA
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERO CIVIL
P R E S E N T E.

Informo a usted, que el ING. ESTEBAN LUCIANO ROJAS GUERRERO, ha sido designado director y asesor en la realización de su Tesis Profesional, misma que deberá desarrollar en un término no mayor de un año a partir de la fecha del presente oficio conforme al índice siguiente.

“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE VIADUCTO CALDERON DE LA CARRETERA DE CUOTA TOLUCA -IXTAPAN DE LA SAL, TRAMO: LA FINCA- IXTAPAN DE LA SAL KM 2+825 ESTADO DE MÉXICO”

	CONTENIDO.
	INTRODUCCIÓN.
CAPÍTULO I.-	ANTECEDENTES DEL PROYECTO.
CAPÍTULO II.-	ESTUDIOS PRELIMINARES.
CAPÍTULO III.-	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
CAPÍTULO IV.-	COSTO DE LA OBRA.
CAPÍTULO V.-	ACTIVIDADES ADICIONALES.
CAPÍTULO VI.-	CONCLUSIONES.

Se hace de su conocimiento que al finalizar su trabajo de Tesis, el asesor deberá firmar de conformidad antes de mandarlo a imprimir, esto con el propósito de que no existan errores en su impresión.

Sin otro particular, le saludo cordialmente.

A T E N T A M E N T E
“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”


M. en C. JUAN JOSÉ VILLALPANDO CÁZARES
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
UNIDAD ZACATENCO

JJVC/CBF/im

A G R A D E C I M I E N T O S

A MIS PADRES

Agradezco por su gran labor y esfuerzo que ellos pusieron en mi, depositando su confianza para poder culminar un proyecto de vida, considerando que nunca es tarde para poder lograr las metas que uno se propone, no pasando por alto la experiencia profesional adquirida y que gracias a su comprensión y apoyo incondicional que ellos me brindaron sin interés alguno viviré siempre agradecido y que me han proporcionado un medio para enfrentarme a la vida.

A MI ESPOSA

Por su comprensión a mi lado que con gran cariño me supo entender, comprender, atender colaborando con sus esfuerzos para poder llevar a cabo esta tarea de gran valía que no es fácil pero no imposible, porque cuando se quiere se puede, y al final logrando el anhelo que tanto deseaba haciéndolo una realidad.

Se que no es tarde porque estoy presente, tarde es para el que nunca empieza.

A MIS HERMANOS Y SOBRINOS

Por el ánimo que siempre me dieron para poder un día decidirme a iniciar el trámite de esta obra de gran significado, hicieron su labor para que ese sueño fuera realidad y que sin su labor de todos ellos este propósito no se hubiera cumplido, porque siempre estuvieron colaborado sumados a una misma causa.

AL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Por la oportunidad que me dio como institución para poder superarme y llevar muy en alto y orgullosamente sentirme como uno más de los que han concluido sus estudios en esta escuela de gran prestigio que me ha dado los conocimientos más relevantes y que con ellos pueda enfrentar situaciones difíciles que se presenten en la vida profesional.

AL ING. ESTEBAN L. ROJAS GUERRERO

Por tener paciencia, experiencia y visión amplia para poder dar seguimiento a los lineamientos que marca la escuela y orientándome para ir paso a paso realizando los temas sugeridos en tesis, ya que no es fácil tener aquella responsabilidad que asume como mi asesor y que sin el apoyo brindado, este propósito no hubiera llegado a culminar. Es por eso agradezco infinitamente su gran apoyo.

A LOS PROFESORES SINODALES

Que me brindan parte de su tiempo tan valioso en examinar un trabajo y se reconoce el apoyo que me dan por su comprensión, dedicación y analizar el trabajo realizado para que con ello pueda concluir la meta que me he propuesto y gracias a su colaboración y gran experiencia como sinodales para que yo pueda lograr mi propósito , agradeciendo y reconociendo infinitamente el empeño puesto en mi.

PROLOGO

A la Ingeniería Civil, que es de gran importancia en la ingeniería, le corresponde la planeación, diseño, desarrollo de los recursos naturales, construcciones, servicios de transporte y otras estructuras necesarias para el desarrollo de la sociedad, obteniendo el bienestar y el empleo que es de gran importancia en todos los tiempos para el sostén de una familia, ya que con ello también se cubren necesidades prioritarias.

Para lograr tales propósitos se cuenta con el apoyo del diseño de puentes de diversas tecnologías cubriendo con ellas necesidades en la sociedad ya que con estos proyectos se logra satisfacer la demanda de la población obteniendo beneficios y que con ello se logra agilizar el aspecto económico, social, laboral, la agricultura, la industria y otros, tomando en cuenta que con la aplicación de la Ingeniería Civil el país se ha encontrado en la necesidad de desarrollar proyectos basados en puentes reconociendo que son obras costosas pero que a lo largo del tiempo son redituables de impacto y sobre todo de gran utilidad para la sociedad en su entorno.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE “VIADUCTO
CALDERÓN” DE LA CARRETERA DE CUOTA TOLUCA – IXTAPAN
DE LA SAL, TRAMO: LA FINCA – IXTAPAN DE LA SAL, KM. 2+825
ESTADO DE MÉXICO**

CONTENIDO

	Pág.
I.-INTRODUCCION	1
I.1.- Historia de los puentes	3
I.1.2.-Historia y estructura	6
I.1.3.-Historia de los puentes en México	7
I.1.4.-Definición de puente	10
I.1.5.-Algunas clasificaciones	12
I.1.6.-Solicitaciones para puentes carreteros	13
I.1.7.-Conservación de puentes	25
I.1.8.-Control de calidad de los materiales empleados en la construcción de puentes carreteros	37
I.1.9.-Mampostería	39
I.1.10.-Acero	40
I.1.11.-Concreto	42
I.1.12.-Neopreno	51
I.2.- Descripción del Puente “Viaducto Calderón	53
II.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO	
II.1.-Introducción	56
II.2.-Descripción de la zona	57
II.3.-Situación Geográfica	58
II.4.-Entorno Urbano	61
II.5.-Actividades Económicas	65

III.-ESTUDIOS PRELIMINARES	66
III.1.-Generalidades	66
III.2.-Criterio de diseño	67
III.3.-Estudio de subsuelo	71
III.4.-Elección del tipo estructural	78
IV.-PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	80
IV.1.-Cimentación	81
IV.2.-Subestructura	89
IV.2.1.- procedimiento constructivo de la subestructura	100
IV.3.-Superestructura	103
IV.3.1.-Equipo utilizado durante la construcción	123
IV.3.2.-Izado y colocación del equipo	129
IV.4.-Juntas de dilatación	133
IV.5.-Trabajos complementarios	134
V.-COSTO DE LA OBRA	137
V.1.-Relación de conceptos	137
V.2.-Programa de obra	139
V.3.-Planos de proyecto	140
VI.-ACTIVIDADES ADICIONALES	142
VI.1.-Supervisión y Especificaciones	142
VI.2.-Asesoría técnica	151
VII.-CONCLUSIONES	154
Anexos	157



INTRODUCCIÓN

LOS PUENTES A TRAVÉS DE LA HISTORIA

Para apreciar en forma amplia las causas que enmarcaron la concepción de los caminos con el apoyo de los puentes, es imprescindible hacer notar, que el hombre por sus características físicas, no puede desplazarse a grandes distancias empleando únicamente su físico. Sin embargo la creatividad del hombre supera muchas deficiencias.

La supervivencia del hombre desde tiempos remotos ha originado que esté se ingenie la manera de poder desplazarse por tierra, en primera instancia la necesidad de ir en busca de comida para la supervivencia, los cambios climatológicos, lo obligaban a hacer grandes viajes, originándose así los “Primeros caminos naturales”, en los cuales tenían desde entonces la visión de construir sus puentes y los construían en grupos o como mejor se conocen en tribus haciendo así más cortos los caminos que en aquel entonces recorrían y de esa manera es como surgió la necesidad de hacer sus propios puentes de madera, mampostería, de arcos etc. los cuales a la fecha muchos de ellos han quedado obsoletos pero se conservan como joyas históricas y algunos otros todavía en funcionamiento y que gracias a ellos evolucionaron los pueblos tanto en el aspecto económico, político, social, cultural, agricultura etc., teniendo una comunicación más cercana gracias a su poder de imaginación en estas grandes obras.

En forma histórica los primeros grandes puentes construidos se atribuyen a los Romanos, que a 2000 años de su creación, todavía se conservan vestigios de ellos, formando una red de muchos ejemplares de puentes por toda Europa. Estos en su gran mayoría eran construidos con piedra y cal garantizando una construcción de gran durabilidad.



Estos puentes permitieron la circulación permanente del tráfico aunque sus anchos eran limitados, también se convirtieron en puntos estratégicos para las batallas, cabe destacar que estos puentes se construyeron para transportar el agua a través de las barrancas formando acueductos, estos mas bien eran esbeltos por la poca carga que transportan y la altura de las barrancas o cañadas que salvaban.

Estos puentes fueron proyectados por los ingenieros de su época los cuales se basaban principalmente en modelos a escala de los puentes que se imaginaban y era en estos modelos donde se podían realizar modificaciones o mejoras a los mismos.



I.1.-HISTORIA DE LOS PUENTES

Para apreciar en forma amplia las causas que enmarcaron la concepción de los puentes, es imprescindible hacer notar, que el hombre por sus características físicas, no puede recorrer grandes distancias empleando únicamente su físico. En este sentido los puentes reducen distancias para desplazarse de un lugar a otro donde alguna barranca o río obstruye y que gracias a ellos se ahorran kilómetros para poder llegar a los lugares que se pretenden. Por otra parte la imaginación, creatividad y actividad del hombre superan esas y otras deficiencias.

La supervivencia del hombre desde tiempos remotos ha originado que éste se ingenie la manera de poder tener una comunicación más eficaz o más rápida para poder cruzar de un lugar otro venciendo el obstáculo con la ayuda de un puente y así llegar donde se lo propone para satisfacer sus necesidades de mercado, comida, acuerdos, negocios y otras necesidades prioritarias

Los puentes como estructuras permanentes nacen con los romanos y básicamente se formaron con mampostería y una estructuración a base de arco de medio punto y de ahí fue evolucionando es decir aumentando sus claros y combinando varios arcos en forma conjunta para formar puentes de gran longitud para su época.

Estos puentes permitieron la circulación permanente del tráfico aunque sus anchos eran limitados, también se convirtieron en puntos estratégicos para las batallas, cabe destacar que estos puentes se construyeron para transportar el agua a través de las barrancas formando acueductos, estos mas bien eran esbeltos por la poca carga que transportan y la altura de las barrancas o cañadas que salvaban.



En sus inicios estos puentes fueron proyectados por los ingenieros de su época los cuales se basaban principalmente en modelos a escala de los puentes que se imaginaban y era en estos modelos donde se podían realizar modificaciones o mejoras a los mismos.

Con la aparición del acero se inicia una nueva etapa de los puentes la cual fue fantástica dada las características de este material se pudieron realizar grandes obras para su época varias de las cuales así como los arcos de mampostería se encuentran aun en servicio.

En la medida que las propiedades del acero fueron mejorando los puentes de este material también fueron aumentado en sus dimensiones es decir longitudes de claros y alturas de los mismos llegándose a tener los puentes en arco, puentes colgante, y puentes atirantados, etc.

Con la aparición del concreto reforzado se produce un gran avance el los puentes dado que este material es moldeable y su costo es bastante menor que el acero lo que ha hecho que hasta nuestro días se continué utilizando este material en un sin número de puentes.

Al final de la segunda guerra mundial y con el propósito de reparar un gran número de estructuras de concreto reforzado, el Ingeniero francés Eugenio Freyssinet inicia la aplicación del preesfuerzo en las estructuras dando así el inicio más adelante del concreto preesforzado.

Con el concreto preesforzado las estructuras salen más livianas y se logran claros mas grandes que con el concreto reforzado, lo que en la actualidad se sigue aplicando intensamente dado los avances que se siguen teniendo en este aspecto.



La ingeniería de puentes es impredecible hasta donde llegará y a veces estas estructuras se han convertido en íconos de las ciudades o regiones donde se construyen.

Cabe mencionar el importante valor de los puentes antiguos, desde diversos puntos de vista: arquitectónico, histórico económico simbólico y por supuesto, estético

Muchos de aquellos puentes construidos durante siglos medievales han perdido su utilidad primitiva, pero siguen siendo una sorpresa visual de primer orden para quien tiene la oportunidad de verlos, ya que estos antiguos puentes se encuentran en bellos parajes rurales, siendo estos unas joyas arquitectónicas como se muestra en la foto No. 1.



Foto No. 1.- Puentes medievales

I.1.2.- HISTORIA Y ESTRUCTURA

A lo largo de los siglos románicos y con el renacer de la movilidad de gentes y mercancías de unos lugares a otros, a lo que no es ajeno el andar de peregrinos hizo necesaria la construcción de nuevos puentes o reconstrucción de los que perduraban de origen romano.

Existen características de los puentes medievales de estos siglos y fueron erigiendo posteriormente a lo largo de la Edad Media hasta la llegada del renacimiento.

La mayoría tiene un número de ojos o arcos impar de manera que los laterales son los más pequeños creciendo el diámetro hasta el central que es el mayor el cual coincide con el punto de mayor caudal del río que atraviesan, el cual es el arco que abastece los grandes volúmenes de agua de lluvia.

Desde entonces la construcción de estos puentes tenía pretilos y a menudo se construían torres en el eje del puente o a su entrada. Estas construcciones permitían tener soldados que controlaban el acceso con motivos defensivos o de cobro de peajes y aduanas tal como se muestra en la foto No. 2.



Foto No. 2.- Puente antiguo con torre en el eje



I.1.3- 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 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.

Por otra parte, la aplicación del concreto reforzado en los puentes comunes de claros pequeños y modernos, se hizo, prácticamente, general. Al observarse la gran influencia que los moldes tenían en el precio unitario del concreto surgió la superestructura de solo dos nervios, innovación nacional respecto a la práctica de la época.

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.

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.

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, este puente, con una longitud de, aproximadamente, 1 Km. fue el mas largo de México.

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. Otro avance en estructuras de acero se tuvo al introducir en ellas un presfuerzo exterior, que permite la optimización de la sección transversal, reduciendo el peso propio de la superestructura. El puente de Tuxtepec esta constituido por tramos libremente apoyados formados por losas de concreto reforzado sobre traveses de acero soldadas, presforzadas.

Especialmente sobresaliente dentro de las estructuras de acero son los puentes Fernando Espinosa y Mariano García Sela, que fueron los primeros en que se diseño en México un sistema de piso con placa ortotrópica. Este tipo de estructuras permite una considerable reducción del peso propio, ya que la placa de la calzada, además de recibir las cargas vivas, trabaja como patín superior de las costillas, las piezas del puente y las traveses maestras. El sistema es, además, altamente eficiente y optimiza el empleo del acero. En estos puentes, las conexiones fueron remachadas en las traveses maestras construidas por segmentos en voladizo y soldadas en el sistema de piso ortotrópico.



I.1.4- DEFINICIÓN DE PUENTE

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales y mercancías.

La infraestructura de un puente está formada por los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten las cargas del tablero a las pilas y los estribos.

Para designar su función se dirá: puente para carretera, puente para ferrocarril, puente móvil.

La palabra viaducto se reserva para los puentes largos, con frecuencia de claros prolongados, y altura constante.

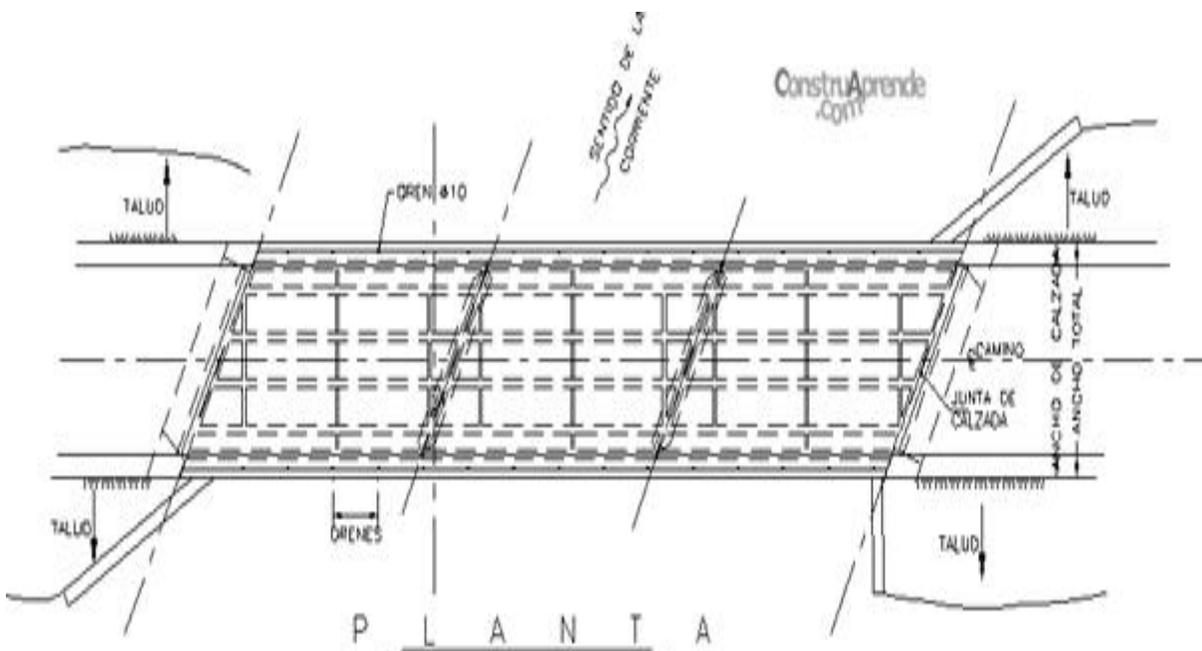
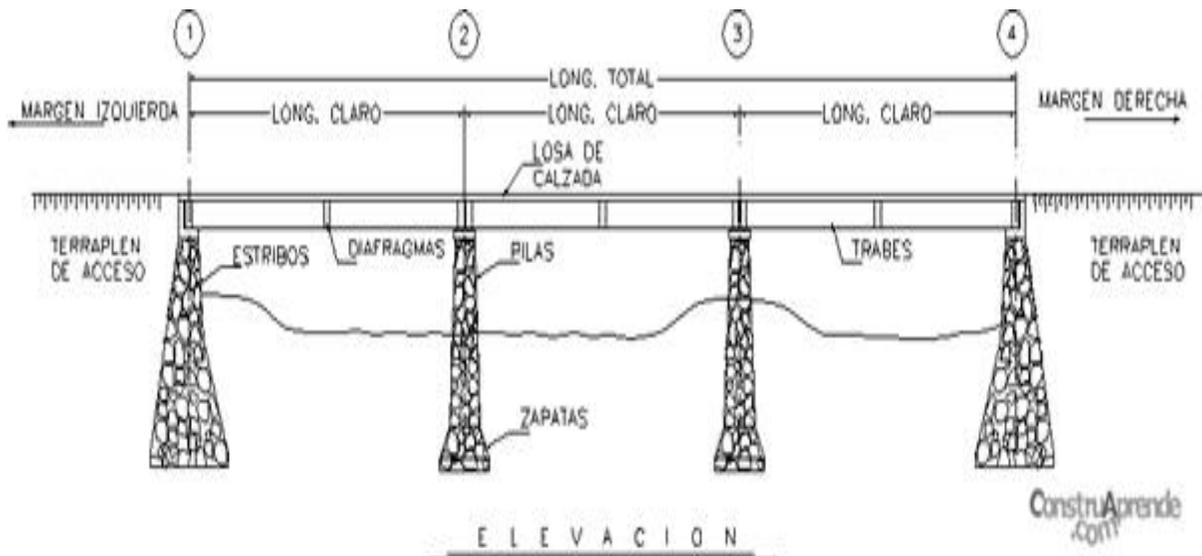
Un puente se divide en tramos, separados por las pilas y que terminan en los estribos.

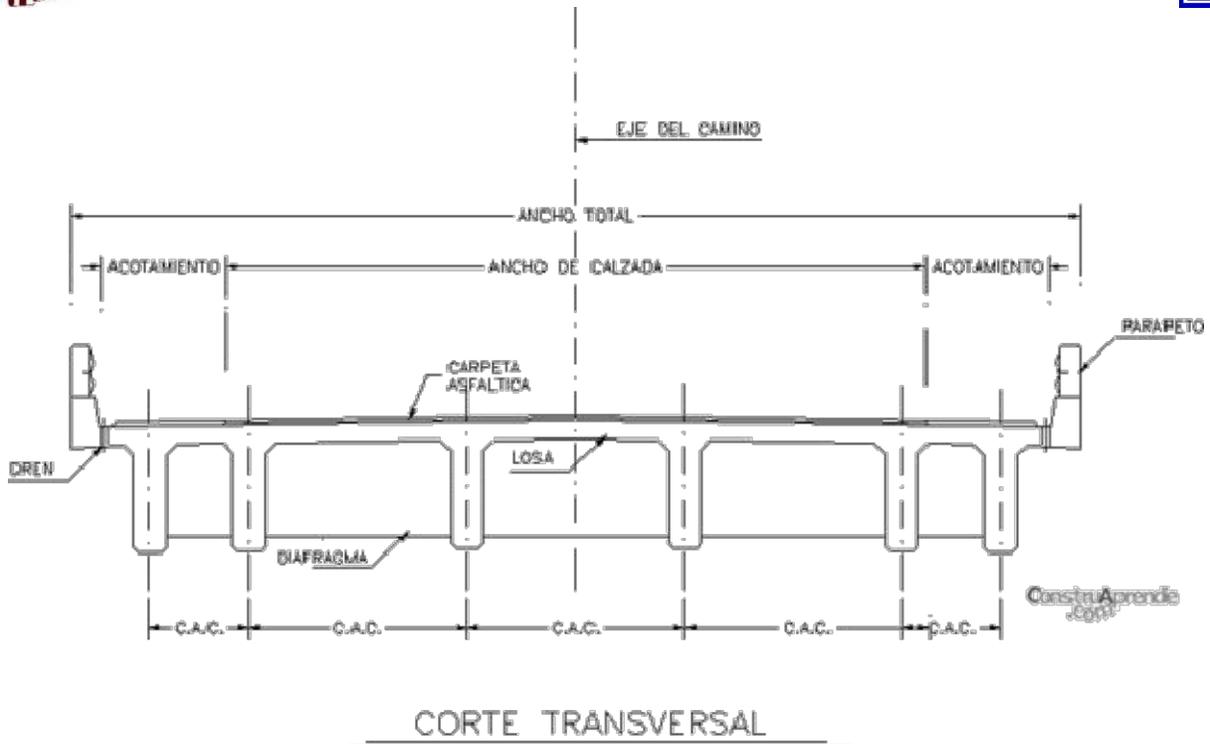
Las partes que forman un puente son:

- Elementos portantes (Generalmente vigas).
- En la Superestructura Diafragmas.
- Sistemas de piso (Losas).
- Pilas y estribos.
- En la subestructura Sistemas de apoyo.
- Otros elementos de soporte de la superestructura.
- Pilotes.

- En la cimentación Zapatas de cimentación.
- Pilastrones.
- Juntas de dilatación.
- Sistemas de drenaje.
- En el equipamiento, Parapetos.
- Señalizaciones.

A continuación se ilustra las partes que conforman un puente:





I.1.5- ALGUNAS CLASIFICACIONES

A los puentes los podemos clasificar según su función y utilización, materiales de construcción y tipo de estructura.

A los puentes según su función y utilización se les puede clasificar en:

- Puentes peatonales.
- Puentes, viaductos o pasos carreteros.
- Puentes, viaductos o pasos ferroviarios.

Según sus materiales de construcción, los puentes podrán ser de:

- Madera.
- Mampostería.
- Acero Estructural.



- Concreto Armado.
- Concreto Presforzado.

Dependiendo del tipo de estructura, los puentes podrán ser de:

- Libremente Apoyados.
- Tramos continuos.
- Arcos.
- Atirantados.
- Colgantes.
- Doble Voladizos.

I.1.6- SOLICITACIONES PARA PUENTES CARRETEROS

Solicitaciones Geométricas.

Espaciamiento entre pilas, orientación y tipo.

Las pilas de un puente deben ubicarse de acuerdo con los requerimientos de la navegación y de manera que produzcan la mínima obstrucción a la corriente. En general, deben colocarse paralelamente a la dirección de la misma en épocas de avenidas. Asimismo, para dar paso a los materiales de arrastre y a los hielos, los claros del puente y el espacio libre vertical deberán tener la amplitud adecuada, de acuerdo con el tipo de pila y, en caso necesario emplear desviadores de materiales de arrastre.

Ancho de calzadas y banquetas.

El ancho de la calzada será el ancho libre entre las partes inferiores de las guarniciones medido normalmente al eje longitudinal del puente; Si las



guarniciones no existen el ancho libre será la distancia mínima entre las caras interiores del parapeto del puente.

El ancho de la banqueta será el ancho libre entre la cara interior del parapeto y la parte extrema de la guarnición o guardarruedas exterior medido normalmente al eje longitudinal del puente, salvo que exista una armadura, trabe o parapeto adyacente a la guarnición, en cuyo caso, el ancho se medirá hasta la orilla exterior de la banqueta.

La cara de la guarnición se define como el parámetro interior, vertical o inclinado de la propia guarnición. Las dimensiones horizontales del ancho de la calzada y de la guarnición se toman desde la base, o desde la base del paño inferior, si se trata de guarniciones escalonadas. El ancho máximo de las guarniciones redondeadas será de 0.23 m.

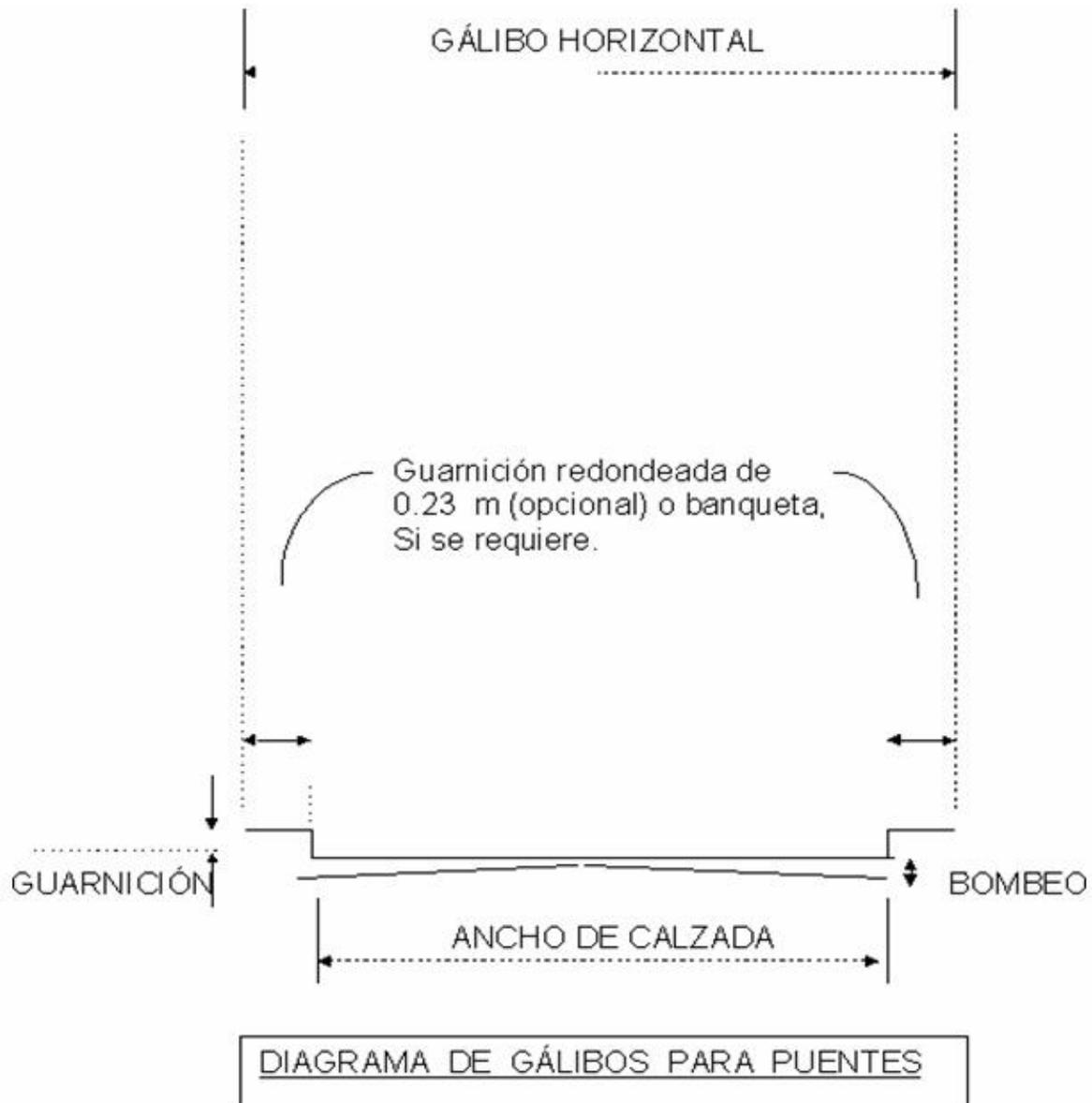
En los tramos de acceso con guarnición y cuneta, ya sea en uno o en ambos extremos del puente, la altura de la guarnición del puente debe coincidir con la de acceso, o ser, preferentemente, mayor. Cuando no se asignen guarniciones en el acceso, la altura de la guarnición en el puente no será menor de 0.20 m y de preferencia no mayor de 0.25 m.

Cuando se requieran banquetas para el tránsito de peatones en las vías rápidas urbanas, deberán aislarse de la calzada del puente por medio de parapetos.

GÁLIBOS.

A) De Navegación.- La autorización para la construcción de un paso sobre una vía navegable, exceptuando aquellas que por su categoría se hallen previamente autorizadas por la Comandancia de la Guardia Costera, deben obtenerse de esta propia comandancia y de las demás autoridades competentes.

B) Vehicular.- Para la circulación de vehículos, el gálibo horizontal será el ancho libre, en tanto que el gálibo vertical será la altura libre, tal como se muestra en la figura siguiente:



PARAPETOS.

Deberán instalarse parapetos a ambos lados de la estructura del puente para protección tanto del tránsito como de los peatones, cuando existan banquetas.



En los puentes que no pertenezcan a vías rápidas urbanas y que dispongan de banquetas adyacentes a las calzadas, deberá instalarse entre estas dos el parapeto o barrera para calzada, además de un parapeto para banqueta en el lado exterior.

A) Parapetos para calzada.- Aunque el propósito principal de los parapetos para calzada es controlar el tránsito que circula por la estructura, deben tomarse en cuenta otros factores, como son la protección de los ocupantes del vehículo en caso de colisión, y a los peatones que circulan en el puente, además de la buena apariencia y la suficiente visibilidad para los vehículos que lo transiten.

Los materiales empleados en los parapetos para calzada serán: concreto, acero o una combinación de ellos. La altura del parapeto para calzada no será menor de 0.69 m, medida desde la corona de la calzada o guarnición al remate superior del parapeto.

B) Parapetos para banquetas.- Los elementos de estos parapetos se calcularán de acuerdo con el tipo y volumen del tránsito de peatones calculado en el proyecto, tomando en cuenta la buena apariencia, la seguridad y la suficiente visibilidad por parte de los conductores.

Los materiales empleados en estos parapetos serán: concreto, acero o una combinación de estos materiales. La altura mínima será de 0.91 m (preferentemente 1.07 m.), medida desde la superficie de la banqueta hasta el remate del barrote superior del parapeto.

DRENAJE DE LA CALZADA.

El drenaje transversal se efectuara por medio del bombeo que se da a la carpeta, y el drenaje longitudinal, por medio de la contraflecha del claro, o bien por



la pendiente de la rasante. El agua que se drene por las cunetas del camino debe desviarse, no permitiendo, de ninguna manera, que fluya sobre el puente. Los puentes cortos, de un solo claro, particularmente pasos superiores, pueden construirse sin drenes, efectuándose el drenaje de la calzada del puente mediante conductos abiertos o cerrados colocados en los extremos de la estructura. El drenaje longitudinal de los puentes largos se realiza por medio de drenes o coladeras de dimensiones y en número suficiente para desalojar debidamente la cuneta. La disposición de los drenes del puente se hará en forma tal que el agua no descargue sobre ningún elemento de la estructura, para evitar su erosión en dicho sitio. Cuando se requieran bajadas, serán rígidas y de material resistente a la corrosión.

SOBREELEVACIÓN.

En las curvas horizontales de un puente la sobreelevación se hará de acuerdo con las especificaciones establecidas para la construcción del camino, pero en ningún caso excederá del 10% del ancho de la calzada.

REVESTIMIENTO DEL PISO DE PUENTES.

El revestimiento del piso de los puentes deberá ser de un material antiderrapante.

INSTALACIONES DESTINADAS A SERVICIOS PÚBLICOS.

Cuando así se requiera, se tomarán las precauciones necesarias para alojar a las bases y los postes para los cables de los troles o del alumbrado, así como los ductos para el agua, cables de electricidad, teléfono, gas o drenaje.



Solicitud de Cargas.

CARGAS

Las estructuras se proyectarán considerando las siguientes cargas y fuerzas cuando existan:

- Carga muerta.
- Carga viva.
- Impacto o efecto dinámico de la carga viva.
- Cargas por viento.

Otras fuerzas, cuando existan, tales como:

- Fuerzas longitudinales.
- Fuerza centrífuga.
- Fuerzas por cambios de temperatura.
- Empujes de tierra.
- Subpresión.
- Esfuerzos por contracción del concreto.
- Esfuerzos de erección.
- Presión de la corriente de agua.
- Esfuerzos por sismo.

Los miembros del puente se proyectaran tomando en cuenta los esfuerzos permisibles y las limitaciones del material empleado de acuerdo con las especificaciones **AASHTO** (American Association of States Highway and Transportation Officials).



En la hoja para cálculo de esfuerzos se incluirá un diagrama o notas sobre las cargas consideradas y por separado se indicaran los esfuerzos debidos a las diferentes cargas.

Cuando las condiciones del proyecto así lo requieran, se registrara el orden sucesivo de los colados de concreto en los planos o bien en las especificaciones complementarias.

CARGA MUERTA

La carga muerta estará constituida por el peso propio de la estructura ya terminada, incluyendo la carpeta asfáltica, banquetas, parapetos, tuberías, conductos, cables y demás instalaciones para servicios públicos.

Cuando, al construir el puente, se coloque sobre la carpeta una capa adicional para desgaste, o cuando se piense ponerla en el futuro, deberá tomarse en cuenta al calcular la carga muerta. Dicho factor es particularmente importante en aquellas regiones en donde se requiere el uso de cadenas sobre las llantas, o llantas con grapas para la nieve.

Por lo regular al calcularse la carga muerta se consideran los siguientes pesos volumétricos:

Hierro fundido	7,800 Kg/m ³
Aleaciones de aluminio	2,800 Kg/m ³
Madera (Tratada o sin tratar)	800 Kg/m ³
Acero estructural	7,850 Kg/m ³
Concreto simple	2,300 Kg/m ³
Concreto reforzado	2,400 Kg/m ³
Arena, tierra, grava o balasto compactados	1,920 Kg/m ³



Arena, tierra o grava sueltas	1,600 Kg/m ³
Macadam o grava compactadas con aplanadora	2,240 Kg/m ³
Relleno de escorias	960 Kg/m ³
Pavimento (excluyendo adoquinado de madera)	2,300 Kg/m ³
Vía de FF.CC. (riel, guardariel, accesorios de vía)	3,200 Kg/m ³
Mampostería	2,720 Kg/m ³
Tablón asfáltico de 2.5 cm de espesor	22 Kg/m ²

CARGA VIVA

La carga viva consistirá en el peso de la carga móvil aplicada, correspondiente al peso de los camiones, coches y peatones.

CARGAS PARA CALZADAS

Los elementos portantes y piezas de puentes se diseñaran con la carga de camión HS-20, T3-S3 y T3-S2-R4, tomando como carga de diseño la que produzca los mayores elementos mecánicos de acuerdo con la distribución de claros.

CARGAS PARA BANQUETAS

Los pisos, largueros y apoyos inmediatos a las banquetas, se proyectaran para una carga viva de 415 Kg/m². Las traveses de sección compuesta, armaduras, arcos y otros miembros, se proyectaran para las siguientes cargas vivas sobre la banqueta:

Claros de hasta 7.62 m de longitud	415 Kg/m ²
Claros de 7.62 m a 30.48 m de longitud	293 Kg/m ²



Claros mayores que 30.48 m de longitud, de acuerdo con la formula siguiente:

$$P = (146.46 + \frac{4464.48}{L}) (\frac{16.76 - A}{15.24})$$

Donde:

P = Carga viva por metro cuadrado con un valor máximo de 293 Kg/m²

L = Longitud cargada de banquetta, en metros.

A = Ancho de banquetta, en metros.

Al calcular los esfuerzos en estructuras que soporten las banquetas en voladizo, se considerara la banquetta cargada completamente en un solo lado de la estructura, si esa condición es la que produce los esfuerzos máximos en la misma.

CARGAS PARA GUARNICIONES

Las guarniciones se proyectaran para que resistan una fuerza lateral no menor de 774 Kg por metro lineal de guarnición, aplicada en la parte superior de la guarnición, o a 0.25 m arriba del piso, si la guarnición es mayor de 0.25 m.

CARGAS SOBRE PARAPETOS

PARAPETOS PARA CALZADAS.

Las piezas del parapeto se proyectaran para resistir una fuerza lateral horizontal (P) de 4,536 Kg dividida entre los diversos miembros situados a 0.38 m ó mas, arriba del piso del puente (o remate de la guarnición con un ancho mayor que 0.15 m.).



Todos los miembros entre los que se distribuya esta carga lateral, deberán tener sus caras del lado de la calzada, en un plano vertical común que pase 2.5 cm del extremo.

Los miembros del parapeto que se encuentren a mas de 0.025 m de dicho plano. o a menos de 0.38 m arriba del piso del puente (o remate de la guarnición con un ancho mayor que 0.15 m), se proyectaran para resistir una carga lateral igual a la aplicada en los parapetos para calzada adyacentes, siempre que esa carga no exceda de 2,268 Kg.

PARAPETOS PARA BANQUETA.

Los parapetos para banquetas se proyectaran para resistir una carga mínima:

$W=7404$ Kg. por metro lineal, aplicada simultáneamente tanto en sentido transversal como en sentido vertical, sobre los miembros longitudinales del parapeto. Quedan excluidos de estos requerimientos los miembros que se hallen colocados a mas de 1.54 m arriba de la banqueta.

Los postes se proyectaran para resistir una carga transversal, la que actúa en el centro de gravedad del barrote superior, o a una altura máxima de 1.54 m arriba de la banqueta cuando se trata de parapetos altos.

IMPACTO

En las estructuras comprendidas en el grupo A subsiguiente, los esfuerzos por carga viva producidos por las cargas H y HS deberán incrementarse en la cantidad que aquí se indica, por los efectos dinámico, vibratorio y de impacto.



El impacto no deberá aplicarse a los elementos del grupo B.

GRUPO A.

- 1) Superestructura, incluyendo columnas de acero o de concreto, torres de acero, columnas de marcos rígidos, y en general, aquellas partes de la estructura que se prolonguen hasta la cimentación principal.
- 2) La parte de los pilotes de concreto o de acero que sobresalgan del nivel del terreno y que se hallen rígidamente conectados a la superestructura, ya sea formando marcos rígidos o como parte de la estructura misma.

GRUPO B.

- 1) Estribos, muros de contención, pilas, pilotes (exceptuando lo especificado en el grupo A 2).
- 2) Cimentaciones y presiones en las cimentaciones.
- 3) Estructuras de madera.
- 4) Cargas para banquetas.
- 5) Alcantarillas y estructuras que tengan un colchón de tierra de 0.91 m de espesor o mayor.



FORMULA DE IMPACTO

La cantidad permisible en que se incrementan los esfuerzos se expresa como una fracción de los esfuerzos por carga viva, y se determinara con la formula siguiente:

$$I = (15.24) / (L + 38.10)$$

Donde:

I = Impacto, en porcentaje (máximo 30%)

L = Longitud, en metros, de la parte del claro que debe cargarse para producir el máximo esfuerzo en el miembro.

Para uniformar su aplicación, la longitud cargada, "L", se considerara específicamente como sigue:

- Para pisos de calzada, emplear la longitud del claro marcada en el proyecto.
- Para miembros transversales, tales como piezas de puente, usar la longitud del claro del miembro, entre centros de apoyo.
- Para calcular momentos debidos a cargas de camión, usar la longitud del claro. Para tramos en voladizo, se usara la longitud desde el centro de momentos hasta el eje más alejado del camión.
- Para esfuerzo cortante debido a cargas de camión, usar la longitud de la parte cargada del claro, desde el punto en consideración hasta la reacción mas alejada. Para tramos en voladizo, considérese el 30%.
- En claros continuos, empléese la longitud del claro considerado para momento positivo y para momento negativo, el promedio de los dos claros adyacentes cargados.



FUERZAS LONGITUDINALES.

Deberá considerarse el efecto de una fuerza longitudinal del 5% de la carga viva en todos los carriles destinados al tránsito en una misma dirección. En aquellos puentes donde se considere puedan llegar a ser en el futuro de una sola dirección, deberán considerarse cargados todos sus carriles.

I.1.7- CONSERVACIÓN DE PUENTES

Introducción a la conservación de los puentes

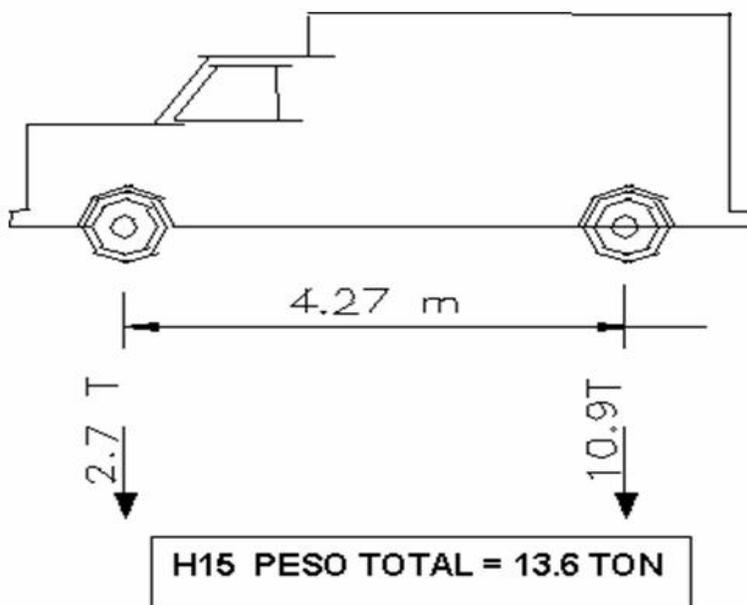
La infraestructura de un país y su desarrollo constituyen la plataforma más importante para su crecimiento económico. En este contexto la infraestructura que permite la comunicación por vía terrestre, se ha convertido en un elemento de gran trascendencia de integración nacional, al permitir el desplazamiento de su población a lo largo del territorio nacional y al poner en contacto a productores, distribuidores y consumidores para hacer realidad la actividad económica.

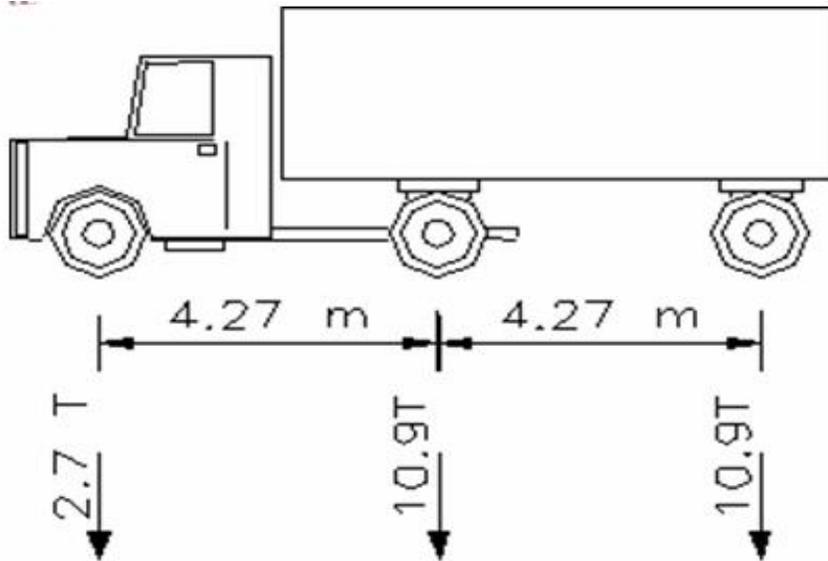
En la actualidad, el sistema carretero nacional alcanza los 240 000 Km. de longitud, de los que destacan por su importancia 46 000 Km., que conforman la Red Federal Carretera. Dentro de este sistema, se cuenta con 6 500, puentes, con mas de 6 m y que en total conforman aproximadamente 200 Km.

En cuanto a las cargas de diseño, como el 70% de los puentes fueron construidos antes de 1970, se proyectaron, por lo mismo, para un vehículo tipo (H-15) con peso de 13.6 Ton. y carga máxima para un eje de 10.9 Ton.

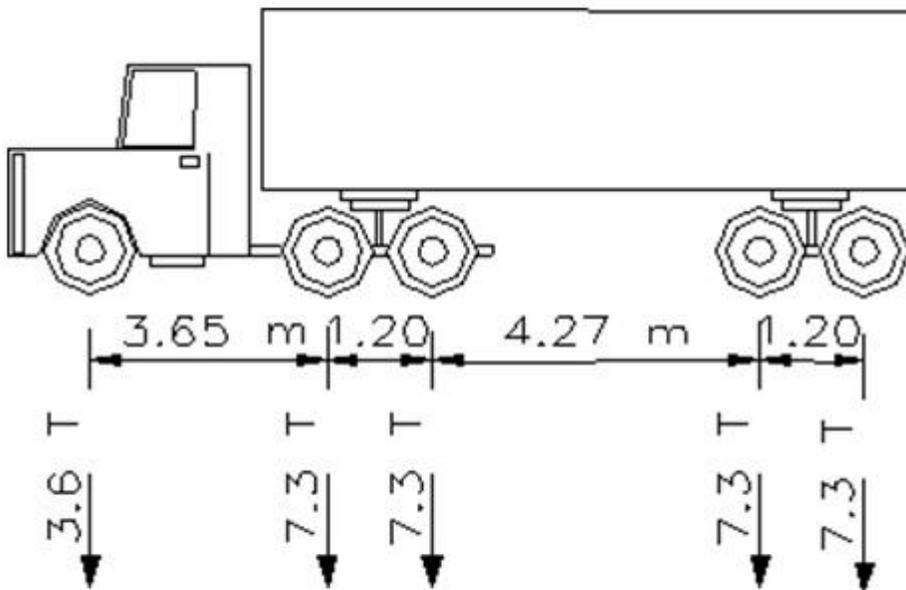
De 1950 a 1960, el vehículo de diseño fue el HS-15 de 24.5 Ton. con una descarga máxima por eje de 10.9 Ton. y, a partir de 1970, se adoptó un incremento en el peso del vehículo tipo (HS-20), para llegar a una carga total de 32.8 Tons. con una descarga máxima por eje de 14.6 Tons.

A partir de 1980, cargas como la T3-S3, con un peso total de 46 Ton. y otras de mayores pesos están circulando por nuestra red nacional, de tal manera que la normatividad vigente al peso y otras dimensiones de los vehículos, permita mayor carga en los ejes tandem que en el 66% de los reglamentos del ámbito mundial y en los tres ejes nuestro reglamento permite más carga que el 52% de todos los reglamentos del mundo. Pero es más notable en la doble combinación vehicular compuesta por tractor, semiremolque y remolque (T3-S2-R4) de 77.5 Ton. de peso y descarga máxima por eje de 18 Ton., en la que se supera el 96% de los países.

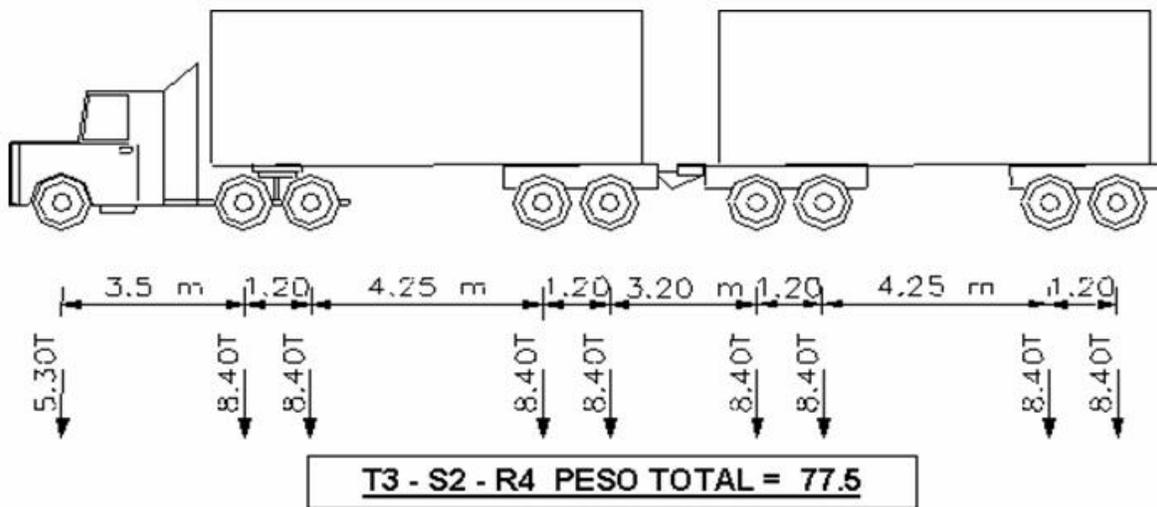
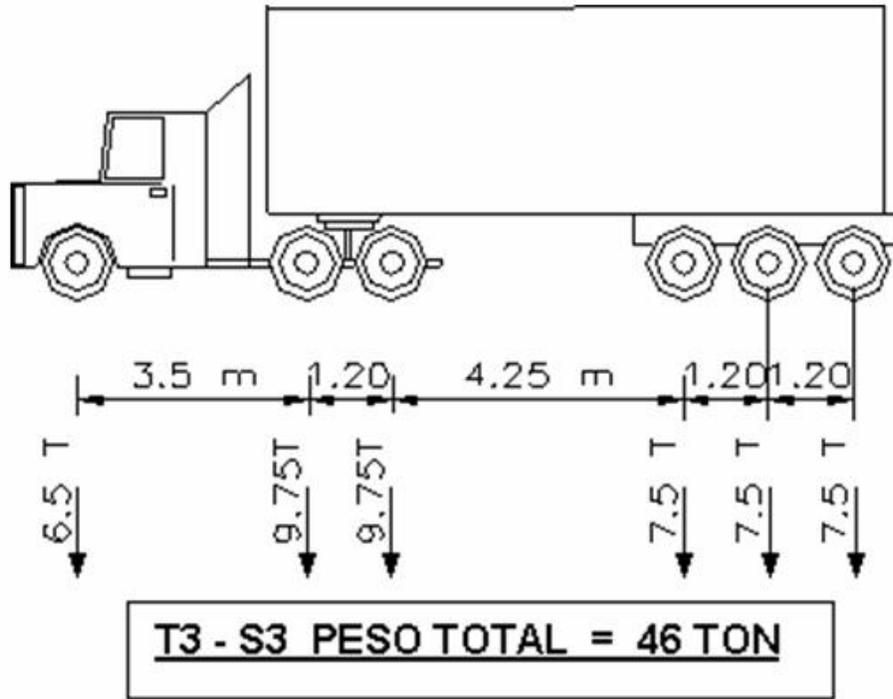




HS - 15 PESO TOTAL = 24.5 TON



HS - 20 PESO TOTAL = 32.8 TON





Definición y Objetivos

Se puede definir el término conservación de estructuras como: El conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que una obra se mantenga con las características funcionales, resistentes e incluso estéticas con las que fue proyectada y construida. Y se puede dividir este conjunto de operaciones y trabajos en tres fases. Inspección, Evaluación y Mantenimiento.

Sus objetivos fundamentales son:

- 1.- Garantizar que el mantenimiento de los puentes de la red puentera se lleve a cabo de una manera optima.
- 2.- Jerarquizar las necesidades de los proyectos de rehabilitación y de la ejecución de las obras.
- 3.- Realizar la optimización de los presupuestos anuales.
- 4.- Ejecutar proyecciones de los requerimientos de presupuesto para un periodo de 5 años.
- 5.- Optimizar los criterios de evaluación para que los proyectos de reparación de los puentes sean lo mas próspero posible.

Necesidad de conservar los puentes

Numerosos puentes de la red nacional de carreteras presentan daños importantes, como consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales y del crecimiento desmesurado de las cargas.

El deterioro causado por los agentes naturales es común a todas las obras de la ingeniería civil y es el resultado de un proceso mediante el cual la naturaleza trata de revertir el procedimiento artificial de elaboración de los materiales de construcción y llevarlos nuevamente a su estado original. De esta manera, el



concreto, roca artificial formada por agregados pétreos unidos con cemento y agua, por efecto de los cambios de temperatura, el intemperismo y otros agentes, se agrietan y se desconcha y tiende otra vez a convertirse en arena, grava y cemento separados. Así mismo, el acero, formado por hierro con un pequeño agregado de carbono, es un material artificial inexistente en la naturaleza, que por efecto de la oxidación tiende a convertirse en un material más estable.

Por lo que se refiere a las cargas rodantes, el desarrollo tecnológico ha propiciado la aparición de vehículos cada vez más pesados en respuesta a la demanda de los transportistas que encuentran más lucrativa la operación de vehículos de mayor peso y, por otra parte, el desarrollo económico se ha reflejado en un notable incremento del parque vehicular. Una gran parte de nuestros puentes fueron calculados para la carga AASHTO H-15 con un peso total de 13.6 Ton., en tanto que el camión T3-S3, autorizado por el reglamento de operación de caminos, tiene un peso legal de 47 Ton. y, frecuentemente, un peso ilegal de 75 Ton. Esta situación explica los daños en las estructuras de pavimentos y puentes, causados por el aumento de las sollicitaciones mecánicas al aumentar el peso de las cargas rodantes y por la disminución de resistencia por efecto de la fatiga estructural ocasionada por el efecto de frecuencia en la aplicación de esas cargas. Por estas razones, las entidades responsables de la operación de redes carreteras deben considerar la conservación de los puentes como una parte obligada de su quehacer a fin de mantener los niveles adecuados de seguridad y servicio de las estructuras.

Desafortunadamente, existe un considerable rezago en la conservación de los puentes que se traduce en un deterioro creciente de su estado físico. Entre las razones que explican, pero no justifican este rezago, pueden señalarse las siguientes:

- **Escasez de recursos.** La crisis económica en la que se ve inmerso nuestro país, motiva a un considerable descenso del gasto público y una



minimización de recursos disponibles para llevar a cabo la conservación. Por el contrario la crisis debe ser motivo para conservar con mayor esmero la infraestructura existente ya que, de destruirse, sería imposible restituirla por la escasez de recursos.

- **Preferencia a la estructura térrea.** Los limitados recursos asignados a la conservación de la red se han canalizado en el pasado fundamentalmente a la atención de la estructura térrea (tercerías y pavimentos), debido a que los materiales que la conforman son más vulnerables que los predominantes en los puentes, lo que motiva daños más extensos y más frecuentes. Los materiales de los puentes son ciertamente más durables, pero no son eternos y su falta de conservación puede destruirlos, ocasionando pérdidas económicas cuantiosas e interrupciones más prolongadas del tránsito que con los pavimentos.
- **Impopularidad de la conservación.** El crecimiento demográfico, el acceso de grupos cada vez mayores a mejores niveles de vida y la urbanización creciente generan una gran demanda de diversas obras nuevas de infraestructura, ante las cuales la conservación de las obras ya existentes resulta una tarea poco atractiva para la sociedad y sus dirigentes y queda, por tanto, en desventaja en la asignación de recursos.
- **Carencia de cultura de conservación.** En una sociedad subdesarrollada existe poca conciencia sobre la necesidad de conservar las obras, tanto públicas como privadas. Puede decirse que un índice del desarrollo de una nación podría obtenerse en función de la proporción de recursos asignados a la conservación respecto al gasto total en construcción.

Aun cuando por su longitud, los puentes representan una porción pequeña de la red, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda la red. Su colapso ocasiona, frecuentemente, pérdidas de



vidas y cuantiosas pérdidas económicas, tanto por la obra destruida como por la interrupción o demora de la operación. Por estas razones, conservarlos es una necesidad esencial.

Situación de la conservación de puentes en México

En los 40,000 Km. de la red federal de carreteras, existen, aproximadamente, 5,000 puentes con una longitud del orden de 200 Km., que representan una inversión inicial superior a los 8 billones de pesos. De acuerdo con los numerosos estudios realizados en todo el mundo, un nivel mínimo recomendable de inversión para la conservación de estructuras viales es el 2% de la inversión inicial. Lo que conduce a definir un presupuesto anual de 160 mil millones de pesos como mínimo necesario para la conservación de esas obras. Desafortunadamente, por muchos años, por las razones antes mencionadas, los presupuestos asignados fueron nulos o mucho menores a la cifra señalada, lo que ha propiciado una grave acumulación del deterioro.

En una evaluación reciente de los puentes de la red federal, se estimó que, aproximadamente en 3,000 de ellos, el 60% del total, se requerían acciones importantes de rehabilitación.

Es oportuno mencionar que el problema planteado no es exclusivo de México, si no que existe en numerosos países y con mayor agudeza en los países más desarrollados que tienen estructuras viales más extensas y más antiguas. En los Estados Unidos, por ejemplo, existen en la red federal de carreteras 574,000 puentes, de los cuales 200,000 deben reemplazarse o reforzarse por obsolescencia funcional o por insuficiencia estructural, a un costo de 50,000 millones de dólares, que se invertirán en un lapso de 20 años.



Adicionalmente, en Francia, los 6,700 puentes de la red principal de carreteras requieren una inversión anual de 40 millones de dólares durante 20 años. De esta inversión, un tercio se destinara a acciones preventivas de mantenimiento y dos tercios a la rehabilitación o reemplazo del 25% de esas obras.

A pesar de que la construcción y administración institucional de puentes carreteros en México empieza en 1952 con la fundación de la Comisión Nacional de Caminos, es solo hasta 1982 cuando se inician acciones administrativas que consideran el problema global de la conservación de puentes. Antes de esa fecha, solo se emprendían acciones dispersas diferidas a casos puntuales, que en su mayor parte se aplicaban a la reconstrucción de puentes colapsados por socavación durante los temporales.

En 1982, se levanta un inventario de los puentes de la red federal que incluye una evaluación de sus condiciones. Este documento constituye un esfuerzo importante de la Dirección General de Construcción y Conservación de Obra Publica por el control de las estructuras viales a su cargo. Posteriormente, se establecen Residencias de Conservación de Puentes en la mayor parte de los estados y se llevan a cabo numerosas obras de reparación y modernización de puentes. Similares esfuerzos han sido realizados en la última década por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, por el Departamento del Distrito Federal y por la empresa de Ferrocarriles Nacionales de México para atender los puentes a su cargo.

Por otra parte, es importante señalar que existen numerosos puentes que se encuentran desprotegidos, porque las entidades que los administran, quizás fundamentalmente por la carencia de recursos, no han realizado acciones sustantivas para su conservación. Se trata de los puentes de las redes estatales de caminos alimentadores y de los puentes de los caminos rurales. Aunque estos puentes soportan, en general, volúmenes de transito mucho menores que los de la



red troncal, muchos de ellos tienen una gran antigüedad y un deterioro severo como consecuencia de una escasa o nula conservación, por lo que constituyen un grave peligro para la seguridad pública.

Estrategias y programas de conservación de puentes carreteros

El deterioro de nuestros puentes es debido, principalmente, a factores como: edad, diseño, defectos de construcción, incremento de cargas, medio ambiente adverso y a un mantenimiento inadecuado y diferido.

Sin duda que la capacidad para establecer objetivamente las prioridades y de formular estrategias adecuadas para atenderlas, depende de que se logren programas más eficaces que permitan, en primer término, preservar la inversión en las estructuras existentes y proporcionar niveles continuos y adecuados de seguridad y comodidad a los usuarios.

En nuestro país hay muy pocos programas establecidos para la conservación de puentes, por lo general cada dependencia que tiene bajo su responsabilidad el cuidado de cierto número de puentes, tiene un programa que aplica de una forma no muy ambiciosa y mucho menos exitosa.

Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), Comisión Nacional de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); tienen sus propios programas de conservación de puentes, aunque son muy parecidos por ser "copiados" de programas de otros países.

El último y más ambicioso de estos programas fue implantado por SCT, firmado en 1992 con el Directorio Danés de Carreteras. Este programa lleva como nombre SIPUMEX. El Sistema de Puentes de México (SIPUMEX) es un sistema que permite contar con un inventario de la totalidad de los puentes de la Red



Federal de Carreteras, en el que se incluyen las características, ubicación y estado físico. Ello permite efectuar una priorización de las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, con lo que se logra una optimización de los recursos aplicables, atendiendo al mismo tiempo a la seguridad de los usuarios.

La primera fase de SIPUMEX, que se firmo en el año de 1992, esta constituida por las siguientes actividades:

- Inventario.
- Inspecciones principales.
- Inspecciones rutinarias.
- Mantenimiento menor y limpieza.
- Evaluación de la capacidad de carga.
- Jerarquización de los trabajos de rehabilitación.

A mediados de 1993 se firmo el contrato de la Fase 2, cuyos trabajos finalizaron a fines de 1996, esta segunda fase incluía las siguientes actividades:

- Inspecciones especiales.
- Diseño de reparación de puentes.
- Diseño y especificaciones para puentes nuevos.
- Rutas para transporte pesado.
- Mapa de puentes.
- Libro de precios (Catalogo de precios unitarios para trabajos de mantenimiento y rehabilitación).

La primera etapa de SIPUMEX, si fue cumplida, dando como resultado un inventario de los puentes de la Red federal de Carreteras, que sumaron 6,150 en total, con datos básicos como: Entidad federativa donde se ubica la estructura, la carretera, el kilometraje, tramo, año de construcción, tipo de superestructura y subestructura, el Transito Diario Promedio Anual (TDPA), etc.



También, resultados de esta primera etapa, fueron, una relación de puentes que requieren reparación urgente según SIPUMEX, con un total de 280 puentes en toda la República Mexicana.

La segunda etapa no llevo completamente a cabo sus objetivos por cuestiones de la economía mexicana y su crisis, por la que paso el país en esos años.

Finalmente, conviene señalar que para que los programas implementados para la conservación de carreteras funcionen, deben cumplir mínimamente los siguientes puntos:

- 1.- Uniformizar los criterios de inspección de todas las Residencias generales de Conservación de Carreteras.
- 2.- Actualizar sistemáticamente la base de datos del estado de los puentes, por lo menos una vez al año.
- 3.- Contar con los recursos necesarios para mantener el sistema en operación, sobre todo recursos financieros, mayor apoyo en los presupuestos para conservación de puentes
- 4.- Corregir errores y detalles de diseño, conforme se vaya adquiriendo experiencia, en el campo de fallas de puentes, incluyendo el ajuste a las normas de diseño existentes.
- 5.- Una buena planeación de los programas de conservación de puentes.



I.1.8 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES CARRETEROS.

Introducción de control de calidad de materiales en puentes.

Debemos trabajar con una calidad integral, para un buen funcionamiento y mínima conservación, ya que con ello se pueden alcanzar los grandes objetivos fijados en los planes de desarrollo y que se traducen, en última instancia, en elevar la calidad de vida de los habitantes.

El no llevar un control de calidad, trae como consecuencia cuellos de botella locales o regionales, mismos que acarrear problemas mas o menos importantes, pues entorpecen el fluir de las economías.

La calidad implica el estricto cumplimiento de las acciones bajo los parámetros clásicos de control de obras que todos conocemos: tiempo-costo-calidad, enmarcados dentro del rubro de seguridad.

El concepto anterior no debe limitarse, por lo generalizado de asociar la calidad con laboratorios, únicamente al cumplimiento de normas y especificaciones, sino en su más amplia acepción del concepto para el cumplimiento del contrato, dentro de lo siguiente:

1).- Tiempo. Suministro total de recursos oportunamente, cumplimiento de plazos, verificación de rendimientos, uso de programas de ruta critica, etc.

2).- Costo. Análisis del mercado local, condiciones impositivas, entorno económico, vigilancia de la aplicación de los procedimientos de construcción, verificando rendimientos y costo en general de la obra. Cumplimiento del proyecto (materiales, líneas, etc.) vigilando oportunamente que dichos proyectos



contemplan el volumen total de la obra, y por ultimo, la aplicación de los precios unitarios pactados.

3).- Calidad. Cumplimiento de todas las especificaciones del proyecto en cuanto a características o normas (ACI, ASTM, NOM. etc.) haciendo uso, para el control de las mismas, de todas las pruebas establecidas.

Los dos primeros parámetros (costo y tiempo), en ocasiones, por necesidades de la obra, pueden ser susceptibles de modificarse o variar, sin embargo debemos pugnar porque esto no ocurra; pero este por ningún motivo debe ser el caso de la calidad, debido a las especificaciones existentes, por lo que siempre debemos ver que la calidad no se cambie para el mal de la obra.

El concepto de calidad total o calidad integral se requiere para que las obras cumplan óptimamente para el fin que fueron diseñadas dentro de los parámetros de servicio y funcionalidad. La calidad total o calidad integral debe servir para la prevención y no la corrección.

Con el fin de cumplir con el proyecto, y este tenga una calidad total, se utilizan, por lo general, tres tipos de especificaciones para un proyecto: de proyecto, de materiales y de diseño.

Las especificaciones de proyecto, junto con los planos, suministra a los contratistas información completa referente a los requisitos precisos establecidos por el propietario y el ingeniero para la estructura terminada.

Las especificaciones de materiales son establecidas principalmente de copias de la Sociedad Americana para ensaye de Materiales (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS), ASTM, y varias oficinas locales o estatales.



Las especificaciones de diseño son preparadas por asociaciones gubernamentales y profesionales que dictan el criterio mínimo aceptable para diseño. ACI, RCDF, ASTM, NOM, etc.

Aunque una obra se apegue a los estándares del proyecto en cuanto a la resistencia, compacidad, relación a/c, curado y recubrimientos, y estos sean logrados satisfactoriamente; solo se garantiza que la velocidad de degradación no será muy rápida, pero en ningún caso que la durabilidad del concreto armado no será indefinida.

Si nos atenemos al material principal con el que se ha construido el tablero podemos clasificar los puentes en:

- Prefabricados.
- Metálicos.
- Concreto armado o presforzado.

I.1.9- MAMPOSTERÍA

Tipos de piezas.- Las piezas que se usan en elementos estructurales de mampostería deberán cumplir los requisitos mínimos de calidad especificados por la Dirección General de Normas de la SIC para el tipo de rocas que se va a emplear.

La resistencia de la mampostería depende principalmente de la resistencia de la pieza y en menor grado de la del mortero, es por tanto, importante, utilizar piezas sanas, por la falta de métodos de ensayo. La resistencia a la compresión de las piedras varía desde 100 Kg/cm² (areniscas suaves hasta mas de 2000 Kg/cm² (granitos y basaltos). Se permiten en la mampostería de piedras naturales morteros de menor calidad que para mampostería de piedras artificiales.



Las recomendaciones que se presentan para piedras naturales, se basan en las que fijo la Secretaria de obras Públicas en sus Especificaciones Generales de Construcción (1971).

Para construcciones en puentes rige la última edición de las Normas para Construcción e Instalación, de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, en particular lo relativo al libro 3.01.02, capítulo 024 (Mamposterías) y las especificaciones complementarias anexas en cada proyecto.

I.1.10- ACERO

Ventajas del acero como material estructural:

Alta resistencia.- La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en puentes de grandes claros.

Uniformidad.- Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

Durabilidad.- Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.

Ductilidad.- La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras.



Tenacidad.- Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.

Otras ventajas importantes del acero estructural son:

A) Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conectores como son la soldadura, los tornillos y los remaches.

B) Posibilidad de prefabricar los miembros de una estructura.

C) Rapidez de montaje.

D) Gran capacidad de laminarse y en gran cantidad de tamaños y formas.

E) Resistencia a la fatiga.

F) Posible rehúso después de desmontar una estructura.

G) Posibilidad de venderlo como "chatarra".

Desventajas del acero como material estructural:

Costo de mantenimiento.- La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.

Costo de la protección contra el fuego.- Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.



Susceptibilidad al pandeo.- Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. Como se indico previamente, el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

NOTA: El acero estructural puede laminarse en forma económica en una gran variedad de formas y tamaños sin cambios apreciables en sus propiedades físicas. Generalmente los miembros estructurales más convenientes son aquellos con grandes momentos de inercia en relación con sus áreas. Los perfiles I, T y [tienen esta propiedad.

I.1.11- CONCRETO

Concreto Reforzado

Además de los aspectos funcionales y económicos especiales del concreto como material de construcción de puentes, ciertas propiedades mecánicas y físicas son importantes con respecto a la aplicación y el comportamiento del concreto.

Las varillas para el refuerzo de estructuras de concreto reforzado, se fabrican en forma tal de cumplir con los requisitos de las siguientes Especificaciones ASTM: A-615 "Varillas de Acero de Lingotes Corrugadas y Lisas Para Concreto Reforzado", A-616 "Varillas de Acero de Riel Relaminado Corrugadas y Lisas para Refuerzo de Concreto", o la A-617 "Varillas de Acero de Eje Corrugado y Lisas Para concreto Reforzado".



Las varillas se pueden conseguir en diámetros nominales que van desde 3/8 de pulg. hasta 1 3/8 de pulg., con incrementos de 1/8 de pulg., y también en dos tamaños más grandes de mas a menos 1 3/4 y 2 1/4 de pulg.

Es importante que entre el acero de refuerzo exista adherencia suficientemente resistente entre los dos materiales. Esta adherencia proviene de la rugosidad natural de las corrugaciones poco espaciadas en la superficie de las varillas.

Las varillas se pueden conseguir den diferentes resistencias. Los grados 40, 50 y 60 tienen resistencias mínimas especificadas para la fluencia de 276, 345 y 414 N/mm² respectivamente. La tendencia actual es hacia el uso de varillas del grado 60.

Concreto Presforzado

El presfuerzo puede definirse en términos generales como el precargado de una estructura, antes de la aplicación de las cargas de diseño requeridas, hecho en forma tal que mejore su comportamiento general.

Una de las mejores definiciones del concreto presforzado es la del Comité de Concreto Presforzado del ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE), que dice:

Concreto presforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado.

MÉTODOS DE PRESFORZADO

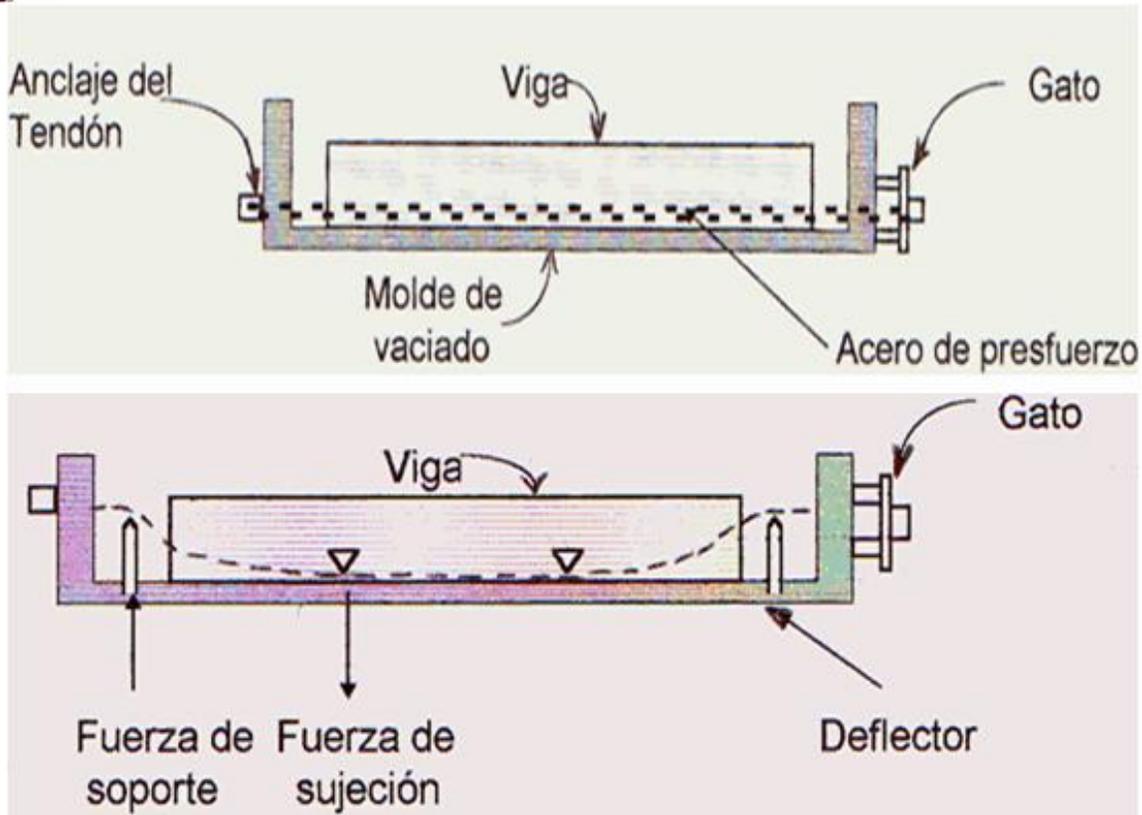


En el concreto presforzado existen dos categorías: pretensado o postensado. Los miembros del concreto pretensado presforzado se producen restirando o tensando los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el concreto y al endurecerse el concreto fresco, se adhiere al acero. Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida, se retira la fuerza presforzante aplicada por gatos, y esa misma fuerza es transmitida por adherencia, del acero al concreto. En el caso de los miembros de concreto postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el concreto y de que se haya alcanzado suficiente resistencia, aplicando la acción de los gatos contra el miembro de concreto mismo.

A. Pretensado

Los tendones, generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se restiran o se tensan entre apoyos. Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada con los gatos. Con la cimbra en su lugar, se vacía el concreto en torno al tendón esforzado. A menudo se usa concreto de lata resistencia a corto tiempo, a la vez que es curado con vapor de agua, para acelerar el endurecimiento. Después de haberse logrado la resistencia requerida, se libera la presión de los gatos. Los torones tienden a acortarse, pero no lo hacen por estar ligados al concreto por adherencia. En esta forma la fuerza de presfuerzo es transferida al concreto por adherencia, en su mayor parte cerca de los extremos de la viga.

Con frecuencia se usan uno, dos o tres depresores intermedios del cable para obtener el perfil deseado. Estos dispositivos de sujeción quedan embebidos en el elemento al que se le aplica el presfuerzo.

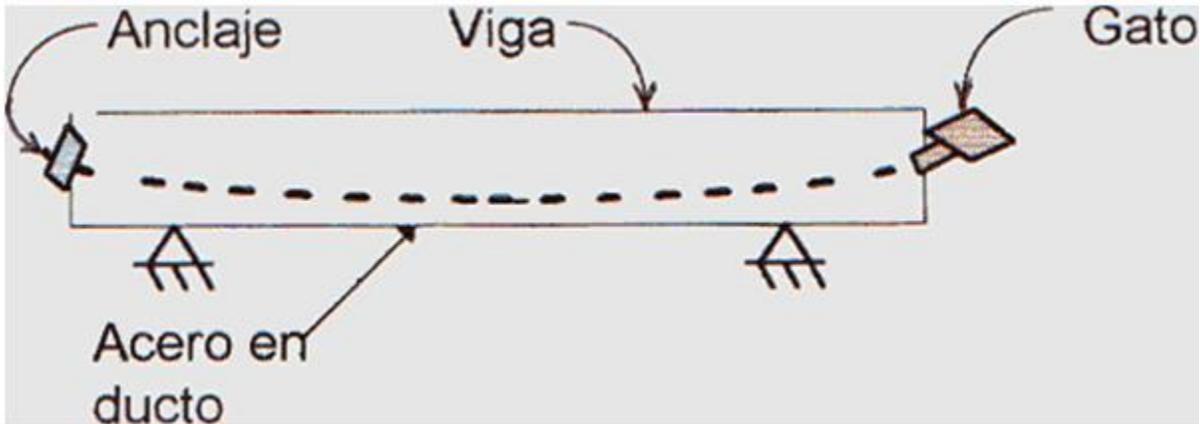


MÉTODOS DE PRETENSADO

B. Postensado

Cuando se hace el presfuerzo por postensado, generalmente se colocan en los moldes de las vigas ductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto. Los tendones pueden ser alambres paralelos atados en haces, cables torcidos en torones, o varillas de acero. El ducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga (estribos sin reforzar) para prevenir su desplazamiento accidental, y luego se vacía el concreto. Cuando éste ha adquirido suficiente resistencia, se usa la viga de concreto misma para proporcionar la reacción para el gato de esforzado. La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero. Los tendones se tensan normalmente todos a la vez ó bien utilizando el gato monotorón. Normalmente se rellenan de mortero los ductos de los tendones

después de que éstos han sido esforzados. Se forza el mortero al interior del ducto en uno de los extremos, a alta presión, y se continua el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo. Cuando se endurece, la pasta une al tendón con la pared interior del ducto.



MÉTODO DEL POSTENSADO

El uso de acero de alta resistencia para el presfuerzo es necesario por razones físicas básicas. Las propiedades mecánicas de este acero tal como lo revelan las curvas de esfuerzo-deformación, son algo diferentes de aquellas del acero convencional usado para el refuerzo del concreto.

Las varillas de refuerzo comunes usadas en estructuras no presforzadas, también desempeñan un papel importante dentro de la construcción del presforzado. Se usan como refuerzo en el alma, refuerzo longitudinal suplementario, y para otros fines.

El concreto empleado en miembros presforzados es normalmente de resistencia y calidad más alta que el de las estructuras no presforzadas. Las diferencias en el modulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia crucial en el diseño.



TIPOS DE ACERO UTILIZADOS PARA EL CONCRETO PRESFORZADO

Los alambres redondos que se usan en la construcción de concreto presforzado postensado y ocasionalmente en obras pretensadas se fabrican en forma tal que cumplan con los requisitos de la especificación ASTM A-421, "Alambres sin Revestimiento, Relevados de Esfuerzo, para Concreto Presforzado". Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta el tamaño requerido.

En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

Los alambres se consiguen en cuatro diámetros tal como se muestra en la tabla siguiente:

Mínima resistencia de Tensión (N/mm ²)	Mínimo Esfuerzo para una Elongación de 1% (N/mm ²)
--	--

Diámetro nominal (mm)	Tipo BA	Tipo WA	Tipo BA	Tipo WA
4.88	*	1725	*	1380
4.98	1655	1725	1325	1380
6.35	1655	1655	1325	1325
7.01	*	1622	*	1295



* "Estos tamaños no se suministran comúnmente para el alambre Tipo BA".

Los tendones están compuestos normalmente por grupos de alambres, dependiendo el número de alambres de cada grupo del sistema particular usado y de la magnitud de la fuerza pretensora requerida. Los tendones para prefabricados postensados típicos pueden consistir de 8 a 52 alambres individuales.

El cable trenzado se usa casi siempre en miembros pretensados, y a menudo se usa también en construcción postensada. El cable trenzado se fabrica de acuerdo con la especificación ASTM A-416, "Cable Trenzado, Sin Revestimiento, de Siete Alambres, Relevado de Esfuerzos, Para Concreto Presforzado". Es fabricado con siete alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral del torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. Los cables pueden obtenerse entre un rango de tamaños que va desde 6.35 mm hasta 0.60 mm de diámetro, se fabrican en dos grados: el grado 250 y 270 los cuales tienen una resistencia última mínima de 1720 y 1860 N/mm² respectivamente, estando estas basadas en el área nominal del cable.

A continuación se muestran en una tabla las propiedades del cable de siete alambres sin revestimiento que se deben cumplir:

Diámetro Nominal (mm)	Resistencia a la Ruptura (kN)		Área Nominal del Cable (mm²)	Carga mínima para una Elongación de 1% (kN)
Grado 250				
6.35	40.0		23.22	34.0
7.94	64.5		37.42	54.7



9.53	89.0		51.61	75.6
11.11	120.1		69.68	102.3
12.70	160.1		92.90	136.2
15.24	240.2		139.35	204.2
Grado 270				
9.53	102.3		54.84	87.0
11.11	137.9		74.19	117.2
12.70	183.7		98.71	156.1
15.24	260.7		140.00	221.5

En el caso de varillas de aleación de acero, la alta resistencia que se necesita se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón y cromo durante la fabricación del acero. Las varillas se fabrican de manera que cumplan con los requisitos de la Especificación ASTM A-277, "Varillas de Acero de Alta Resistencia, Sin Revestimientos, Para Concreto Presforzado". Las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que varían de 12.7 mm hasta 34.93 mm de diámetro y en dos grados, el grado 45 y el 160, teniendo resistencias últimas mínimas de 1000 y 1100 N/mm², respectivamente, tal como se muestra en la tabla:

Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm²)		Resistencia a la Ruptura (kN)	Mínima Carga para una Elongación de 0.7 % (kN)
Grado 145				
12.70	127		125	111
15.88	198		200	178



19.05	285		285	258
22.23	388		387	347
25.40	507		507	454
28.58	642		641	574
31.75	792		792	712
34.93	958		957	859

Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm ²)		Resistencia a la Ruptura (kN)	Mínima Carga para una Elongación de 0.7 % (kN)
Grado 160				
12.70	127		138	120
15.88	198		218	191
19.05	285		316	276
22.23	388		427	374
25.40	507		561	490
28.58	642		708	619
31.75	792		872	765
34.93	958		1059	926

TIPOS DE CONCRETO UTILIZADOS PARA EL CONCRETO PRESFORZADO

Generalmente se requiere un concreto de mayor resistencia para el trabajo de presforzado que para el reforzado. La practica actual en puentes pide una resistencia a los cilindros de 28 días de 280 a 350 Kg/cm² para el concreto



presforzado, mientras que el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 170 Kg/cm² aproximadamente. Un factor por el que es determinante la necesidad de concretos más resistentes, es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación de presfuerzo.

Es importante seguir todas las recomendaciones y especificaciones de cada proyecto a fin de cumplir con las solicitudes requeridas. Por lo general para obtener una resistencia de 350 Kg/cm², es necesario usar una relación de agua-cemento no mucho mayor que 0.45. Con el objeto de facilitar el colado, se necesitara un revenimiento de 5 a 10 cm. Para obtener un revenimiento de 7.5 cm con una relación agua-cemento de 0.45 se requerirían alrededor de 10 sacos de cemento por metro cubico de concreto. Si es posible un vibrado cuidadoso, se puede emplear concreto con un revenimiento de 1.2 cm o cero, y serian suficientes poco menos de 9 sacos por metro cubico de concreto. Puesto que con una cantidad excesiva de cemento se tiende a aumentar la contracción, es deseable siempre un factor bajo de cemento. Con este fin, se recomienda un buen vibrado siempre que sea posible, y para aumentar la maniobrabilidad pueden emplearse ventajosamente aditivos apropiados.

I.1.12- NEOPRENO

Las placas de hule para apoyos de puentes tienen tres ventajas importantes, son económicos, efectivos y no requieren de mantenimiento mayor.

ECONOMÍA

Debido a la sencillez del proyecto, facilidad de fabricación y bajo costo de los materiales. Los apoyos de neopreno no tienen partes móviles, constan simplemente de una placa o más de neopreno de 2.5 cm aproximadamente de espesor colocada entre la trabe y la corona de la pila o estribo.



EFFECTIVIDAD

Una ventaja muy importante del apoyo de neopreno es su efectividad como medio para la transferencia de la carga. Cuando soporta cargas de compresión la placa de hule, absorbe las irregularidades de la superficie y de esa manera las imperfecciones salientes como las hundidas que tiene la superficie de concreto todas soportan la carga.

No hay manera de que el apoyo sea inutilizado por la corrosión y que se transmita así un empuje excesivo a la pila o estribo sobre los que apoya la trabe.

MANTENIMIENTO

La tercera ventaja importante de un apoyo de neopreno es que necesita menos conservación que cualquier otro elemento del puente.

El neopreno actualmente se usa para apoyos de puentes por dos razones importantes: tiene las propiedades físicas que se requieren y es altamente resistente al deterioro debido al intemperismo. A continuación se enumeran las características representativas del Neopreno:

1.- Resistencia. La resistencia del neopreno a la compresión es mas que suficiente para soportar cargas de puentes. Cuando el proyecto se ha hecho adecuadamente, el apoyo de neopreno puede soportar cargas a la compresión de hasta 70 Kg/cm². Además la mayor parte de la deformación plastica tiene lugar en los primeros diez días de carga.

2.- Durabilidad. En su resistencia al deterioro en neopreno es marcadamente superior al hule natural y a cualquier otro hule sintético y que pudiera satisfacer los



requisitos físicos de las placas de apoyo para puente. La vida útil de un neopreno es de aproximadamente 40 años. Sin darle ningún tipo de mantenimiento hasta 35 años.

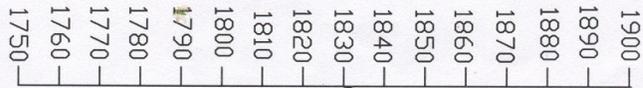
Cuando un apoyo de neopreno se somete a la acción de una carga se deforma verticalmente. La deformación vertical no debe exceder del 15% del espesor antes de ser comprimido el apoyo. Cuando la deformación en compresión es mayor que 15% se producen esfuerzos internos dentro del neopreno que aceleran la rapidez de la deformación plástica y aceleran la rapidez del agrietamiento debido a intemperismo.

I.2.-DESCRIPCION DEL PUENTE “VIADUCTO CALDERON”

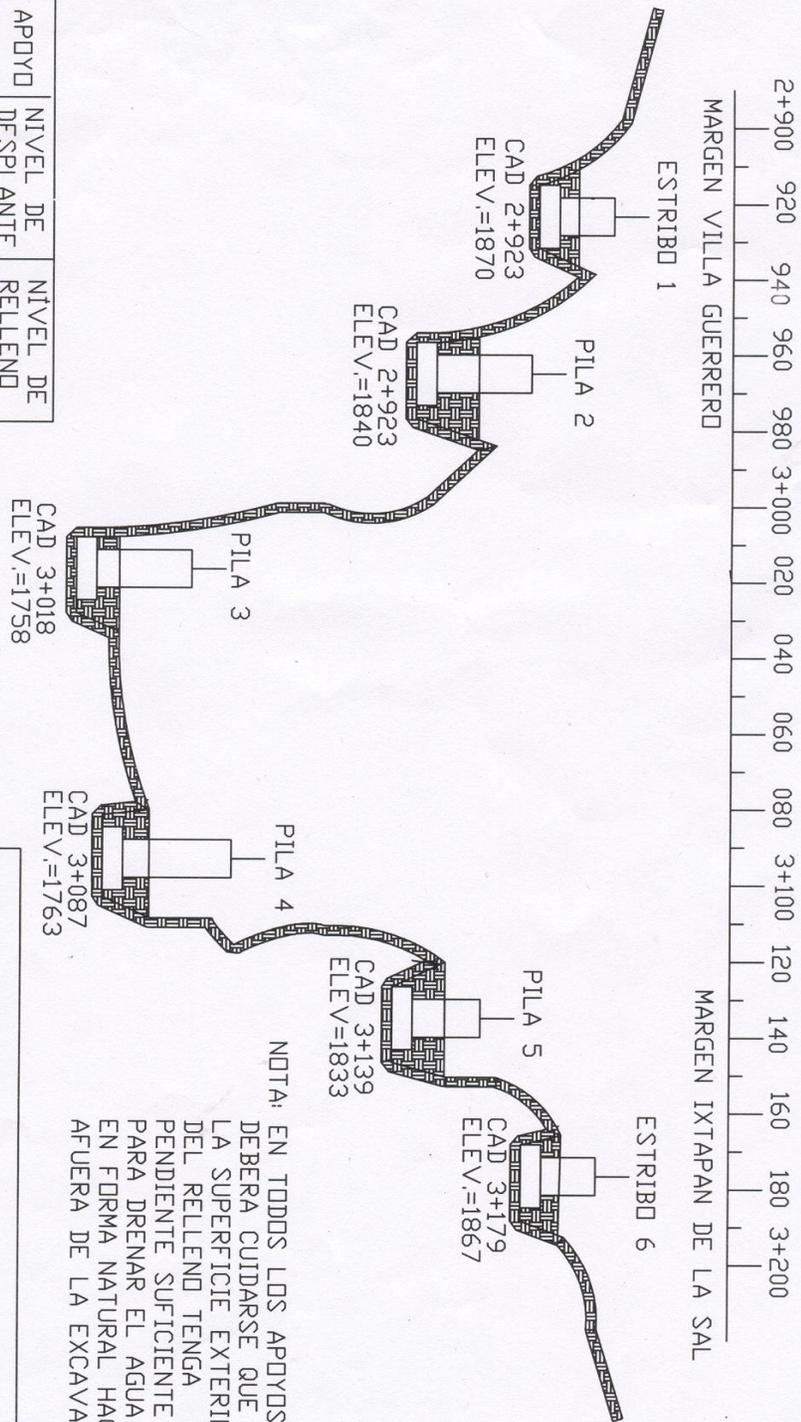
Este puente a grandes rasgos tiene una longitud de 256.00 m, y la parte más alta es de 116.00 metros en pila central. Esta altura se encuentra en la pila No.3 la cual esta ubicada en el centro del río. Este puente consta de 4 pilas y 2 estribos, el orden de estos elementos esta de la siguiente manera, en dirección Toluca Ixtapan de la Sal, tenemos el estribo No.1, pila 2,pila 3,pila 4, pila 5 y estribo 6, el claro de estribo 1 a pila 2 es de 40 metros, de pila 2 a pila 3,es de 52 metros, de pila 3 a pila 4 es el claro mas critico que consta de 72 metros en el cual se atraviesa el río ,la calzada de este puente es de 9.20 metros y 40centimetros de ancho de parapetos en ambos extremos de la calzada teniendo así un ancho total de 10 metros del puente. Además de su gran utilidad de este puente tiene una vista panorámica, buena ubicación buen acabado estético y desde el punto de vista un diseño hecho a conciencia. A continuación se muestra el perfil topográfico con sus respectivas medidas y características, así como mapa de ubicación y comparativo del proyecto “Viaducto calderón”.

C A D E N A M I E N T O S

ELEVACIONES EN METROS



APDOYO	NIVEL DE DESPLANTE	NIVEL DE RELLENO
ESTR. 1	1870	1876
PILA 2	1840	1847,5
PILA 3	1758	1765
PILA 4	1763	1773
PILA 5	1833	1850
ESTR. 6	1867,3	1873



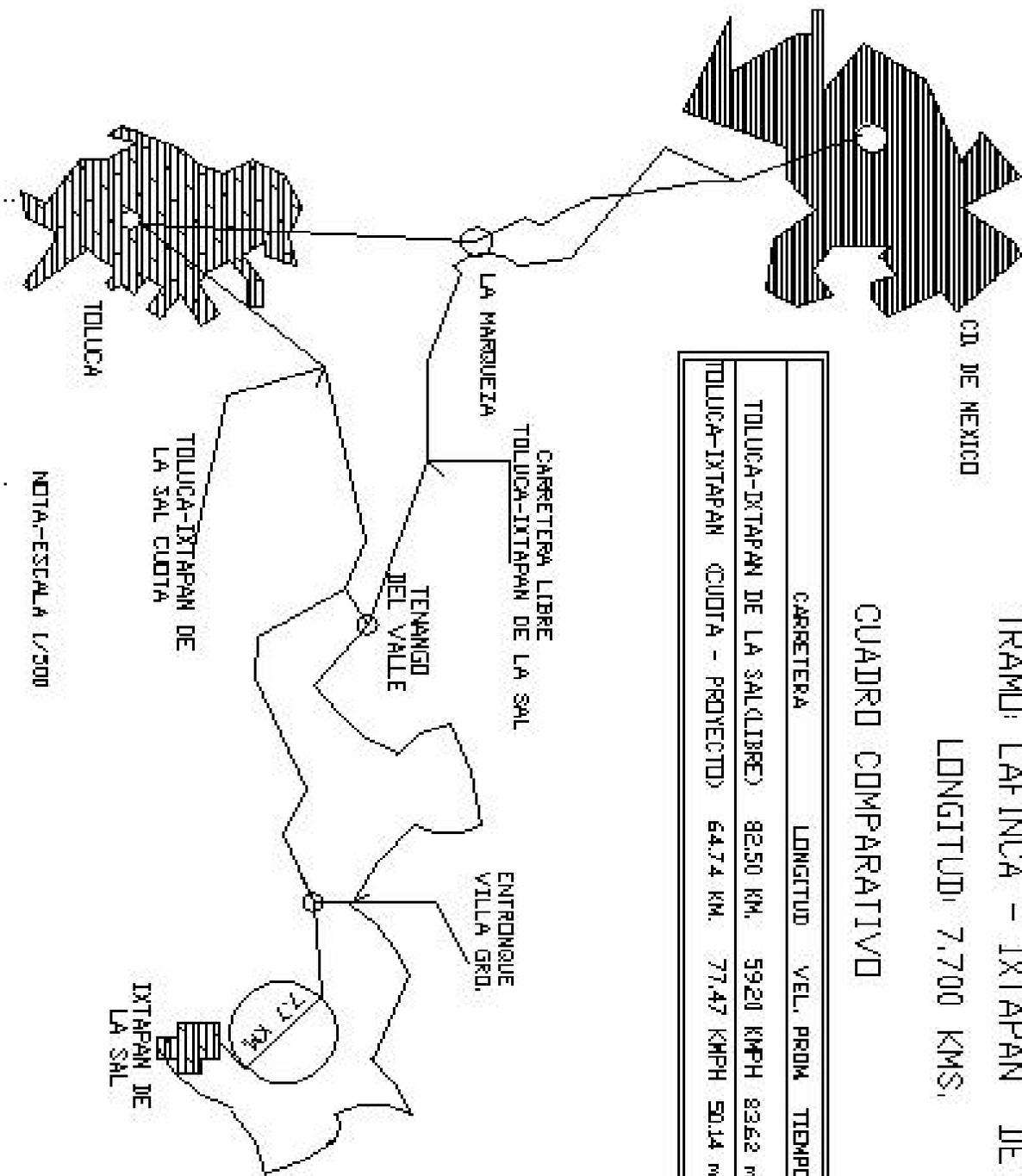
NOTA: EN TODOS LOS APOYOS DEBERA CUIDARSE QUE LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL RELLENO TENGA PENDIENTE SUFICIENTE PARA DRENAR EL AGUA EN FORMA NATURAL HACIA AFUERA DE LA EXCAVACION

INGENIEROS ASOCIADOS EN GEOTECNIA Y SUPERVISION S. DE C.V.		
CARRETERA: TOLUCA-IXTAPAN DE LA SAL		
TRAMO: VILLA GUERRERO-IXTAPAN DE LA SAL		
CRUCE. PUENTE "BARRANCA DE CALDERON"		
KM. 3+050	FEBR. 1995	PERFIL

CARRETERA DE CUOTA TOLUCA- IXTAPAN DE LA SAL
 TRAMO: LAFINCA - IXTAPAN DE LA SAL
 LONGITUD: 7.700 KMS.

CUADRO COMPARATIVO

CARRETERA	LONGITUD	VEL. PROM.	TIEMPO
TOLUCA-IXTAPAN DE LA SAL(LIBRE)	82.50 KM.	59.20 KMPH	83.62 mh
TOLUCA-IXTAPAN (CUOTA - PROYECTO)	64.74 KM.	77.47 KMPH	50.14 mh





II.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO

II.1.- INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto es llamado “Viaducto calderón”, fue realizado por el Ing. Carlos Álvarez Guillen, como proyectista quien fue contratado por la SCT en conjunto con La Comisión del Transporte del Estado de México(COTREM), una vez aprobado el proyecto por las dependencias correspondientes se hace una licitación con grandes compañías constructoras y llevar a cabo el concurso para analizar los trabajos de obra y elegir cual es la empresa que tiene el perfil, capacidad para poder ejecutar el proyecto ya mencionado y quien fue elegido para dicho proyecto fue la constructora Tribasa (Triturados Basálticos S.A.) Y así fue como dio inicio la construcción del proyecto el cual se encuentra en la carretera de cuota Tenango –Ixtapan de la Sal, tramo la finca -Ixtapan de la sal, terminación de la autopista Toluca Ixtapan de la Sal, este proyecto se conforma de la siguiente manera: 4 pilas y 2 estribos con altura máxima en sus pilas centrales de 116.00 metros y una longitud de 256.00 metros, ancho de calzada de 10.00 metros. Ester viaducto es uno de los grandes proyectos realizados en el año de 1994 en el mes de mayo, en el sexenio siendo Presidente de la Republica el Lic. Carlos Salinas de Gortari, su finalidad de este proyecto es con el fin de acortar distancias para los turistas de la ciudad de México, Toluca, y varios estados de la república que van de vacaciones a los balnearios de Ixtapan de la sal, así como también esta vía sirve de comunicación para poder llegar a otros pueblos como Tonático, Pilcaya Gro. Y otros lugares importantes del Estado de México y Estado de Guerrero. Además con esta obra se acortan kilómetros de distancia, Así como también se evitan muchos accidentes carreteros por las curvas que hay en la carretera libre Toluca Ixtapan ya que en el tramo del llano de la unión a Ixtapan hay aproximadamente 34 curvas peligrosas y con el proyecto realizado se obtienen todos los beneficios mencionados. Estos trabajos de la autopista fueron muy complejos para poderlos realizar ya que paralelamente se hizo otro puente paralelo al calderón llamado Nenezigo. Sin estos puentes no se

hubiera podido continuar con los 7.7 km. de pavimento asfáltico también construidos por la compañía constructora Tribasa para concluir el proyecto.

II.2.-DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

Este viaducto cruza la barranca del calderón en lugar cercano al rancho san Diego en un ejido llamado el abrojo que pertenece al Municipio de Ixtapan de la Sal, en este lugar se observa que es una zona donde hay mucha humedad y por lo mismo es un lugar fangoso con mucha vegetación como pino, oyamel, fresno, encino, cedro, fresno, pirul y otros. En esta zona hay tierras que se utilizan para la agricultura, la hortaliza de diferentes frutas de la región, invernaderos de flores y otras actividades del lugar. Al mencionar su descripción de la zona del proyecto es un lugar muy complejo, para poder llegar al lugar donde se realizó la obra ya que topográficamente es un lugar muy accidentado por sus grandes barrancas naturales y por sus mismas condiciones del lugar se hicieron muchas brechas provisionales para llevar todos los materiales de obra necesarios y hacerlos llegar hasta la barranca del calderón.

La foto N° 3 muestra el panorama de la zona, barranca el Calderón.



Foto No. 3.- Panorama de la zona, Barranca Calderón antes del inicio de la obra.

II.3.-SITUACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO FÍSICO

Localización

Se ubica al sureste del Estado de México a los 90°10'40" de longitud oeste y a los 80°50'28" de latitud norte.

Tiene una altitud que va de los 1,924 a los 2,020 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte, con los municipios de Villa Guerrero y Coatepec Harinas; al sur, con Tonático, Zacualpan y con el Estado de Guerrero; al oriente, con Villa Guerrero y Zumpahuacán y al poniente, con Coatepec Harinas y Zacualpan. La distancia aproximada a la ciudad de Toluca, capital del estado, es de 84 kilómetros. Ver foto No. 4 colindancias del municipio de Ixtapan de la Sal.



Foto No. 4.- Mapa, colindancias del municipio de Ixtapan de la Sal.



Extensión

Tiene 115.37 kilómetros cuadrados según el cronista vitalicio Arturo Flores Mercado y 162.89 kilómetros cuadrados según el Departamento de Estadística y Estudios Económicos de la Dirección de Promociones del Gobierno del Estado de México. Se conforma de 22 localidades: una ciudad, cinco pueblos y 16 rancherías.

Orografía

El sistema orográfico está representado por los cerros del Mirador al norte con 2,600 metros de altura sobre el nivel de mar, el de los Tunales al poniente con 1,800 metros; el del Picacho al oriente con 2,500 metros sobre el nivel del mar y hacia el sur, existen lomajes y valles pequeños; dentro de las elevaciones encontramos las barrancas de Calderón, Nenetzingo y Malinaltenango.

Hidrografía

Varios ríos cruzan el territorio municipal que en épocas de sequías se transforman en arroyos; el Calderón y el Nenetzingo ubicadas en las barrancas del mismo nombre se unen dando origen al Ixtapan, el cual cambia su nombre por el San Jerónimo. El Malinaltenango al perderse en un precipitado llamado El Abra, el cual atraviesa interiormente las grutas de Cacahuamilpa, aparece nuevamente en Dos Bocas y se une al Amacuzac. En la cabecera encontramos el arroyo Los Aguacates y el río Salado. Uno de los manantiales que brota al pie del cerro del Pollo en las faldas del Nevado de Toluca, sigue su cauce por la barranca de Tlacomulco y el otro en el cerro de la Rabia, pasa por la Joya del Diablo y la barranca de los Jazmines, ambos se unen en Tequimilpa, desde donde por un canal de mampostería es enviado al municipio para el consumo humano, pero a su paso se benefician las comunidades de El Abrojo, Santa Ana Xochuca, Llano de la Unión, Yerbas Buenas, San José del Arenal y Tecomatepec siendo utilizada para el regadío.

Clima

Por las características de la ubicación territorial, el clima predominante es el semicálido, subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 17.9° C y una mínima de 1° C.

Principales Ecosistemas

Flora

Existe una gran variedad de especies entre las que se encuentran: encino, pino, oyamel, cedro, fresno, aile, jacaranda, casuarina, aguacate, amate, cabrillo, cazahuate, palmeras datileras, palo dulce, tepeguaje y pirul.

Fauna

Es abundante entre la que encontramos el tejón, liebre, coyotes, gato montés, zorrillo, hurón, tlacuache, ardilla, cacomixtle y zorro entre otros, pero además se observan algunas aves, reptiles, insectos, así como algunos acuáticos.



Foto No. 5.- Vista panorámica de la ciudad de Ixtapan de la Sal.



Recursos Naturales

En la actualidad no existe en el municipio la explotación minera, forestal y petrolera, pero hay borbollones de aguas termales utilizada como atractivo turístico, lo que genera ingresos al municipio.

II.4.-ENTORNO URBANO

INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES

Educación

En todas las comunidades del municipio y en la cabecera, existen escuelas de nivel preescolar y primaria, mientras que las de nivel medio básico, existen 6 instituciones, una de educación normal, dos de educación técnica, una de capacitación para el trabajo.

Salud

El crecimiento de la población requiere servicios de salud, tanto oficiales como privados. Existen en el municipio, clínicas del I.M.S.S., del sector salud y del I.S.S.E.M.Y.M. También encontramos un consultorio periférico del I.S.S.S.T.E. Los requerimientos de atención a la población en materia de salud, han dado lugar al establecimiento de clínicas particulares de especialidades, las cuales atienden al resto de la población no derechohabiente, ya que solamente y de conformidad con las estadísticas existentes, tienen derecho a seguridad social 8, 344 personas.



Abasto

Existe en la cabecera municipal un mercado permanente. Los domingos se efectúa el tianguis semanal. De conformidad con el impuesto de radicación, la tesorería municipal, tiene registrados 547 establecimientos de diferentes ramos, la mayoría de ellos en la cabecera municipal.

Deporte

Para la práctica de esta actividad se cuenta con una Unidad Deportiva en la cabecera, además de diferentes canchas de diversas ramas en la misma y en las comunidades se cuenta en algunas de ellas con instalaciones en las instituciones educativas.

Vivienda

De los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda de 1990, los inmuebles construidos ascendían a 4,553 viviendas, de las cuales 1,355 tienen piso de tierra, 360 presentan techos de cartón y 1,646 paredes de adobe. La mayoría de ellas son propias.

Cabe señalar, que en el año 2000, de acuerdo a los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda, efectuado por el INEGI, hasta entonces, existían en el municipio 6,699 viviendas en las cuales en promedio habitan 4.54 personas en cada una.



Foto No. 6.- Vista aérea de la ciudad de Ixtapan de la Sal.

Servicios Públicos

Son varios los problemas de prestación de servicios, principalmente en las comunidades, en la prestación de los mismos por parte del ayuntamiento es de la siguiente manera:

Agua Potable	95%
Alumbrado Público	90%
Mantenimiento del drenaje urbano	90%
Recolección de basura y limpieza	95%
de las vías públicas	100%
Seguridad Pública	70%
Pavimentación	60%
Mercados y Centrales de Abasto	80%
Rastros	90%

El ayuntamiento administra los edificios públicos, los monumentos, zonas recreativas y deportivas y las fuentes, entre otros.



Medios de Comunicación

En la cabecera municipal se encuentra establecida desde 1970 la estación de radio X.E.X.I. que tiene una cobertura regional y es la más escuchada. Además se cuenta ya con el servicio de televisión por cable, algunos particulares tienen antenas parabólicas receptoras de señal y se distribuye en la cabecera los principales diarios periodísticos nacionales y estatales, así como ediciones regionales y locales.

Existen un promedio de 1,000 teléfonos particulares, unos 400 de tipo comercial, varias casetas públicas, dos oficinas de servicios de larga distancia y la mayoría de las comunidades cuentan con telefonía rural. Existe una oficina de telégrafos en la cabecera y también una de correos que brindan servicio nacional e internacional. A últimas fechas se recibe señal receptora de telefonía celular.

Vías de Comunicación

El arribo al municipio se realiza por vía terrestre a través de la carretera federal N° 55 que continua hasta el estado de Guerrero. En la actualidad se cuenta con una vía rápida de cuota Toluca a Ixtapan, con la que se ahorra tiempo y acorta distancias. Se cuenta con una red carretera interna de 121.5 kilómetros; 11 de las 22 localidades cuentan con camino pavimentado, 3 con revestimiento y 7 de terracería. Se cuenta con una central camionera.



II.5.-ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Principales Sectores, Productos y Servicios

Agricultura

Es la principal actividad en las comunidades del municipio, sin que existan huertos de explotación a grande escala, solamente la producción familiar y la venta respectiva en el tianguis dominical.

Ganadería

El municipio no se distingue por ser ganadero solamente cuenta con producción para el autoconsumo, aún cuando los suelos sean propicios para el cultivo de pastos.

Apicultura

Existen alrededor de 5,000 colmenas controladas por varios productores, sobresale la empresa Miel Vita Real que controla el 93% de industrias y cuya comercialización es a nivel internacional.

Turismo

El turismo representa la aportación económica más importante para la cabecera municipal, ya que por sus características naturales de explotación de aguas termales curativas, son propicias para el desarrollo turístico desde 1945 en que se inaugura la carretera federal N° 55 Toluca-Ixtapan, a través de la cual es posible visitar los atractivos turísticos siguientes: el parque acuático, el balneario municipal, la parroquia de la Asunción de María, el jardín de los Mártires, las barrancas de Calderón y Malinaltenango.



III.-ESTUDIOS PRELIMINARES

III.1.-GENERALIDADES

En cualquier sector económico, toda inversión está dirigida a obtener un beneficio. Cada país, de acuerdo a sus condiciones y necesidades, hace sus inversiones mediante la definición de sus objetivos, estudios de los recursos disponibles y su empleo óptimo, así como sus metas parciales consecutivas y una acción programada.

En nuestro país, la inversión de sector público va dirigida a lograr el bienestar de la población, lo cual se alcanza destinando parte del presupuesto federal en sectores básicos haciendo óptimo el uso de los recursos, tanto materiales como naturales, para lograr los objetivos propuestos como pueden ser la construcción de puentes que nos permiten llevar educación, cultura, salud, etc. a los distintos pueblos comunicados; o bien, la construcción de presas que permiten generar energía eléctrica, crear sistemas de riego para aumentar la producción de alimentos del campo, etc.

Lo anterior se logra realizando conscientemente los estudios socioeconómicos y técnicos necesarios y que sirvan como herramienta para lograr dar al hombre una vida digna, así como un instrumento eficaz para lograr ajustar, equilibrar, coordinar y promover sus influencias de beneficio regionales las cuales sirven de base y punto de partida del proyecto.

Considerando los beneficios que se obtienen con el proyecto a realizar hay grandes logros sobre todo en el Municipio de Ixtapan de la Sal, mejorando la afluencia del turismo a este lugar, los empleos, el trayecto de camino con distancias más cortas, menos tiempo, gracias a la respuesta del gobierno federal, estatal, y la demanda de los pueblos para que este proyecto fuera realidad, además la



comunicación de la ciudad de Toluca siendo esta una ciudad importante por ser la capital del estado de México, con este servicio de la terminación de la autopista Toluca - Ixtapan de la Sal se beneficia el sector agrícola, industrial, ganadero, turístico etc. y no pasando por desapercibido la construcción del puente “viaducto calderón” ya que sin la construcción de ese puente y otros más no se hubieran logrado las metas alcanzadas con las cuales se satisfacen las necesidades mencionadas de la región.

III.2.- CRITERIO DE DISEÑO

Los criterios de diseño son una compilación de aquellos datos, hechos, estipulaciones, normas, reglamentos y otra información que establecen como base para guiar y dirigir el diseño con detalle del puente.

ESTUDIO TOPOHIDROLOGICO DE LA REGION

El estudio demuestra el comportamiento hidráulico del lugar donde se construirá esta obra de gran impacto y volumen, ya que el gasto de agua que pasa por esa barranca no es de gran volumen, solo en época de lluvias es cuando excede el volumen de esa barranca. Lo que si es muy notorio es que la profundidad de la barranca “El Calderón” con una profundidad de 116.59 mts. Desde la rasante hasta el fondo de la misma. El relieve de la barranca es a plomo en ambos lados tanto del lado de Toluca Como del lado de Ixtapan de la Sal.

Se realizo el levantamiento preliminar topográfico y definitivo para localizar el punto definitivo del proyecto, considerando también el estudio de mecánica de suelos para elegir el lugar donde se llevara a cabo el proyecto definitivo de la obra mencionada, también se tomo en cuenta la época de avenida máxima de lluvia para considerar los registros hidrológicos y así poder conocer los niveles de agua en la barranca del calderón y tomar las precauciones necesarias para evitar retrasos,



contratiempos , accidentes, y todas las precauciones que pudiera afectar el avance de la obra por consecuencia de inclemencias del tiempo como la lluvia.

También se considero la pendiente de la rasante del puente el cual tiene una pendiente del .34% ascendente en sentido Ixtapan Toluca ya que posteriormente se explicara la razón por la cual se tuvo que aplicar la pendiente mencionada de dicho puente, El ancho total de calzada que se le asigno al puente es de 9.20 mts. Siendo un área suficiente para el ancho de dos carriles en cada sentido de la pista, de tal forma que al encontrar punto definitivo se tuvieron que hacer todos los estudios necesarios en cuanto a la zona ya que de ahí parte para el estudio del proyecto definitivo en el lugar ubicado de donde ya sabemos que se hicieron estudios de proyecto de los cuales consta: estudios topográficos, aerofotogrametria, estudios hidrológicos, estudios de mecánica de suelos, así como las políticas de la región etc.

NORMAS Y CODIGOS

El diseño de esta estructura se basara en las siguientes especificaciones, códigos, normas, reglamentos y otros documentos indispensables, con vigencia hasta la fecha.

SCT: Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

AASHTO: American Asociación of State Highway and Transportation Officials.

ACI: American Concrete Institute.

CFE: Comisión Federal de Electricidad. Manual de diseño de Obras Civiles.



CRITERIOS GENERALES DE INGENIERIA

Cargas Muertas.- Estas incluyen las cargas permanentes en la estructura y se separan en dos grandes rubros:

Carga Muerta de Construcción.- En esta carga se mide el peso propio de los elementos estructurales, tales como zapatas, pilas, cabezales, vigas longitudinales y transversales, losa de acceso. etc.

Carga Muerta de Servicio.- Es la carga adicional y sobre puesta sobre la estructura que completa su funcionalidad de ella, tales como carpeta asfáltica, guarniciones, parapetos, pasamanos etc.

Carga Viva.- Esta diseña la estructura para dos carriles de circulación conforme lo estipula la S.C.T. O sea para servicio de doble sentido.

BASES DE DISEÑO

Consideraciones Generales.-Todas las estructuras de concreto preesforzado se diseñan por esfuerzos de trabajo y las de concreto reforzado se diseñan para resistencia última excepto en cimentaciones, en ellas se diseñan por esfuerzos de trabajo. Las presiones sobre el suelo se analizan por cargas reales y por lo tanto la capacidad del terreno a compresión se tomara del “Del estudio de Mecánica de Suelos.



Combinaciones de carga.- Las combinaciones de carga que deberán analizarse serán conforme a las especificaciones **AASHTO**, donde la carga muerta será únicamente la carga muerta de construcción o bien la suma de la carga muerta de servicio, dependiendo si se revisan esfuerzos durante la construcción en servicio.

Las cargas a utilizar en la Construcción serán las siguientes:

- Carga muerta de construcción para un peso volumétrico del concreto incluyendo refuerzo de 2.485 ton/m³.
- Carga viva de construcción.
- Equipo de construcción especializado para el montaje de prefabricados.
- Impacto de equipo de montaje.
- Fuerza longitudinal del equipo de construcción.

Materiales utilizados en la construcción

La estructura a construir será de acero estructural en la superestructura y de concreto reforzado el resto del puente. Los concretos a utilizar serán los siguientes:

ZAPATAS	$f'c = 250\text{kg/cm}^2$
CUERPO DE PILAS	$f'c = 250\text{kg/cm}^2$
ESTRIBOS	$f'c = 250\text{kg/cm}^2$
CABEZALES	$f'c = 250\text{kg/cm}^2$
LOSA DE ACCESO	$f'c = 350\text{kg/cm}^2$

Se usa acero de refuerzo $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$



III.3.-ESTUDIO DEL SUBSUELO

El gobierno del estado de México a través del sistema estatal operador de carreteras de cuota que son concesionadas por la empresa PACSA S.A de C.V. el proyecto ejecutivo del puente “Viaducto Calderón” localizado entre el km. 2+825 de la carretera Toluca Ixtapan de la Sal, tramo “La finca” - Ixtapan en el Estado de México.

El presente informe corresponde al estudio geotécnico para su diseño de la cimentación del PUENTE denominado “Viaducto Calderón” y se desarrolla de la siguiente manera:

a).-Se describe la geología regional y local que dieron origen a los suelos de sitio en estudio.

Geología Regional

El sitio en estudio se ubica en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico, en el cual las emisiones lávicas tienen edades que varían desde el plioceno tardío hasta el reciente, observándose gran variedad en su estado de erosión. Entre cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas que están formadas en gran parte por rellenos aluviales o lacustres que contienen gran variedad de rocas mezcladas con cenizas volcánicas. Los principales fenómenos en esta provincia están representados por las fallas y fracturas que acompañan a las emisiones volcánicas. Los más grandes aparatos volcánicos que se localizan en esta provincia son volcanes de dimensiones muy variables, como el Nevado de Toluca, el Iztacíhuatl, el Popocatepetl; todos ellos fueron edificados por emisiones alternantes de productos piro clástico y derrames lávicos.



Geología Local

La zona en estudio esta constituida principalmente por cuatro unidades de origen ígneo: Basaltos, tobas ácidas, Suelos residuales y de aluvión y suelos de residuales, a continuación se describe cada una de ellas:

- **Basalto Ts.** La unidad consiste en basaltos de olivo andesíticos olivo y piroxenos, de textura holocristalina, ínter granular, en ocasiones porfídica con fenocristales de plagioclasa y olivo. La unidad forma coladas por lo general acordonadas, en algunos sitios presenta intemperismo esferoidal profundo. Los basaltos cubren a las diferentes unidades clásticas y lávicas en el área y están coronadas por algunos conos cineríticos tanto del terciario superior como del cuaternario. Esta unidad tiene una expresión morfológica de mesetas medianamente disectadas.
- **Toba ácida (Ta).** Esta representa a unas tobas de composición ácida, primeramente riolítica y dacíticas, las primeras se presentan como ignimbritas con fragmentos de feldespato, de cuarzo y de líticos en una matriz vítrea. Las tobas dacíticas están medianamente consolidadas y presentan abundante pómez. La unidad se encuentra, por lo general, muy alterada y fracturada, a excepción a las tobas expuestas que se encuentran en la región noreste; en superficie fresca, las tobas son de color gris con tonos rojos; mientras que en superficie intemperizada, muestran tonos de ocre, la unidad tiene una morfología de lomeríos. Esta unidad esta cubierta, principalmente por basaltos terciarios superior y por los del cuaternario.

En esta unidad es donde se encuentra el sitio del PUENTE.

b).-Referente a los trabajos de campo, se describe brevemente los métodos y equipos empleados para la exploración y el muestreo de los suelos.



TRABAJOS DE CAMPO

Con el propósito de determinar la estratigrafía del subsuelo donde se proyecta la construcción del PUENTE km. 2+825, se efectuó un reconocimiento Geológico Geotécnico en el sitio en estudio, el cual sirvió a su vez para determinar la ubicación de los 2 sondeos de penetración estándar los cuales se llevaron hasta una profundidad máxima de 8.15 m para el SPT-1 y de 8.56m, para el SPT-2

Sondeos de penetración estándar

El método de penetración estándar, de acuerdo con la especificación ASTM – D1585 consiste en hincar en el suelo un penetrómetro estándar de pared gruesa, de 60 cm. de largo, por medio de golpes aplicados con una masa de 64.5 Kg. que se deja caer desde una altura de 75 cm. Se cuenta el número de golpes (N) necesarios para avanzar los 30 cm. centrales de l tubo muestreador.

c).- Correspondiente a los trabajos de laboratorio, se describen los diferentes ensayos a los que se sometieron las muestras de suelo obtenidas en el estudio de explotación y muestreo, para determinar sus propiedades índice y mecánicas.

TRABAJOS DE LABORATORIO

Los trabajos de laboratorio efectuados a las muestras obtenidas durante la campaña de exploración y muestreo consistieron en lo siguiente:

Primeramente se procedió a realizar una clasificación macroscópica, en forma visual y al tacto de cada una de las muestras , para determinar sus propiedades, tales como el color, textura, resistencia al quebrantamiento, tanto en estado seco como en estado natural ; así como el contenido natural de agua en



%, densidad de sólidos y determinación del porcentaje de finos. Con todos los datos anteriores se hizo una clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Los ensayos de laboratorio se efectuaron de acuerdo a los procedimientos indicados en el Manual de Mecánica de Suelos editado por la Comisión Nacional del Agua a través del Instituto mexicano de Tecnología del Agua, edición 1990 así como a las Normas de Construcción e Instalaciones de la secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

d).-Se menciona la estratigrafía encontrada, después de haber analizado los diferentes resultados de pruebas de laboratorio.

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO

Tomando en cuenta los resultados obtenidos durante la exploración y muestreo, así como de los ensayos del laboratorio; cabe hacer notar que la estratigrafía del sitio es homogénea, a continuación se describe la estratigrafía general y las propiedades índices encontradas:

Superficialmente se detectó la capa vegetal, el espesor de esta capa es de 0.60m para ambos sondeos. Subyaciendo a la capa vegetal se encuentra un estrato de arcilla arenosa, de consistencia muy firme a dura ($16 < N < 40$), de baja plasticidad, color café claro, con algunos grumos cementados del mismo material, con algunas gravas aisladas; el contenido natural de agua es de 6 a 25%, el límite líquido es de 38 a 44 y índice de plasticidad de 17 a 20; el porcentaje de finos es de 60 a 91%, 9 a 35% de arena y 0 a 4% de grava; la densidad de sólidos es de 2.44 a 2.66, el espesor del estrato es de 1.3m para el sondeo 1 y de 1.8 para el sondeo 2. Finalmente se detectó un estrato de arcilla arenosa, de consistencia muy dura, de baja plasticidad, color café oscuro, con grumos semiconsolidados del mismo material y algunos fragmentos de vidrio volcánico; el contenido natural de



agua es de 17 a 42%, el límite líquido es de 33^a 47% e índice de plasticidad de 12 a 23%; el porcentaje de finos es de 53 a 92%, 8 a 47% de arena y de 12% de grava; la densidad de sólidos es de 2.47 a 2.64; el espesor del estrato es de 6.3 m para el sondeo 1 y de 6.15 para el sondeo 2. En los dos sondeos realizados y hasta la profundidad máxima explorada no se detecto el nivel de aguas freáticas.

e).- Se describe la metodología que se emplea para efectuar los análisis geotécnicos de la cimentación.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Con base en al información obtenida de los trabajos de campo y laboratorio descritos anteriormente y del proyecto estructural del, puente se analizaron las condiciones del subsuelo para estimar la capacidad de carga y los asentamientos , así como los empujes sobre los elementos de retención.

- **Capacidad de carga superficial**

Con base en la información obtenida en los trabajos de campo y laboratorio descritos anteriormente, se analizaron las condiciones del subsuelo para determinar la capacidad de carga, con la finalidad de verificar que el subsuelo sea una superficie de apoyo estable.

Se analizó la capacidad depara profundidades de desplante de 2.0 a 3.0 m, efectuándose por dos métodos (k. Terzaghi y las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal), considerando al suelo como cohesivo



Para este caso el número de golpes por debajo del nivel de desplante mínimo (2.0m) es mayor de 50, por lo tanto la cohesión será de $30t / m^2$.

La resistencia a la compresión simple del suelo se obtuvo mediante la correlación con el número de golpes, según Terzaghi y Peck:

La resistencia a la compresión simple del suelo se obtuvo mediante la correlación con el número de golpes, según Terzaghi y Peck:

Consistencia	No. de golpes	Resistencia a la compresión Simple Kg / cm ²
Muy blanda	<2	<0.25
Blanda	2 - 4	0.25 – 0.5
Media	4 - 8	0.50 – 1.0
Firme	8 - 15	1.0 – 2.0
Muy firme	15 - 30	2.0 – 4.0
Dura	> 30	> 4

- Teoría de Terzaghi

Utilizando la teoría de Terzaghi a partir de la siguiente expresión:

$$q_{adm} = cN_c / F_s + \gamma D f N$$

Donde:

q_{adm} = Capacidad admisible, ton/ m²



C = Cohesión, ton/m²

Y = Peso volumétrico, ton/m³

D f = Profundidad de desplante, en metros

F.S. = Factor de seguridad, para este caso se tomara un valor de 4.

RECOMENDACIONES PARA DISEÑO

- a) El desplante de la cimentación de todos los apoyos del puente consistirá en zapatas o cimientos de concreto reforzado, desplantados a las elevaciones que indica la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACION

APOYO	ELEVACION DE DESPLANTE (m)	MATERIAL PREVISTO	PRESION DE CONTACTO ADMISIBLE (t/m ²)
ESTRIBO 1	1870.00	Arcillas y arena	50
PILA 2	1840.00	Arcillas y arena	50
PILA 3	1758.00	Arcillas y arena	150
PILA 4	1763.00	Arcillas y arena	150
PILA 5	1833.00	Arcillas y arena	50
ESTRIBO 6	1867.63	Arcillas y arena	50

- b).-En las pilas principales 3 y 4, deberá revisarse la distancia horizontal entre el borde la zapata y el talud adyacente, que será por lo menos de 1.5 veces el ancho de la zapata.



c).- Para efectos de diseño de las zapatas, las presiones de contacto admisible con las arcillas y arena serán anotadas en la tabla anterior. Las descargas transmitidas por la estructura deberán factorizarse según la cimentación de carga que se trate.

d).- En las pilas 3 y 4 principales, los críticos momentos, inducidos por las sollicitaciones sísmicas pueden requerir de un área lo suficientemente amplia en las zapatas de acuerdo a las cargas que hay que soportar y así poder tener el apoyo suficiente los elementos.

III.4.- ELECCIÓN DEL TIPO ESTRUCTURAL

La infraestructura y la subestructura es a base de concreto armado y la superestructura es a base de dovelas de acero por sus largos claros de acuerdo con especificaciones de la S.C.T.

La elección de tipo de estructura y el sistema constructivo del puente “Calderón” se estudiaron 5 alternativas, tomando en consideración para su evaluación el costo, tiempo de construcción peligro de sismos, operatividad y bajo mantenimiento, como a continuación se enuncian:

- 1.- Empujado de concreto preesforzado (doble cajón)
- 2.- Doble voladizo de concreto preesforzado
- 3.- Atirantado colado en sitio con doble plano de tirantes
- 4.- Arco de concreto con superestructura de concreto.



5.- Empujado de acero estructural.

Se eliminaron las alternativas de arco de concreto por la complejidad de su construcción y riesgos económicos.

La opción de empujado de concreto preesforzado (doble cajón) se descarto por ser una obra de un costo muy elevado y una duración de construcción más prolongada.

De la misma manera la construcción de doble voladizo y de atirantado era una obra más compleja con una duración de construcción más prolongada.

Desde el punto de vista económico, longitud de los claros y en cuanto al monto y tiempo de construcción se tomo la alternativa de hacer el puente de empujado de acero estructural con menor costo y además se encontró la solución de hacer menos compleja la operación en cuanto su construcción. La duración en la planeación de ejecución de obra se considero un tiempo record de 9 meses.

En la fabricación, suministro, y unión del acero estructural que conforman las dovelas y que se uso soldadura y operarios especialistas en la materia, se encargo la empresa Freyssinet, la cual fue contratada por la empresa Tribasa y autorizada por la Secretaria de Comunicaciones para ver todo lo referente a las estructuras utilizadas en el puente “Calderón”.

La obra al ser realizada con la experiencia del personal contratado da confiabilidad porque se hizo anteriormente un puente llamado “Nenetzingo” cerca de la obra del “Calderón”. La cual es una obra muy semejante en cuanto a su procedimiento de construcción ya que del mismo modo fue elegido el empujado de acero estructural formado por dovelas, sin embargo, debido a la ubicación de esta estructura sobre el tramo en construcción, este no se podría poner en operación



hasta la terminación total del puente de acero estructural “Calderón” el cual requería de un tiempo de 9 meses

IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

NOTA.- Para iniciar la obra de este viaducto se utilizo la siguiente fuerza de trabajo como se menciona a continuación:

RELACION DE PERSONAL Y FUERZA DE TRABAJO

ADMINISTRATIVO	TECNICO
1 Administrador	1 Gerente de construcción
1 Contador	2 Residentes de obra
2 Secretarias	1 Topógrafo
1 Residente técnico	4 Ayudantes de topografía
1 Auxiliar de computación	2 Bodegueros
	2 Veladores
	2 Operadores
	6 Cabos
	45 Fierros
	40 Carpinteros
	30 Albañiles
	25 Ayudantes generales

IV.1.-CIMENTACION

En este concepto se llevo a cabo el trazo y nivelación con la brigada de topografía de la empresa responsable del proyecto (TRIBASA), realizando el trazo del eje definitivo, ejes transversales al eje del mismo, puntó central de cada una de las estructuras desde estribo 1 hasta estribo 6 para de ahí partir y marcar las dimensiones tanto de las pilas como de los estribos, además en cada una de las



estructuras se colocan datos con estacas para dar su elevación y a partir de ahí determinar cuanto se excava en cada uno de los elementos estructurales ya que de ese modo se nos proporcionan datos más exactos para comparar áreas y volúmenes con los datos de proyecto.

En el procedimiento constructivo se empezaron a hacer las excavaciones respectivas en cada uno de los elementos considerando que personal y equipo se utilizan para llevar a cabo las actividades requeridas. En este caso se inicia la excavación con retroexcavadoras grandes como la caterpillar serie 330 con tránsitos de oruga, personal de apoyo chequeando datos, las dimensiones y las profundidades de cada uno de ellos, y una vez que se hace la excavación que se pide conforme a proyecto posteriormente se hacen los chequeos de mecánica de suelos los cuales están a cargo de los ingenieros responsables del proyecto para hacer su visita ocular y determinar si es suelo factible para el desplante y si no garantiza la suficiente resistencia se excava un poco más hasta que se encuentre el suelo óptimo y entonces se puede desplantar la cimentación y se empieza por dar el afine a mano y darle el nivel que se pide, posteriormente se achica el agua si es que brota del subsuelo hasta abatirla, en el caso de las pilas centrales, 3 y 4 fue donde más se registro filtración de agua ya que estas pilas son las más próximas y están a ambos lados en los costados de la barranca (Calderón) y así es como entonces se inicia con la plantilla de concreto pobre hecho a mano y en algunas de las otras pilas zampeado con piedra maciza y limpia junteada con mortero cemento arena y de ahí empezar a hacer el acarreo de materiales como arena, cemento, aceros, cimbra.

Estos acarreos se realizaron con gente haciendo grandes recorridos por veredas muy sinuosas, teniendo que hacer un largo recorrido hasta llegar a la parte más profunda de la barranca teniendo esta una profundidad de 120 metros aproximadamente. Posteriormente se hace el desplante de las zapatas de los elementos respectivos habilitando primero el acero necesario. Al tener en condiciones el terreno para iniciar su desplante obviamente ya se cuenta con la plantilla del elemento, en este caso ya se puede hacer el desplante de la zapata del estribo No. 1 y consta de las siguientes dimensiones geométricas, tiene 5.00 metros



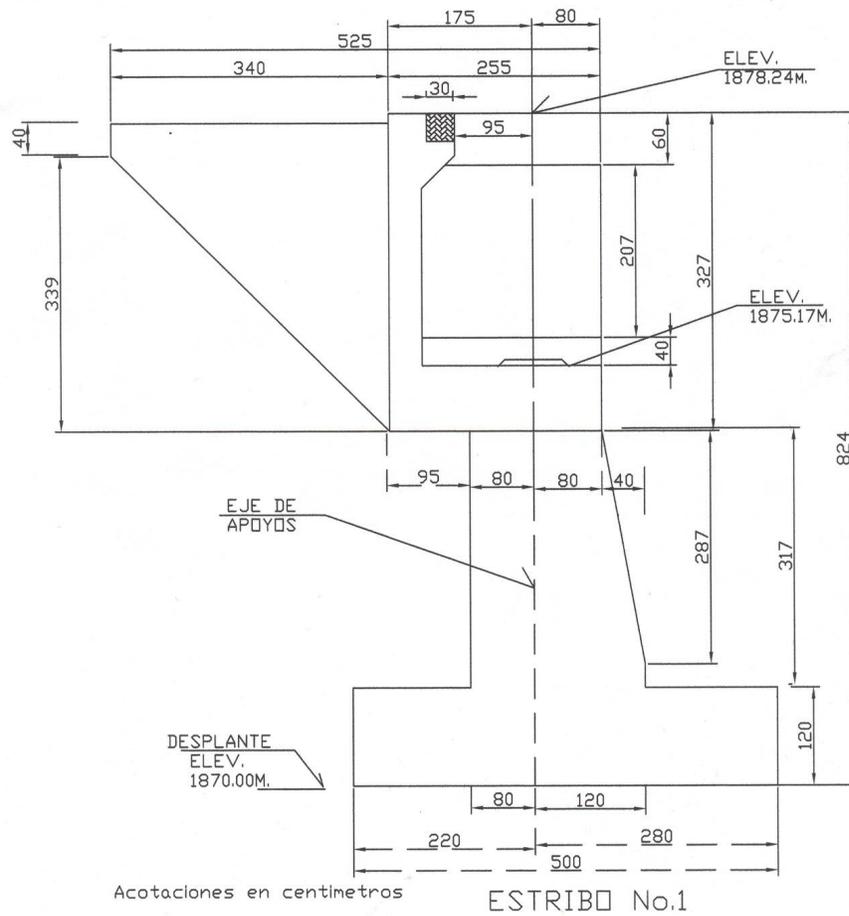
de ancho, este lado o cara es paralelo al eje de carretera y 7.00 metros de largo, este lado es perpendicular al eje de carretera y 1.20 metros de altura, el acero que se utilizo en esta zapata fue de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", y $\frac{3}{4}$ " de pulgada @ 30 centímetros en ambas direcciones.

Conceptos Realizados en la Cimentación

1. Trazo y nivelación
- 2.- Excavación
- 3.- colado de plantillas
- 4.-Armado, cimbra y colado de zapatas.

El suministro del colado se realizo con trompos de tractocamiones de capacidad de 7.0 metros cúbicos y equipo de bombeo del concreto, bombeando de arriba hacia abajo con tubería de 8" de diámetro, bombeando a una profundidad de 120 metros aproximadamente.

Sus dimensiones del caballete o estribo 1 se ven en la figura que a continuación se muestra.



Perfil del estribo No. 1 Muestra de dimensiones en dirección del eje carretero.

En esta fotografía No.7 se ve la parte superior del terreno natural donde se construirá el estribo No.6 del puente “Calderón, lado Ixtapan de la Sal, al fondo donde se ve la vegetación espesa, es ahí donde se atacará con las actividades de obra para el desplante del puente mencionado, ya que su profundidad es de casi 120 mts. Su relieve de la barranca es casi a plomo, un lugar donde no se puede bajar ni a pie se tuvieron que hacerse escaleras marinas con varilla de ¾” de pulgada para poder bajar al fondo del río, también se ve en la parte superficial las bodegas para materiales y equipos, ahí se hace el patio de habilitado de acero, de cimbras y patio de maniobras del equipo pesado, donde se concentrara toda la maquinaria a utilizar en esta obra de gran volumen e impacto.



FOTOGRAFIA No 7 Residente de obra Raúl Gerardo Cerón Estrada Viaducto “CALDERON” Ixtapan de la Sal, Edo. de México Autopista Toluca Ixtapan de la Sal Km. 2+825

En esta fotografía se muestra la excavación del estribo No.1 , donde hace su función el ingeniero residente supervisando el tipo de terreno, verificando si a esa profundidad es suficiente para la resistencia que se requiere para su desplante del estribo, así como la visita ocular para determinar el nivel promedio de excavación para aplicar el colado de plantilla y posteriormente hacer el desplante de zapata conforme se pide en proyecto, sin faltar la revisión del nivel de desplante que marca en plano de proyecto.



FOTOGRAFIA No. 8 verificando nivel de excavación en desplante pilas y estribos con equipo de topografía.

Al igual que en la fotografía anterior se verifica el nivel de excavación, aclarando que si se ha llegado al nivel de desplante y no es el adecuado para que garantice su resistencia de suelo, se hace bitácora de campo y se llevan a cabo las actividades necesarias en caso de que se tenga que excavar más y poder dar la resistencia necesaria del terreno, no pasando por alto la supervisión técnica de mecánica de suelos para hacer las sugerencias necesarias e implementarse en el procedimiento constructivo.



FOTOGRAFIA No 9.- Excavaciones en el desplante de pilas y estribos, verificando los centros de eje longitudinal y transversal del desplante de excavación.

En estos elementos como las zapatas de pilas se usaron varillas de 1 ¼", 1 ½" y de ½" de diámetro, sus características de estas son semejantes, el colado del concreto se hizo con bomba colocada en la parte alta de esta barranca. Esta descripción se muestra en fotografía No.10



Fotografía No.10.- Desplante y armado de zapatas en pilas.

Las dimensiones del estribo No. 6 son:

De 6.00 metros de largo su dentellen por 2.00 metros de altura y 7.00 metros aproximadamente de ancho y su desplante de cimentación es de 20.00 metros de largo paralelo al eje de carretera, 9.62 metros de altura y 7.00 metros aproximadamente de ancho, utilizando acero de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ", de $\frac{3}{4}$ " de 12 y de $1\frac{1}{4}$ " de pulgada. Sus dimensiones se muestran en la siguiente figura del estribo No. 6

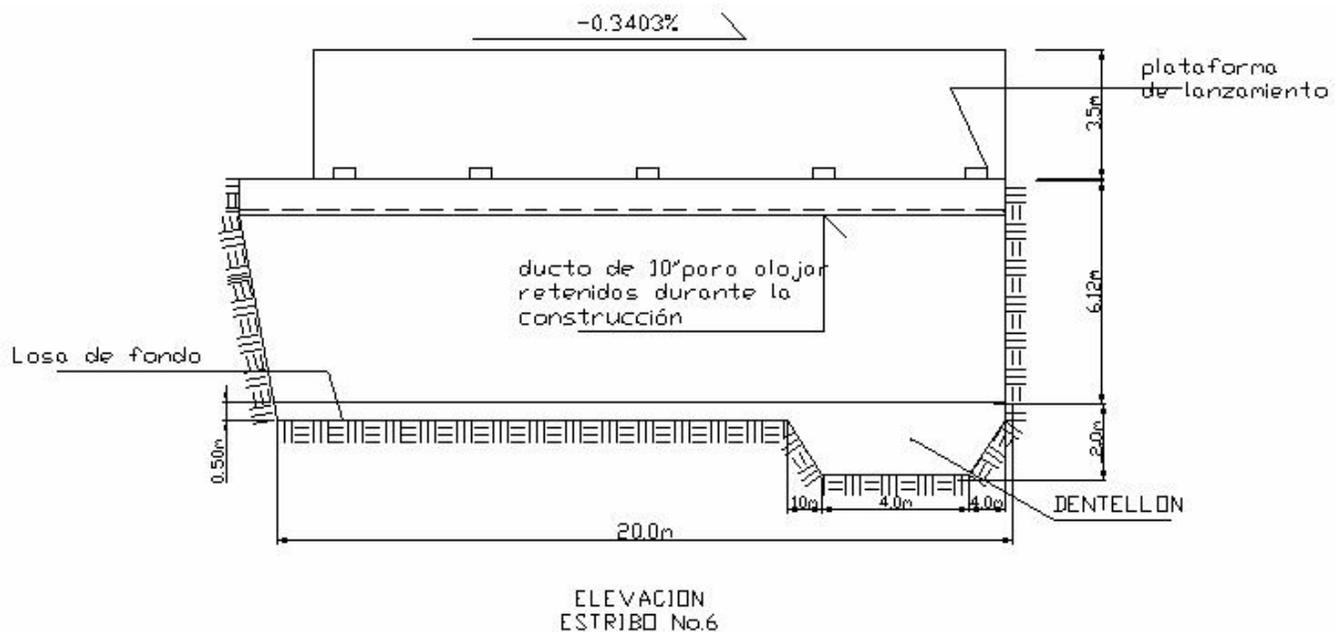


Figura geométrica del estribo No. 6

Dimensiones geométricas

Longitudinalmente.



IV.2.-SUBESTRUCTURAS

La subestructura proyecta 6 apoyos que son: Estribo No.1, pila No.2, pila No. 3, pila No. 4, pila No.5 y Estribo No.6, mismos que soportan y elevan a la superestructura. Se desplantaron desde la base que son los armados de zapatas o sea desde ahí quedan afianzadas las piezas de acero para empezar a formar el cuerpo de pilas, todas estas piezas son aceros que van verticales en los cuales se utilizan de diferentes diámetros como de $\frac{1}{2}$ " , 1", de $1\frac{1}{4}$ " , y de $1\frac{1}{2}$ " de diámetro, el acero de mayor diámetro es de $1\frac{1}{2}$ " el cual va en las esquinas del armado del cuerpo de pilas para asegurar su rigidez del cuerpo, los demás aceros se utilizan intermedios y el acero de $\frac{1}{2}$ " se usa para vestir el cuerpo de pilas con estribos de 30 centímetros colocados en forma horizontal @.30cm. Estos armados que se mencionaron son los que forman parte en el cuerpo de pilas del muro de concreto armado, también se hace mención que su forma geométrica de las pilas es de sección variable y tiene un espesor del muro 40 centímetros de concreto armado. Se uso cimbra deslizante de madera triplay de 16 milímetros de espesor, de 2.44 metros de largo por 1.22 metros, está cimbra se llama tablero del cual cada vez que se coloque se le denomina "trepado" la cual se va colocando por dentro y por fuera del acero para formar el muro de pila, los bancos de apoyo y topes antisísmicos se muestran en el plano 14detalle 3 y 4 de acero de refuerzo, el mismo plano muestra el tubo de pvc de 10cm. de diámetro para las retenidas provisionales, la madera se sujeta con piezas especiales de acero de $\frac{5}{16}$ " llamado "moño" y alambroón de $\frac{1}{4}$ " , el colado del concreto se llevo acabo con con olla de tractocamión y bomba, estas pilas son huecas en su interior como se muestra en la fotografía No.11



Fotografía No.11 Habilitado de cimbras para pilas.

Dentro de la construcción de las pilas y especialmente cuando se proyectan alturas.

Considerables, se utilizó un sistema de cimbra deslizante la cual se van deslizando conforme se va avanzando la altura de los colados.



CANTIDADES DE OBRA EN LAS PILAS

CONCEPTO	PILA 2			PILA 3		
	MEDIDAS M.	CONCRETO M3	ACERO. TN.	MEDIDAS M	CONCRETO M3	ACERO TN.
ZAPATA	14 X 7 X 3	294.00	26.87	17 X 11 X 3	561.00	50.81
CPO. DE PILA	34.74	297.00	44.037	116.59	1248.40	249.214

CANTIDADES DE OBRA EN LAS PILAS

CONCEPTO	PILA 4			PILA 5		
	MEDIDAS M.	CONCRETO M3	ACERO. TN.	MEDIDAS M	CONCRETO M3	ACERO TN.
ZAPATA	17 X 7 X 3	561.00	50.81	14 X 7 X 3	294.00	26.872
CPO. DE PILA	111.34	1194.50	238.389	41.17	354.00	52.269



CANTIDADES DE OBRAS EN ESTRIBOS

CONCEPTO	ESTRIBO 1	ESTRIBO 6
CONCRETO M3.	100.30	733.00
ACERO TON.	8.42	40.80

CANTIDADES DE OBRA EN LOSA DE ACCESO

CONCEPTO	VOLUMEN
CONCRETO M3.	554.00
ACERO TON.	85.41

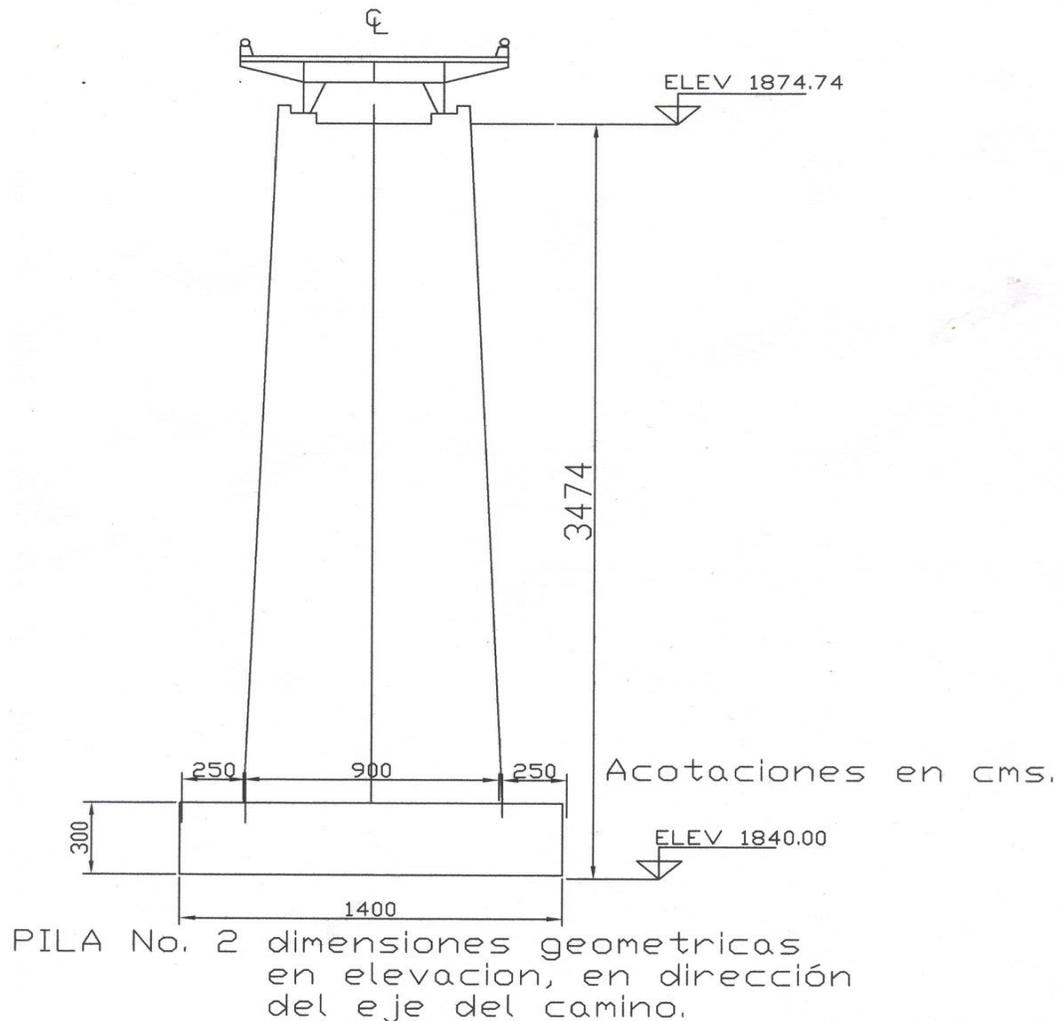
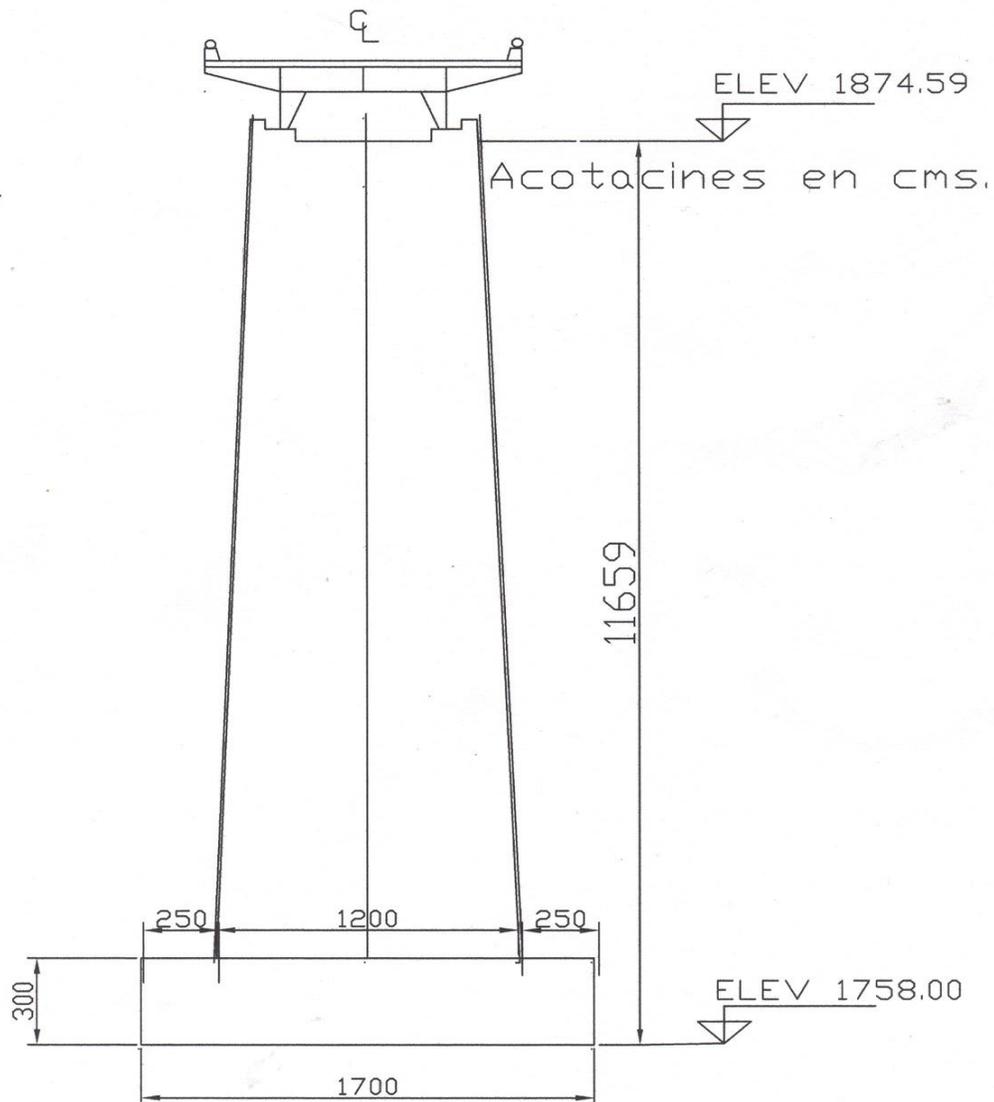


Figura de pila No.2 en elevación.

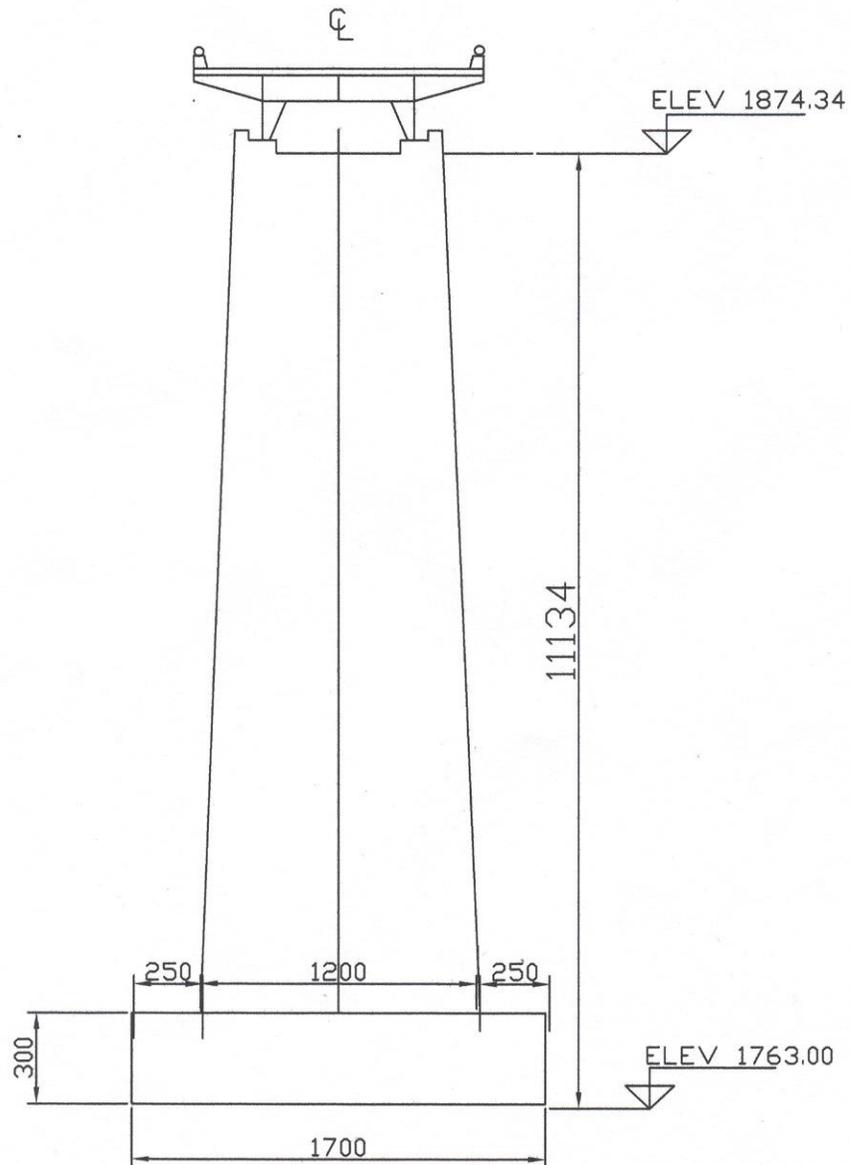
En esta figura de la pila No. 2 es semejante a la pila 5 en sus características la cual se desplanta en 9.00 metros y cierra en 7.00 metros en la cara del lado transversal de eje del camino ya que por cada metro de elevación se va reduciendo la pila 6.30 centímetros y la cara que está paralela al eje del camino se desplanta en 4.0 metros y cierra en 3.00 metros y por cada metro de elevación se va reduciendo la pila 3.15 centímetros. Como se muestra en la figura de pila 2 su sección en ambas direcciones es variable.



PILA No. 3 dimensiones geometricas en elevacion, en direcci3n del eje del camino.

Pila No. 3 en elevaci3n

En esta pila el lado transversal del camino se desplanta en 12.00m y cierra en 7.00m y el lado lateral del camino se desplanta en 6.00m y cierra en 3.00m, por cada metro de altura va cerrando 4.28cm. 2.57cm. Respectivamente. De secci3n variable ambos lados.



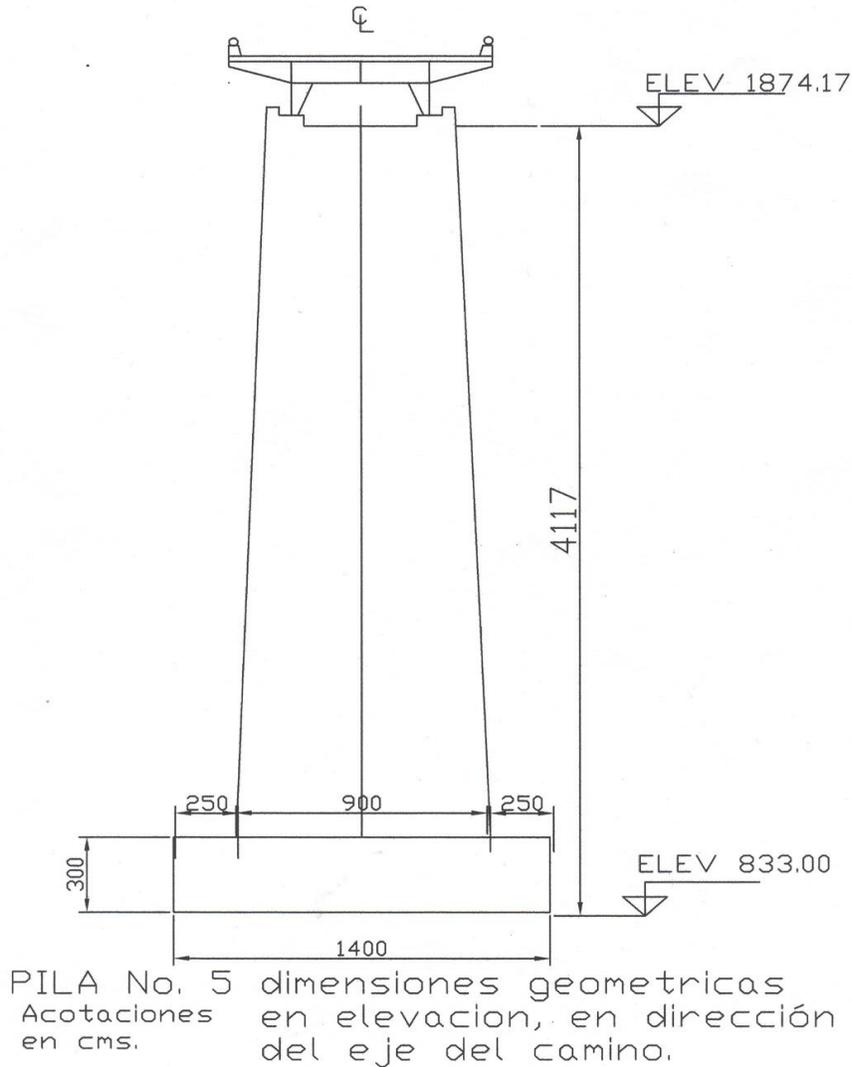
PILA No. 4 dimensiones geometricas en elevacion, en direcci3n del eje del camino. Acotaciones en cms.

Pila No. 4 en elevaci3n

Esta pila se desplanta en 12 Mts. En el lado transversal al eje del camino y cierra en 7.00m y por el lado lateral del eje del camino se desplanta en 6.00m. Y



cierra en 3.00m. Por cada metro de altura va cerrando 4.49cms. y 2.69 Cm. Respectivamente. Es de sección variable ambos lados.



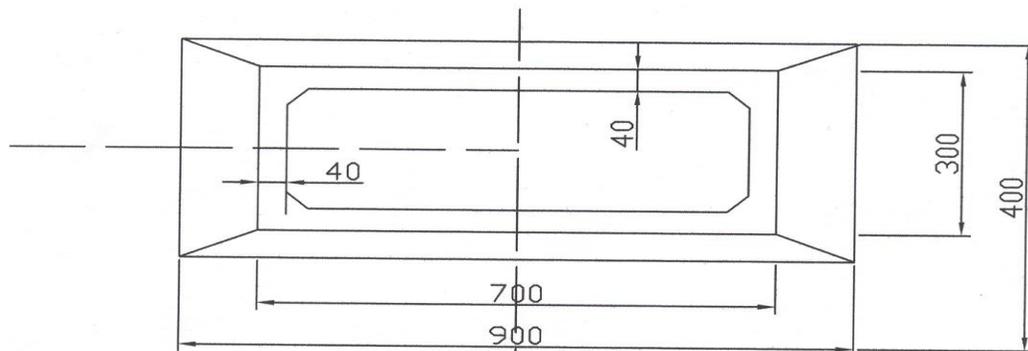
Pila No.5 en elevación

En esta pila No. 5 sus características son semejantes a las de la 2 la cual se desplanta en 9.00 metros y cierra en 7.00 metros en la cara transversal al eje del camino ya que por cada metro de elevación se va reduciendo la pila 5.23 centímetros y la cara del lado paralelo al eje del camino se desplanta en 4.00 metros y cierra en 3.00 y por cada metro de elevación la pila va reduciendo 2.62



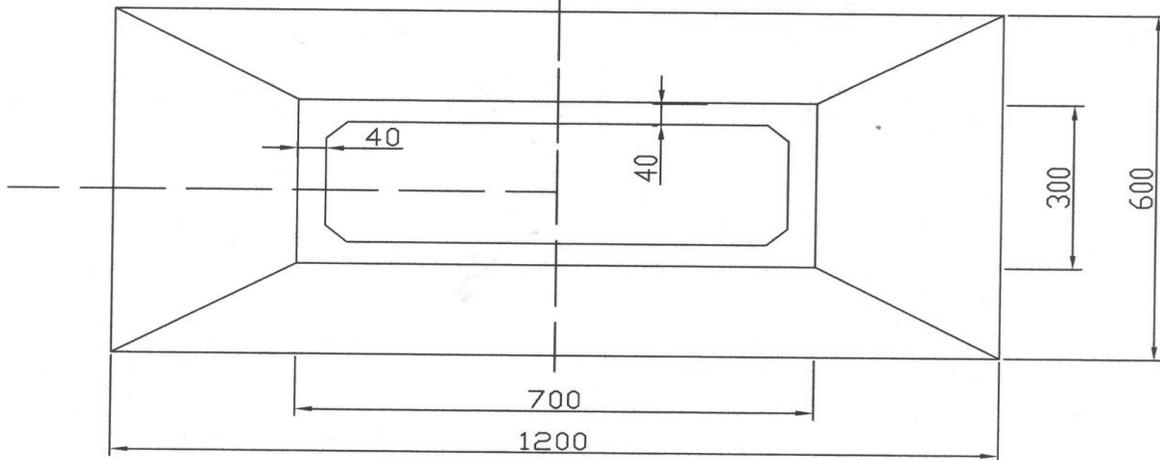
centímetros hasta llegar a la corona de la misma. Es de sección variable ambos lados.

DIMENSIONES GEOMETRICAS DE LAS PILAS EN PLANTA LAS MEDIDAS DE PILA 2 Y 5 SON IGUALES Y LAS MEDIDAS DE PILAS 3 Y 4 IGUALES



SECCION DE PILAS 2 Y 5

C CAMINO



SECCION DE PILAS 3 Y 4

Figura de sección geométrica de pilas 2, 3, 4 y 5. La 4 es semejante con la 3 y la 5 es semejante con la 2. En estas figuras se aprecia el desplante y el cierre en la corona de ellas. Sus acotaciones son en centímetros.

En esta fotografía se muestran las retenidas de cables de acero las cuáles entran en una camisa de dictó en paquetes de 6 cables de $\frac{3}{4}$ " cada uno, estos cables de tensión sirven para absorber los esfuerzos de tensión de la estructura de acero, al tensar los cables con gatos especiales la estructura queda flechada y estos cables al quedar completamente tensados se acuñan en el extremo del otro estribo, así se muestran en la fotografía No.12



FOTOGRAFIA No. 12 Retenidas de cables de acero de $\frac{3}{4}$ " Tensados a la estructura

Las pilas que se han mencionado, se muestran los cuerpos desde el desplante hasta el enrase de la corona en los cuales se aprecian los tramos de colados y cada tramo de ellos se le llama “trepados”, estos trepados se componen de hojas de triplay de 16 mm de espesor, de 2.44 por 1.22mts de ancho también se aprecian los bancos de apoyo que se ven en la parte superior de las pilas, así como también se ven los topes antisísmicos localizados en la parte superior lateral de las pilas los cuales sirven de seguridad en caso de sismos, en la fotografía No.13



Fotografía No. 13 Cuerpo de pilas del viaducto “calderón”



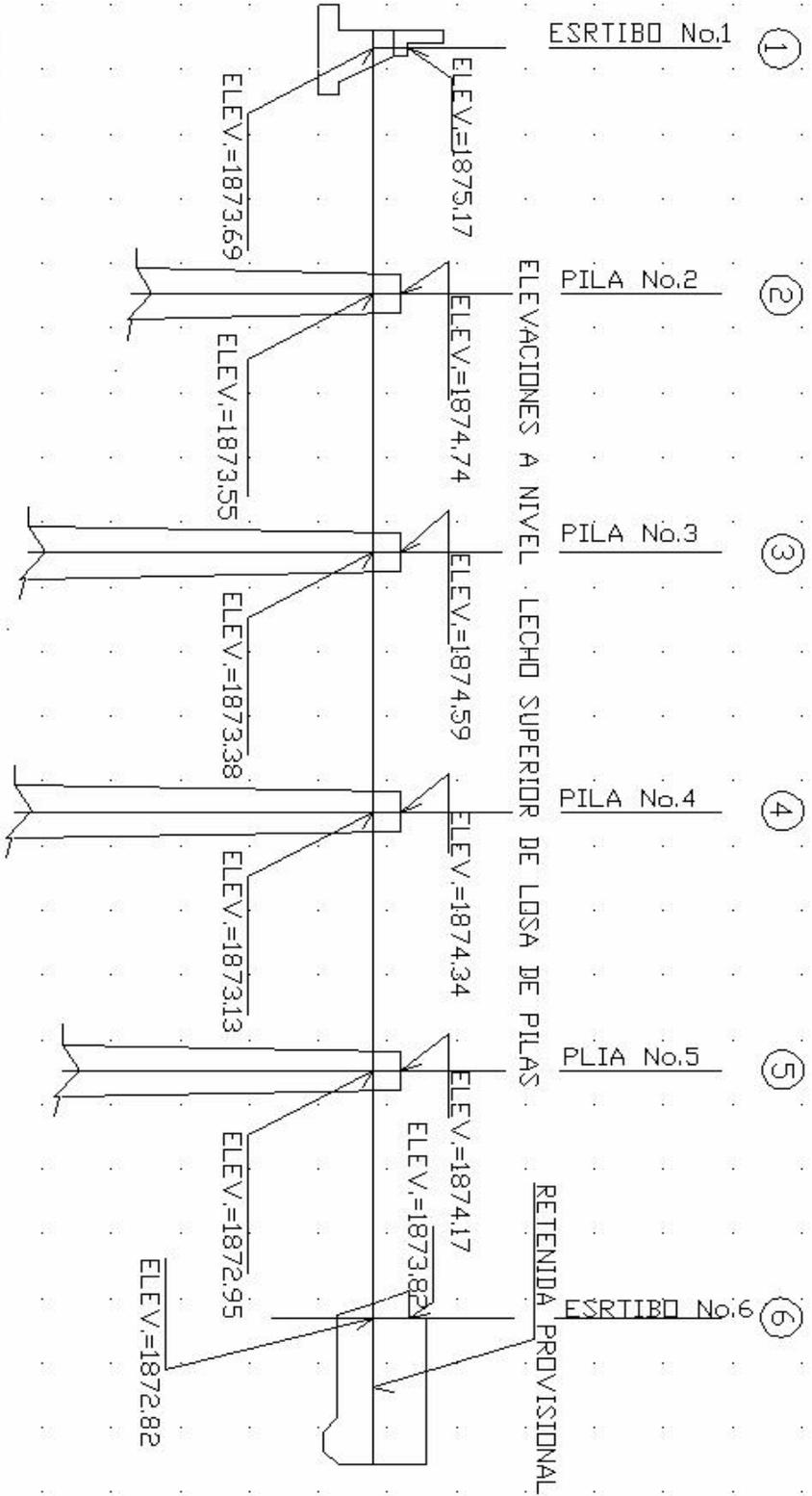
IV.2.1.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA SUBESTRUCTURA

El procedimiento de construcción de estos elementos mencionados fueron actividades muy variadas y muy complejas debido a que la topografía del terreno es muy accidentada, posteriormente se usaron las grúas estacionarias llamadas “grúa potain” y grúa “pingon” las cuales se montaron del lado sur y norte del puente respectivamente para poder mover, bajar y subir tanto herramienta menor como materiales como cemento, arena, alambrón, alambre etc. utilizados en las pilas de la obra en pleno desarrollo ya que estas grúas se operaron con generadores de energía eléctrica con corriente y de alto voltaje 220 volts. Esta energía se produjo de generadores de combustión diesel y también de ahí mismo se sacaba corriente para alumbrado, para maniobras de obra en turnos de noche tanto en los habilitados como los colados de las pilas y estribos del puente, al llegar a la corona de las pilas se hicieron los bancos de apoyo para soportar a la superestructura. Primeramente se reforzaron los bancos siendo estos hechos de concreto armado y sobre de ellos se implementaron bancos de apoyo metálicos llamados “Apoyo Tipo FX” Los cuales se aseguraron fijándolos con tornillos para hacer la función de deslizamiento de la estructura (empujado), después estos bancos son retirados con gatos para dejar los apoyos definitivos de neopreno sobre bancos de apoyo definitivos.



FOTOGRAFIA No. 14 Grúas con torres estacionarias en el viaducto “Calderón” para maniobras de materiales y equipos.

"VIADUCTO CALDERON"



NOTA.- EL CROQUIS INDICA EL NIVEL DE RETENIDAS Y NIVEL DE LECHO SUPERIOR DE LOSA DE PILAS.



Croquis de niveles de retenidas y lecho superior losa de pilas

Conceptos realizados en la subestructura del puente

1.-Habilitado y armado de acero.

2.-Habilitado y colocación de cimbra en cuerpo de pilas y estribos y colocación de retenidas o vientos para el soporte de cuerpo de acero en pilas.

3.- Supervisión de armado de acero y cimbra del cuerpo de pilas y estribos por parte del residente responsable de la obra así como también el apoyo de brigada de topografía la cual le toca dar el alineamiento y plomeo de cimbra en pilas y estribos.

4.-Cubicación del cuerpo de pilas para programar el concreto y hacer el pedido del volumen calculado necesario para hacer el pedido a la planta concretará.

IV.3.- SUPERESTRUCTURA

Se eligió estructura de acero por ser un puente con grandes claros ya que por la experiencia de proyectistas con trayectoria es más conveniente porque la estructura garantiza más resistencia y a la vez es más ligera, la cual nos garantiza una resistencia de 12mil gk/cm², ya que la estructura de concreto armado es más pesada y garantiza menos resistencia. En este elemento es hecho a base de acero estructural el cual consta de 22 dovelas y garantiza su seguridad de carga que soportara de acuerdo a los cálculos realizados en proyecto. Estas dovelas tienen las siguientes características. Las vigas centrales tienen un espesor de 2" y las mensulas o cantiliver tienen un espesor de ¾" de pulgada las cuales se van armando en el sitio o patio de maniobra de la obra, al ser armadas estas piezas con soldadura especial y la aplicación de esta es

realizada por operarios especiales en al materia, ya una vez estando listas se van colocando con grúa de tránsitos en el riel de base de deslice y así se inicia el empujado estructural de estas dovelas, dicho empujado consta del siguiente equipo: una bomba pupitre, un embolo que hace el empujado, cada vez que se empujan las dovelas se hace un avance de 25 centímetros, esta bomba pupitre se mueve con energía eléctrica producida por un generador de luz del cual se utiliza corriente de 440 volts, también se utiliza aceite hidráulico para los gatos de la bomba pupitre, también los bancos de apoyo que se construyeron sobre la parte superior de las pilas, además se hace uso de los apoyos de placa, su nombre especifico es apoyo tipo FX del plano 18c Apoyo de superestructuras, estos apoyos son de placa de acero los cuales se colocan sobre los bancos de apoyo provisionalmente pero asegurados para que sobre de ellos se realice el empujado de dovelas y sobre de ellos las (almohadillas de neopreno) en los cuales se les aplica shampoo para que con la viscosidad de este ingrediente sea más fácil su deslizamiento de estas piezas tan pesadas. Para mejor interpretación se muestra la fotografía No 15.



FOTOGRAFIA No.15 Bomba pupitre



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA

1.- Se empuja la sección metálica completa incluida su nariz de empujado con un máximo de 4 montenes junto a cada viga principal para servir de andadores en el sentido Longitudinal.

2.- Al término del empujado se procederá simultáneamente a efectuar las siguientes actividades:

- a) Liberar la nariz de empujado
- b) Colar las partes adicionales en estribos
- c) Colocar la totalidad de los montenes
- d) Colocar la totalidad del acero de refuerzo de la losa.
- e) Sustituir los apoyos provisionales por los definitivos.

3.- Posteriormente se tensaran los cables de amarre de la superestructura con el estribo número 6.

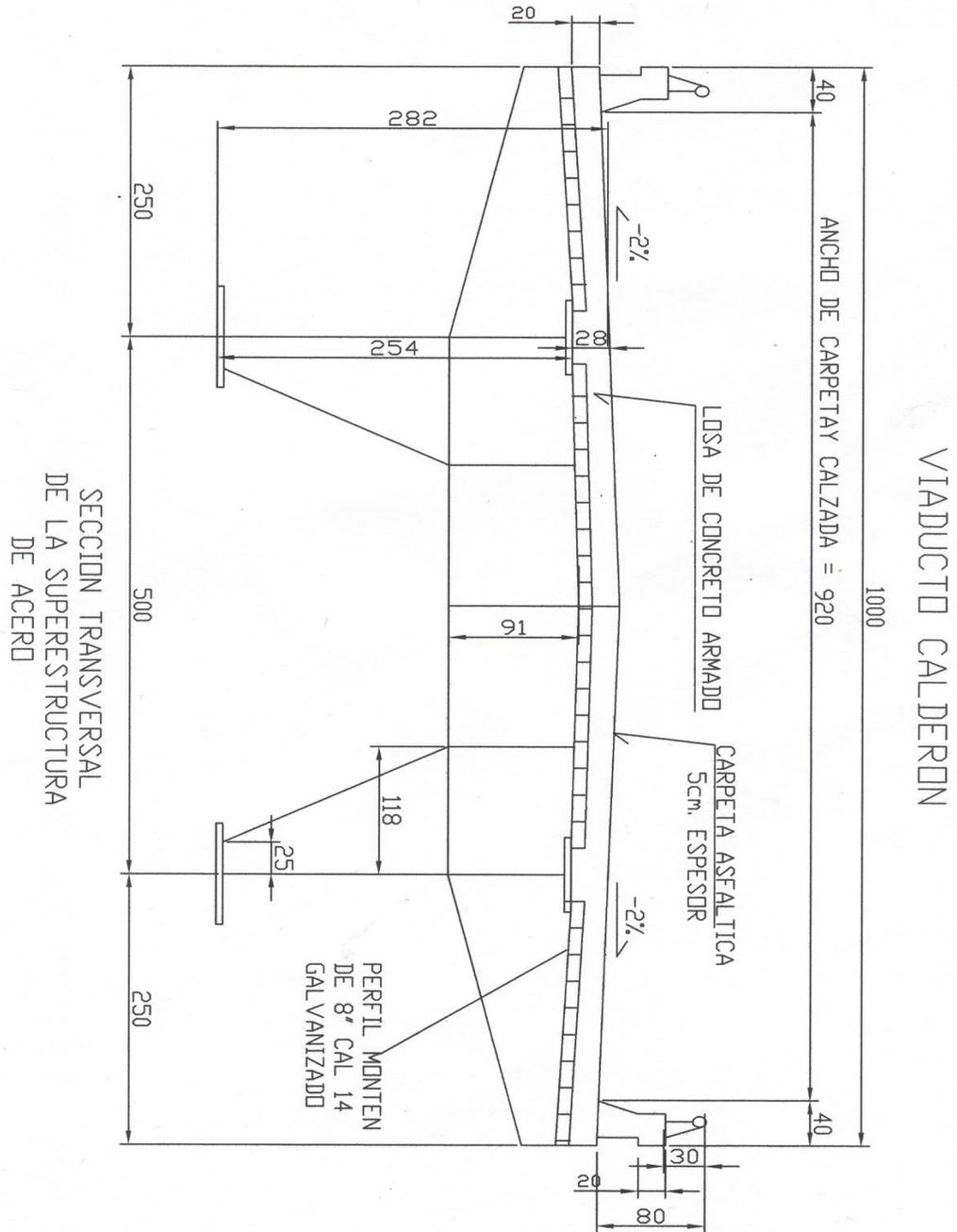
4.- Colar la losa según las fases indicadas.

5.- Colar guarniciones dejando reservaciones necesarias para colocar posteriormente pilastras metálicas de parapeto.

6.- Colocar la carpeta asfáltica cuando la resistencia del último colado de concreto tenga por lo menos del 75% del $f'c$, es decir una resistencia de 225 Kg./cm².

7.- Colar el parapeto debidamente nivelado.

NOTA.- LAS REACCIONES Y FUERZAS DE IZAJE ESTAN DADAS PARA TODA LA ESTRUCTURA.



En esta figura se ve a detalle las medidas geométricas (acotaciones en centímetros), de los elementos de las dovelas de acero para formar la estructura del puente. Donde influyo la experiencia de la empresa FREYSSINET en este tipo de estructura metálica del puente en las siguientes actividades: soldadura de



piezas metálicas, colocación, montaje, pruebas de radiografías en soldadura y empuje de dovelas.

PROGRAMA DE OBRA (GRAFICO)
PUENTE "CALDERON"
AÑO 1994

CONCEPTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1) INGENIERIA	■				
2) SUMINISTRO Y COLOCACION DE EQUIPO		■			
3) EMPUJADO DE DOVELAS			■		
4) COLOCACION DE APOYOS DEFINITIVOS				■	
5) COLOCACION DE JUNTA DESLIZANTE					■

NOTA: Este es el calendario de la obra para colocación de estructuras del puente como orden de trabajo.



PROGRAMA DE OBRA (GRÁFICO)
OBRA: PUENTE METÁLICO “VIADUCTO CALDERON”

AÑO 1994																		
No.	CONCEPTOS	ELEMENTOS	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	INGENIERIA	44 T-P	■	■	■													
		67. TS	■	■	■													
2	SUMINISTRO DE MATERIALES	44 T-P			■	■	■											
		67 T.S			■	■	■											
3	FABRICACION	44 T-P			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		67 T.S			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	TRANSPORTE	44 T-P					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
		67 T.S					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
5	ARMADO DE DOVELAS Y UNION A ESTRUCTURAS DEL PUENTE	22 D							■	■	■	■	■	■	■			
6	COLOCACION MONTEN GALVANIZADO	22 D									■	■	■	■	■	■		

En esta grafica se muestra el calendario de los conceptos para empujado de dovelas.



RESUMEN

T.P. TRABE PRINCIPAL	44 TRABES PRINCIPALES
T.S. TRABE SECUNDARIA (TRABE DEL PUENTE)	67 TRABES SECUNDARIAS
D. DOVELA	22 DOVELAS

Al ir avanzando la estructura se va viendo que por la punta de ella lleva una pieza reforzada pero de aleaciones muy ligeras que esta endosada a la estructura principal que son las vigas, la cual se le denomina nariz ya que sin el tramo de ella las estructuras sufrirían un colapso el cual es fatal para seguridad del personal y para su construcción. Se utiliza esta pieza porque se tienen grandes claros entre pilas y estribos, por ejemplo del estribo 1 a pila 2 es un claro de 40 metros, de pila 2 a pila 3 un claro de 52 metros, de pila 3 a pila 4 un claro de 72 metros de pila 4 a pila 5 un claro de 52 metros y de pila 5 a estribo 6 un claro de 40 metros. Esta pieza llamada nariz de color verde se muestra en la fotografía No.16 con el logotipo de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes **SCT** y de la Constructora Triturados Basálticos **TRIBASA**.



FOTOGRAFIA No. 16 Nariz de la estructura en estribo 5



FOTOGRAFIA No.17 Aquí se muestra el diafragma en la parte inferior de la estructura de acero, la cual muestra el refuerzo de la estructura en todo lo largo del puente

Croquis del perfil Viaducto “Calderón” con medidas de proyecto

Una vez que se ha concluido la maniobra del empujado de las dovelas que forman la estructura principal de carga para formar la posteriormente la losa de acceso se demuelen las bases de apoyo para posteriormente terminar el estribo 6 el cual fue el que sirvió de apoyo en el empujado de las estructuras. Esta demolición se muestra en la fotografía No.18



FOTOGRAFIA No.18 Demolición de bases del empujado de estructuras para posteriormente terminar la construcción del estribo 6



FOTOGRAFIA No.19 Se observa como se habilita y se coloca el monten de 20 por 7 cm. calibre 16 galvanizado sobre estructura del puente. Los conectores vienen integrados en dovelas



FOTOGRAFIA No. 20 Se aprecia el monte ya colocado y soldado listo para colocar el acero de la losa de acceso.



FOTOGRAFIA No.21 Empezando a colocar el acero de losa de acceso. El ancho de calzada es de 9.20 metros.



FOTOGRAFIA No.22 Armado de acero de $\frac{1}{2}$ " doble emparrillado @ 20 CMS. ambas direcciones, en losa de acceso de 20 cm. de espesor con recubrimiento del acero de 3cm. Aquí se muestran los conectores en las vigas principales y secundarias, sus medidas son de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y 20 cms. de longitud.



FOTOGRAFIA No.23 Armado de losa, guarnición, y colocación de espárragos de $\frac{3}{4}$ " como preparación de bases de parapetos en puente Calderón.



FOTOGRAFIA No.24 colado de losa de acceso concreto resistencia $f^c=350\text{kg/cm}^2$ en el puente Calderón. Se coló en tramos de 18 y 24 metros alternando hasta terminar.



FOTTOGRAFIA No. 25 En este claro se ven las pilas centrales, la 2 y la 3 con un claro aproximado de 52 metros de la 2 a la 3 y una altura en pila 2 de 34.74 metros y en la 3 una altura de 116.59 metros, prácticamente la más alta de todas las pilas del puente.



FOTOGRAFIA No.26 Se aprecian las pilas y el acceso del viaducto “Calderón” acabado.



FOTOGRAFIA No.27 Se observa la losa de acceso longitudinalmente del puente “Calderón”. Su acabado es carpeta asfáltica de la calzada es de 5 cm. de espesor sobre losa y ancho de calzada de 9.20 metros.



FOTOGRAFIA No. 28 Así es como queda en servicio la terminación de la autopista Toluca - Ixtapan de la Sal. Tramo la Finca Ixtapan Inaugurada siendo Presidente de la Republica el Lic. Ernesto Zedillo Ponce de León. (1995)



IV.3.1.- EQUIPO UTILIZADO DURANTE LA CONSTRUCCION

Se hace mención de todo el equipo necesario que realmente se utilizo desde su inicio de la obra hasta su terminación de obra y es el siguiente:

- 1 camión volteo
- 2 revolvedoras de 1 saco
- 1 cortadora de varillas
- 6 equipos de corte
- 1 planta de soldar
- 6 vibradores
- 3 camionetas pick up
- 2 camionetas estacas de 3 toneladas.
- 1 equipo de topografía
- 1 tractor caterpillar D 8 k
- 1 retroexcavadora caterpillar
- 1 grúa de neumáticos
- 1 grúa estacionaria
- 1 planta de luz

A Continuación se muestran algunas fotos de los equipos usados.



FOTOGRAFIA No. 29 Generador de luz y grúa de tránsito para maniobras.



FOTOGRAFIA No. 30. Retroexcavadora caterpillar haciendo corte en el acceso para abrir el faltante de camino, uniendo puente y carretera.

La maquinaria pesada se utilizó desde acceso de caminos, despalmó en las áreas a construir como en los estribos, así como retirar material de excavación en el desplante de las pilas, relleno en la cimentación de las zapatas de estribos y pilas para su protección.



FOTOGRAFIA No. 31 Caterpillar D 8-K despejando el área de construcción haciendo remoción de escombros.



FOTOGRAFIA No.32 Grúa pingon estacionaria haciendo maniobras con material usado en la obra.



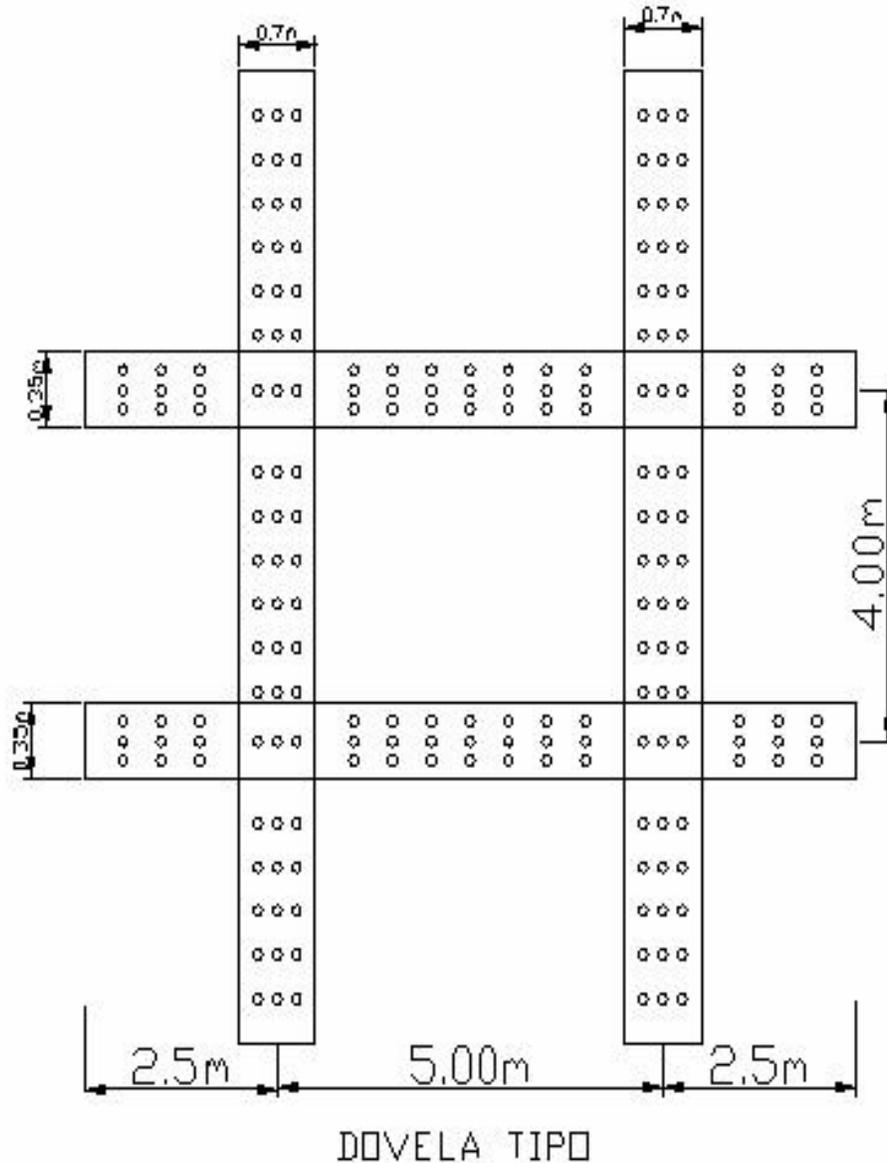
FOTOGRAFIA 33. Equipo de bombeo suministrando concreto. Este equipo es una bomba de diesel en la cual se suministra el concreto a su tolva usando tubería metálica de 6" de diámetro.

IV.3.2.- IZADO Y COLOCACION DEL EQUIPO

Aquí se muestra en la forma en que se levantan las piezas de dovelas con una de las grúas de neumáticos, las cuales tienen la capacidad suficiente para levantar los tramos ya habilitados y que constan aproximadamente de 11.60 metros de largo, de esta manera se va formando las estructuras del puente, se muestra en la fotografía No. 34



FOTOGRAFIA No.34 Izado y colocación de estructura con equipo de grúas de neumáticos.



Vista en planta de la dovela con dimensiones geométricas mostrando los conectores, tanto en las vigas principales, como de las vigas secundarias del acero estructural, los cuales tienen un diámetro de $\frac{3}{4}$ " y 20 cms.longitud.



FOTOGRAFIA No.35 Maniobra de dovelas con grúa Link-Bet de neumáticos, se aprecia la estructura en sus tres dimensiones, haciendo sus preparaciones de un tramo de dovelas en los bancos que se muestran como apoyo provisional dentro del eje del camino, para posteriormente hacer el empujado.

En esta fotografía se aprecia la forma en que se hace el empujado de las estructuras las cuales son piezas muy pesadas, y como se ve el equipo de empujado llamada “bomba pupitre” con la cual se hace todo el trabajo de la estructura del viaducto Calderón y como ya se explicado trabaja con corriente de 440 volts con aceite hidráulico y aire ya que con estos energéticos funciona la bomba mencionada, foto 36.



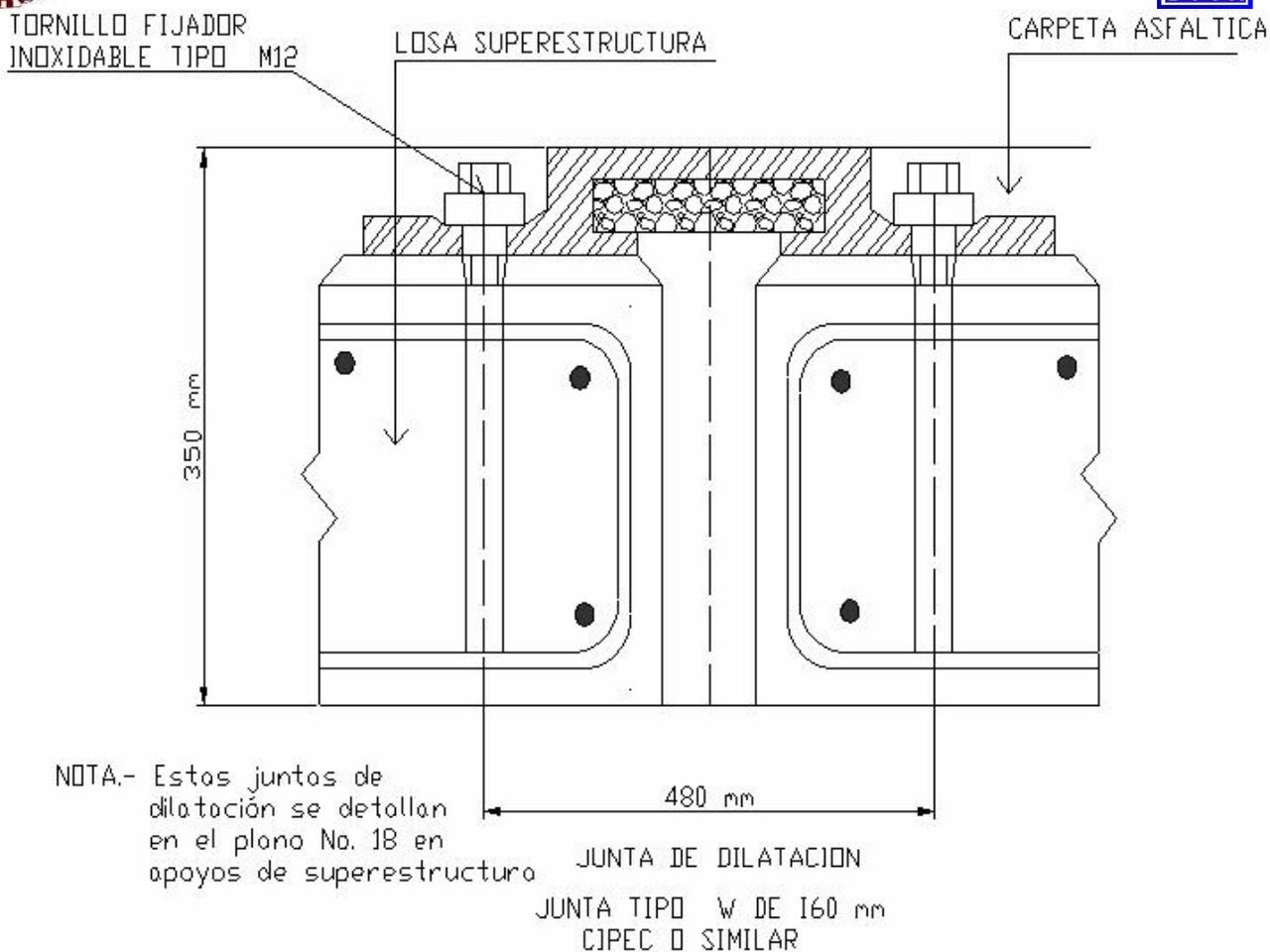
FOTOGRAFIA No.36 Bomba pupitre utilizada en el empujado de las estructuras del viaducto “Calderón”, haciendo uso de energía eléctrica de 440 volts; también



se hace uso de gato hidráulico integrado a la misma, funcionando este con aire y aceite hidráulico.

IV.4.- JUNTAS DE DILATACION

Estas juntas de dilatación se utilizaron en donde termina la carpeta asfáltica y donde inicia la losa de superestructura del puente o viaducto “Calderón” en ambos extremos del puente. Estas piezas están hechas con resistencia adecuada de gran durabilidad, es un material ligero pero resistente, sus características, es una aleación de aluminio y duriron,(duraluminio), al ser colocadas las piezas se fijan con tornillos especiales llamados tornillos fijadores tipo M12 de acero inoxidable con los cuales se fijan las piezas denominadas juntas de dilatación tipo W CIPEC de 160 milímetros, estas piezas hacen la función de junta, exactamente entre la losa y el extremo del estribo 1 y estribo 6 del viaducto Calderón, esta se muestra a continuación en la figura .



IV.5.-TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

- 1.- Camino de acceso a la obra hasta llegar lo más próximo a los estribos y pilas.
- 2.-Escaleras provisionales de varillas y escalones provisionales en el talud de la barranca del puente.
- 3- Cruce de paso de agua para los terrenos que cruzo la carretera.
- 4.-Filtros de piedra braza alrededor de la cimentación de estribo1, pilas centrales como la 4, la, 3 y la 2 para evitar la erosión y derrumbe de material de relleno.
- 5.-Relleno en la cimentación de pilas para su protección.
- 6-- Canaletas para regar los terrenos que afecto sus canales de agua la Autopista.

7--Aplicación de concreto lanzado a los cortes y el relieve de la barranca para evitar derrumbes.

A continuación se muestran algunas de las tantas fotos de trabajos complementarios.



FOTOGRAFIA No.37 Excavación en patio de maniobra y preparación de bancos de apoyo para el empujado de dovelas en las estructuras para formar las trabes del puente.



FOTOGRAFIA No.38 Se muestra una de las actividades de trabajo complementario se coloca filtro de piedra braza y compactación con equipo manual en los cimientos de pilas y estribos.



V.- COSTO DE LA OBRA

V.1.- RELACION DE LOS CONCEPTOS

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN PROYECTO
ESTRIBO No. 1		
Excavación	m ³	845.00
Afine de excavación	m ³	10.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en Zapata	Kg	2253.00
Concreto fc=250kg/cm en cuerpo en Zapata	m ³	46.20
Hab. y colc. De acero de refuerzo en columnas de Estribo	Kg	2265.00
Concreto fc=250kg/cm en cuerpo en columnas de Estribo	m ³	10.30
Hab. y colc. De acero de refuerzo de Cabezal	m ³	3905.00
Concreto fc=250kg/cm en cuerpo en Cabezal	m ³	43.80
PILA No. 2		
Excavación	m ³	4048.00
Afine de excavación	m ³	20.00
Concreto fc=150 en plantilla	m ²	98.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en Zapata	Kg	26874.00
Concreto fc= 250 kg/cm en cuerpo en Zapata	m ³	294.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en cpo. De Pila	Kg	44037.00
Concreto fc=300kg/cm en cuerpo en cpo. De Pila	m ³	297.00
PILA No. 3		
Excavación	m ³	3130.00
Afine de excavación	m ³	40.00
Concreto fc=150 en plantilla	m ²	187.00



Hab. y colc. De acero de refuerzo en Zapata	Kg	50814.00
Concreto fc= 250 kg/cm en cuerpo en Zapata	m ³	516.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en cpo. De Pila	Kg	249214.00
Concreto fc=300kg/cm en cuerpo en cpo. De Pila	m ³	1248.40
PILA No.4		
Excavación	m ³	8160.00
Afine de excavación	m ³	40.00
Concreto fc=150 en plantilla	m ²	187.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en Zapata	Kg	50814.00
Concreto fc= 250 kg/cm en cuerpo en Zapata	m ³	561.00
Hab. y colc. De acero de refuerzo en cpo. De Pila	Kg	238389.00
Concreto fc=300kg/cm en cuerpo en cpo. De Pila	m ³	1149.50
PILA No.5		
Excavación	m ³	2750.00
Afine de excavación	m ³	20.00
Concreto fc=150 en plantilla	m ²	98.00
Hab. Y colc. De acero de refuerzo en Zapata	Kg	26872.00
Concreto fc= 250 kg/cm en cuerpo en Zapata	m ³	294.00
Hab. Y colc. De acero de refuerzo en cpo. De Pila	Kg	52269.00
Concreto fc=300kg/cm. en cuerpo en cpo. De Pila	m ³	354.00
ESTRIBO No.6		
Excavación	m ³	6200.00
Afine de excavación	m ³	40.00
Hab. Y coloc. De acero de refuerzo	Kg	40800.00
Concreto fc= 250 kg/cm en cuerpo	m ³	733.00
II. SUPERESTRUCTURA		
Habilitado y empuje dovelas	ml	256.00
Acero de refuerzo en losa de acceso	kg	85412.00
Concreto f`c=350kg/cm2 en losa de acceso.	m ³	554.00





V.3.-PLANOS DE PROYECTO

Los planos de proyecto se mencionan en el siguiente orden:

PLANO 1.- ZAPATA DE PILA 3

En este plano nos especifica el acero en el dado de la zapata, dimensiones geométricas de la misma, parrilla inferior parrillas laterales, parrilla superior, listado de varillas y especificaciones de S. C.T.

PLANO 2.- PILA 3 REFUERZO

En este plano muestra el listado de varillas en cuerpo de pilas, ancho de muro de las pilas, especificaciones generales de S.C.T.

PLANO 3.- CABALLETE No1 DIMENSIONES Y REFUERZOS

En este plano se muestran las medidas geométricas del estribo, desde su desplante de zapata, columna cabezal, diafragma hasta los bancos de apoyo tanto de acero de refuerzo como de concreto con detalles y listado de varillas.

PLANO 4.- PILA 3 REFUERZO

En este plano se muestra el cuerpo y cierre de pilas, detalles de bancos de apoyo, acero en topes antisísmicos, especificaciones de S.C.T.

PLANO 5.- APÓYOS DE SUPERESTRUCTURA

En este plano muestra el corte transversal de estructura de dovelas, tornillos de fijación para bancos de apoyo TIPO FX, junta TIPO W de 160 mm, dimensiones Geométricas de apoyos en el perfil del puente.



PLANO 6.- SUPERESTRUCTURA ETAPAS DE EMPUJADO

En este plano se muestran las etapas de empujado, diafragma de contra flechas, procedimiento constructivo del empujado y especificaciones.

PLANO 7.- DISTRIBUCION DE CONECTORES DE ¾" Y OBRA FALSA PARA COLADO DE LOSA DE CALZADA.

En este plano se muestra con detalle la sección transversal de estructura de dovelas como los montenes de lámina galvanizada, los conectores de acero de ¾" diámetro y 82 de longitud que van integrados en las vigas del puente.

PLANO 8.- ACERO DE REFUERZO EN LOSA DE CALZADA

Nos especifica el acero de losa de acceso, etapas de colado, parapetos, drenes de P.V.C. de 4" de diámetro, mencionando que se perfore el monten después de endurecido el concreto de losa para que sean funcionales los drenes colocados en la losa, así como también nos muestra la pendiente de losa del centro hacia los extremos indicando un porcentaje de el 2% en el puente.



VI.-ACTIVIDADES ADICIONALES

VI .I.- SUPERVISION Y ESPECIFICACIONES

SUPERVISION DE OBRA

Generalidades

No hay duda que toda obra encausada por el hombre debe ser redituable y tener beneficios para ser de utilidad en la sociedad.

La supervisión de obra es para vigilar y tener control de egresos definidos en la etapa de la planeación y construcción que garantice beneficios futuros.

Toda opinión llevada a cabo es una idea e intervendrán en forma genérica cliente, recurso de capital y recurso humano y que se tiene como objetivo satisfacer las necesidades de cada una, tales como:

Cliente.- Demandara de la empresa, un producto con el costo más bajo posible pero con calidad en tiempo y forma.

Recursos de capital.- Demandara de la empresa la más alta rentabilidad y la mayor seguridad de inversión.



Recurso humano.- Este demandara de la empresa la satisfacción de sus necesidades prioritarias de sus necesidades del medio ambiente y de sus necesidades superiores.

El equipo multidisciplinario que desarrolla un proyecto, tiene diferentes formas de integración. Como son: los equipos, cliente, financiero, proyectista, consultor legal contable, contador, supervisor y contratista; donde:

Cliente.- Se encarga de satisfacer una necesidad y comunicar al proyectista y al financiero.

Financiero.- Se ocupa de asesorar al cliente sobre la rentabilidad y la seguridad del proyecto que cubrirá la necesidad que el cliente solicite.

Proyectista.- Se encarga de interpretar lo que el cliente requiere, llevando a cabo las técnicas establecidas conforme a las limitaciones de los reglamentos que se rigen, para considerar un proyecto factible de construir desde el punto de vista económico, haciendo las modificaciones si es que son pertinentes para garantizar el objetivo que se pretende.

Consultor legal contable.- Una vez que se define el proyecto y aprobado por los elementos anteriores, el asesor legal se ocupara de el procedimiento legal para la ejecución de obra, así como también definir los aspectos contables que permitan el cumplimiento y la información necesaria para la evaluación del mismo.

Supervisor.- El supervisor representa los ojos técnicos del cliente y cuya misión será finalizar el proyecto en los parámetros definidos de costo, tiempo y calidad.



Contratista.- El ejecutor físico del proyecto, su misión es realizar sus actividades de obra cumpliendo sus compromisos con terceros, con su personal y con accionistas en los términos de costo, tiempo y calidad acordados.

La supervisión en la ejecución de un proyecto:

La supervisión, deberá iniciarse desde la planeación del proyecto y su integración, a través de su primera evaluación económica del ante proyecto, para afinar los puntos más relevantes.

Es importante la supervisión para lograr bases y mencionar algunos puntos importantes como son:

Supervisión policial.- Este tipo de supervisión es la menos deseable, ya que su misión es detectar fallas de todas las partes y aplicar sanciones a quien sea responsable de algún ilícito, ya que los enemigos se enfrentan siempre para perjudicar el desarrollo de la obra.

En base a los defectos mencionados, la supervisión debería definirse como:

Supervisión integrada.- Siendo este tipo de supervisión donde el proyectista, la contratista y la supervisión trabajan en equipo buscando la conclusión de la obra en los términos definidos en la planeación de la misma.

El óptimo aprovechamiento de todos los recursos de las partes involucradas permitirá obtener los objetivos del proyecto. La obra ideal será aquella que logre en forma adecuada Los objetivos de tiempo, costo y calidad.



Cuando algunos de los objetivos mencionados se aumentan o disminuye en forma sustancial, los restantes se verán afectados en igual o mayor medida. No obstante lo anterior, pese al desequilibrio provocado, toda obra tiene una prioridad, éste puede ser:

Tiempo.- En proyectos donde es imprevisto no detener la producción y en beneficio del elemento tiempo, se tendrá que incrementar el costo y en ocasiones reducir la calidad, siendo recomendable hacerlo en una medida prevista con anterioridad.

Calidad.- En todo proyecto la calidad es esencial en los parámetros determinados en las especificaciones oficiales, pero en ocasiones es necesario el incremento en las normas de calidad, donde el costo y tiempo de construcción se verán incrementados, siendo recomendable hacerlo sobre parámetros definidos de antemano..

Costo.- Hablando del costo el cual adquiere su máxima prioridad, cuando el proyecto es muy limitado por los recursos financieros: para que no afecte su calidad en forma sustancial, se recomienda optimizar el uso de los materiales, como: usando materiales de calidad pero buscando la forma de abaratar costos en ellos y que además estos sean de calidad y cumplan con las especificaciones, que el proyecto marque, además reducir lo mas que se pueda el tiempo de construcción.

Responsabilidad del supervisor:

El supervisor es representante del propietario del proyecto en el lugar de la obra, es responsable de vigilar que el trabajo se realice al tenor de los planos y conforme a las especificaciones asentadas en los mismos y que además estas



especificaciones estén asentadas también en bitácoras de campo. Sin embargo al supervisor no le da derecho de intervenir en las actividades del contratista o parar la obra sin justificación alguna.

EL supervisor tiene responsabilidades en la obra, se mencionan algunas de ellas:

1.-Debe estar documentado completamente con los planos y tener al día las especificaciones en las cuales el contratista debe acatar, revisar con frecuencia los planos para ver si se cumple lo que en ellos marca.

2.- Si en algunos de los materiales o actividades no cumplen con lo especificado, el supervisor tiene el deber de avisar al contratista, marcarle sus fallas y tomar nota en la bitácora.

Si en un momento dado el contratista no hace caso de las observaciones, el supervisor tiene la obligación de notificarlo al propietario del proyecto.

3.- El supervisor deberá ser la persona indicada en hacer labor para el avance de la obra y deberá familiarizarse con el programa de construcción y ver que el trabajo que el supervisa vaya acorde con el programa, ya que su terminación de obra marcada dentro del tiempo indicado es importante tanto para la constructora como para el propietario.

4.- Cuando el supervisor esta asignado a una actividad deberá vigilar el tiempo que esta dure y si en algún momento dicho supervisor tiene que alejarse de esta actividad deberá de dejar al frente otro supervisor para checar y tomar nota por si acaso surgen algunas irregularidades en el transcurso de lo que se realice, como el colado de zapatas, pilas etc.



5.- El supervisor debe de hacer un registro diario de lo acontecido durante el día de las actividades que lleve a cabo el contratista, de las instrucciones dadas a este y los acuerdos que con el se tengan. El supervisor debe tener en cuenta que en caso de cualquier reclamación o cargos se protegen o se avalan con lo registrado en la bitácora de campo.

6.- En el caso de pruebas o muestras en el sitio de la obra, estas deberán realizarse cuidadosamente. Las muestras deben manejarse y protegerse debidamente ya que las que no pasen las especificaciones se deben reportar de inmediato al propietario.

7.- Si en algunos casos no se lleva a cabo el trabajo encomendado conforme las especificaciones, se debe de reportar al propietario y proyectistas para que de inmediato tomen acuerdos y dar algunas sugerencias por si acaso se hacen modificaciones del proyecto y de esta manera poder hacer los cambios con autorización del propietario y del proyectista en caso que sea necesario.

8.- El supervisor deberá de recurrir a las oficinas a donde corresponde y reunirse para notificar, acordar, dialogar y sugerir con sus demás compañeros y sus superiores algunas dudas o propuestas en beneficio del desarrollo de la obra.

En base a lo mencionado en el punto anterior el supervisor le da confianza tomar decisiones en la obra cuando lo crea prudente sin esperar a que le autoricen sus superiores, ya que si toma decisiones con madurez es de gran beneficio para el avance de la obra a su cargo.

Autoridad del supervisor

Autoridad General



El supervisor se le delega cierta responsabilidad con el fin de que pueda llevar a cabo sus actividades en forma adecuada. Se entiende que por el compromiso del trabajo existen relaciones con el contratista de obra, ya que con el paso del tiempo se hacen indispensables tanto supervisor como contratista y siempre y cuando trabajen en común acuerdo ambos.

También se debe de entender que cuando el contratista llega fallar tiene la confianza de recurrir al supervisor y poner a juicio cuando el trabajo no se esta realizando adecuadamente.

Autoridad exclusiva

1.-El supervisor tiene toda la autoridad para poder aprobar los materiales usados en obra así como la calidad de mano de obra del personal calificado de acuerdo a su oficio.

2.- El supervisor no tiene autoridad para decidir en parar las actividades del contratista.

3.- De la misma manera el contratista no tiene autoridad de aprobar cambios en los requerimientos de obra según el contrato.

4.- También el contratista no puede dirigir por ningún motivo el trabajo del contratista.

5.- El contratista no tiene derecho de exigir trabajos que no estén estipulados dentro del contrato de obra que no marquen las especificaciones de los planos.

6.- Siempre que se den indicaciones de obra, el supervisor debe de darle instrucciones al contratista directamente no al sus trabajadores.



ESPECIFICACIONES DE OBRA

Como su nombre lo dice, la especificación es la norma que indica la forma en que habrá de llevar a cabo cierta actividad.

Las especificaciones que regirán son las que ha dado la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que provienen de las especificaciones de la AHSSTO. Son normas de procedencia Norteamericana en donde contiene los criterios aprobados y comprobados por expertos en el ramo de la construcción.

Los manuales de estas especificaciones abarcan varios libros con variedad de tomos en los diversos ramos de la construcción, como: Edificación, Pavimentos, Terracerías, Estructuras, Vías férreas Aeropuertos, Puertos, Proyectos Geométricos de Vías de terracerías, Pruebas de materiales con control de Laboratorio.

En la construcción del puente las normas utilizadas son las referentes a estructuras y obras de drenaje así como también normas para pruebas de materiales en laboratorio: con estas se tendrán en cuenta los requisitos que deberán cumplir los trabajos ejecutados en obra.

En la norma que se refiere a pruebas de materiales en laboratorio, indica la manera de comprobar que estos materiales empleados en obra si cumplen los requisitos indicados, en cuanto a resistencia calidad, homogeneidad y pureza, como ya se sabe estos materiales que provienen directamente de la naturaleza, son producto procesado, terminado o semi-procesado para que la obra sea concluida.



En lo referente a normas de estructuras y obras de drenaje indica la forma de ejecutar los trabajos que en los contratos marca; mas explícitamente daré como ejemplo en lo que se refiere a concreto hidráulico.

Las especificaciones tanto para el concreto como para los elementos que en el intervienen (cementos, agregados, agua, aditivos, etc.), se rigen por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, para después proceder a explicar que tipo de materiales pueden utilizarse y las características que deben tener.

En lo relativo a su ejecución de cómo debe de transportarse y almacenarse el cemento los agregados agua y aditivos.

Debe de determinarse quien elabora y proporciona el concreto, de que manera hacer la mezcla ya sea que se haga a mano, revolvedora de un saco o planta dosificadora también se debe de analizar como trasportarse el material del lugar, tomar las debidas precauciones considerando las inclemencias del tiempo, tiempos recomendados para descimbrar las estructuras, la manera en que debe de curarse el concreto después de su fraguado, la forma en que deberán tratarse las juntas de construcción, ver hasta cuando aplicar las cargas a los elementos recién colados, las precauciones que hay que tener para colar bajo el agua ya sea salada o dulce, también tomar en cuenta las características que debe tener la piedra para un concreto ciclópeo.

También se indica la manera de efectuar las mediciones y la base de pago, tanto para el concreto como para la cimbra y obra falsa, estos conceptos para el caso que se paguen por tabulador o como tomarlos en cuenta para armar el precio unitario por unidad de obra terminada, es decir, incluir todas las actividades necesarias para elaborar un metro cúbico de concreto.



Cabe mencionar que la aplicación de setas especificaciones viene dada desde el momento de la construcción, es decir, el contratista acepta construir la obra bajo las normas indicadas.

Hay proyectos ejecutivos que en ocasiones contienen especificaciones complementarias, que deben tomarse en cuenta, estas normas adicionales surgen a raíz de un proyecto que contenga conceptos fuera de las especificaciones por ser especial o provocado por las condiciones climatológicas prevalecientes en la región.

VI.2.- ASESORÍA DE TÉCNICA

Debido a su tipo de estructura del puente “Calderón” fue necesario que en el sitio de la obra se prefabricaran los elementos necesarios con el apoyo de accesoria técnica de un supervisor especialista en este tipo de obras: que auxiliara en las actividades que se mencionan:

- 1.-Revisar la compatibilidad de todos los planos de proyecto, así como los procedimientos de construcción y en base a ello se propondrán las modificaciones que sean prudentes para el mejor desarrollo del trabajo.
- 2.-En el caso de detallar partes de los planos se tiene que contar con la autorización del asesor técnico del proyecto.
- 3.- Analizar que la construcción se lleve a cabo conforme a los planos aprobados por parte de la S. C. T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) y Cotrem (comisión del Transporte del Estado de México) en caso de que surgieran problemas de construcción, propondrá soluciones y dar seguimiento ante la



Secretaría de Comunicaciones y la Comisión del Transporte del Estado de México.

4.-Se supervisara la fabricación de los elementos prefabricados: en la fabricación de dovelas se tendrá mucho cuidado con la soldadura de las mismas así como las radiografías que se les aplica en las uniones de las dovelas, tener cuidado en el montaje de estos elementos, tener el mejor cuidado para darle la pendiente de proyecto de estas dovelas.

5.- Se verificará sus posiciones de cada uno de los elementos precolados con el fin de cotejar en el patio de prefabricados su compatibilidad.

6.- Se supervisará el control de todos los tensados de cables de preesfuerzo, conforme a los datos de fuerza de tensado y sus deformaciones conforme indican los planos de proyecto.

7.- Se tendrá el cuidado de las fabricación de bancos de apoyo en la parte superior de las pilas en donde serán apoyadas la estructuras formadas a base de dovelas, además se tiene el mejor cuidado para que estos bancos de apoyo queden exactamente a la altura de proyecto indicada por proyecto.

8.-Se brindara la asesoría necesaria para la colocación de juntas de dilatación y los dispositivos de apoyo.

9.- Con las pruebas de laboratorio que realice la S.C.T en Coordinación con COTREM, se llevara a cabo el control de la ejecución y la calidad de todos los materiales que se utilicen en la obra.

10.- Se dará la asesoría técnica necesaria en las reuniones de trabajo que se realicen para contemplar y definir mejores opciones que se presenten para una mejor ejecución de los trabajos.

13.- Coordinara la elaboración de instructivo de mantenimiento normal y reparaciones en conjunto con la propuesta del proyectista, con las normas de la S.C.T y COTREM(Comisión del Transporte del estado de México).

14.- Se tendrá el cuidado adecuado en la ejecución de obras complementarias, como guarniciones, parapetos, carpeta asfáltica, tubos para drenes en la calzada, lavaderos, pintura y defensas de protección para el transito vehicular.



FOTO 39 PUENTE “CALDERON” Km. 2+825 Carretera Toluca - Ixtapan de la Sal. Aquí se muestran los complementos de la superestructura, guarniciones, parapetos el acabado del ancho y largo de calzada haciendo notar que el viaducto ya se encuentra en servicio para ambas direcciones Toluca – Ixtapan de la Sal Ixtapan de la Sal – Toluca.



VII. CONCLUSIONES

Indiscutiblemente los Puentes son obras de arte que han motivado la imaginación del hombre, uniendo ingenio, materiales de utilidad, y procedimientos de construcción con estética de la estructura. Así ocurrió con los grandes puentes, acueductos antiguos en diferentes partes del mundo, donde se usó la piedra en arcos y que dichas obras de siglos atrás aún perduran las cuales son un ejemplo admirable, porque en aquel entonces no había la tecnología de hoy y siguen siendo obras de gran valía; con la aparición del concreto hidráulico, el acero estructural, acero de refuerzo, acero de alta resistencia, y concreto preesforzado, se obtuvieron otras alternativas de soluciones eficaces y seguras, que aparentemente los puentes parecen estar suspendidos en el espacio: con los materiales y procedimientos avanzados en cálculo unidos a la capacidad con creatividad del mismo hombre se logra conjugar la belleza con la utilidad.

Con la creatividad del hombre antes y ahora es necesario motivar a los ingenieros para poder lograr diseños económicos, seguros, estéticos y que sean de gran utilidad.

Como se observó en los capítulos de atrás, el sistema de construcción que se utilizó en la fabricación de la superestructura del puente “Calderón” es parte de un proceso moderno que agiliza la obra y optimiza los recursos humanos y materiales, tomando en cuenta no solo la calidad de los trabajos sino que el trabajador haga sus actividades con menos esfuerzo físico.

El proceso constructivo de los puentes a base de vigas de acero estructural y dovelas da grandes ventajas por sus grandes claros en la parte más crítica de la barranca usando pilas coladas en sitio de concreto armado de



sección variable con sus bancos de apoyo y topes antisísmicos en la parte superior de ellas, podemos enumerar las ventajas.

1.-Optima calidad de los elementos sobre todo en la exactitud de la geometría, debido a que se elaboraron en un patio de prefabricado, haciendo cortes y soldadura del acero y habilitar las piezas tanto de vigas como de dovelas cuidando que se habilitaran con las medidas adecuadas así como tener el cuidado de la pendiente que se ha asignado a la superestructura respetando la de proyecto.

2.-Claros de gran magnitud con los cuales se disminuyen el numero de apoyos y consecuentemente el costo de la obra.

3.- Menor tiempo de construcción ya que simultáneamente se pueden construir las pilas principales y los elementos prefabricados de la superestructura reduciendo costos horario de maquinaria, mano de obra y renta de otros equipos que se usan como complemento en la construcción.

4.-Otra ventaja es la exactitud con que se pueden elaborar los programas de obra y presupuestos de las actividades, debido a la prefabricación de los elementos de las estructuras, así como la colocación del monten galvanizado el cual queda como cimbra definitiva bajo el colado de la losa de acceso para la calzada del viaducto, en cuanto al personal necesario para las actividades de ejecución de obra esta bien definido por los constructores, contar con los elementos necesarios de proyecto y considerar los tiempos perdidos que surgen por las inclemencias del la naturaleza como es la lluvia, exceso del sol, nieve, fríos, etc.



5.- Una gran ventaja es que el equipo utilizado en la construcción de este puente se usará en otros puentes con el fin de amortizar los costos de equipo y volver a darle utilidad.

En este puente se unen esfuerzos de experiencia y práctica adquirida de ingenieros orgullosamente mexicanos, con equipo más avanzado de tecnología Italiana para el desarrollo que se vive actualmente en México para lograr una estructura novedosa en caminos y que indudablemente será un esfuerzo de la Ingeniería Mexicana.

Concluyo este trabajo con la idea de que sea de gran utilidad para generaciones nuevas y con ello se logre la inquietud de llevar a la práctica diseños con métodos más avanzados ya que cada día con los avances en tecnología tanto en proyectos como en la ejecución de este tipo de obras son de gran impacto y sin duda los puentes son las estructuras más relevantes y admirables que un ingeniero puede realizar, e indudablemente poniendo todo su empeño y dedicación para poder concluir una obra tan grande y de gran duración. Aquí termina una etapa más de experiencia.



Anexos