

26

2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION
DEL PUENTE PAPAGAYO**

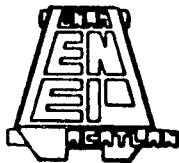
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

JOSE LUIS PERUSQUIA ALVAREZ



MEXICO, D. F.

FEBRERO 1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL PUENTE "PAPAGAYO"

I N D I C E :

INTRODUCCION		
I.-	ANTECEDENTES	1
II.-	GENERALIDADES	8
III.-	PROGRAMA DE OBRA	13
IV.-	SUBESTRUCTURA	16
	Zapata	
	Pilas	
	Estribos	
	Procedimiento de construcción y equipo utilizado.	
V.-	SUPERESTRUCTURA	56
	Dovela sobre pila	
	Dovelas en voladizo	
	Dovela de cierre	
	Costilla central	
	Tramo Pila 4 a Estribo 5	
	Procedimiento de construcción y equipo utilizado.	
VI.-	OBRAS COMPLEMENTARIAS	101
	Guarnición lateral	
	Juntas de dilatación	
	Losa de transición	
	Carpeta asfáltica y sello	
	Procedimiento de construcción y equipo utilizado.	

VII.- CONTROL DE CALIDAD EN EL TENSADO

109

Barras roscadas

Retenida anti-sísmica

Presfuerzo

VIII.- CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El puente "Papagayo" se localiza sobre el cañón del río del mismo nombre a 3 km aguas arriba de la presa "La Venta"; el ancho del río en el cruce es aproximadamente de 120 m y tiene una profundidad promedio de 15 m.

El proyecto consiste en la construcción de un viaducto, formado por un puente vehicular localizado en el km 42+420 del nuevo trazo de la carretera México-Acapulco; con origen del cadenamamiento en la Cd. de Acapulco. (ver sig. página)

La longitud de este proyecto es de 315 m y un ancho de corona de 20.30 m que servirá para alojar dos carriles por cuerpo con pendientes transversales del 2%.

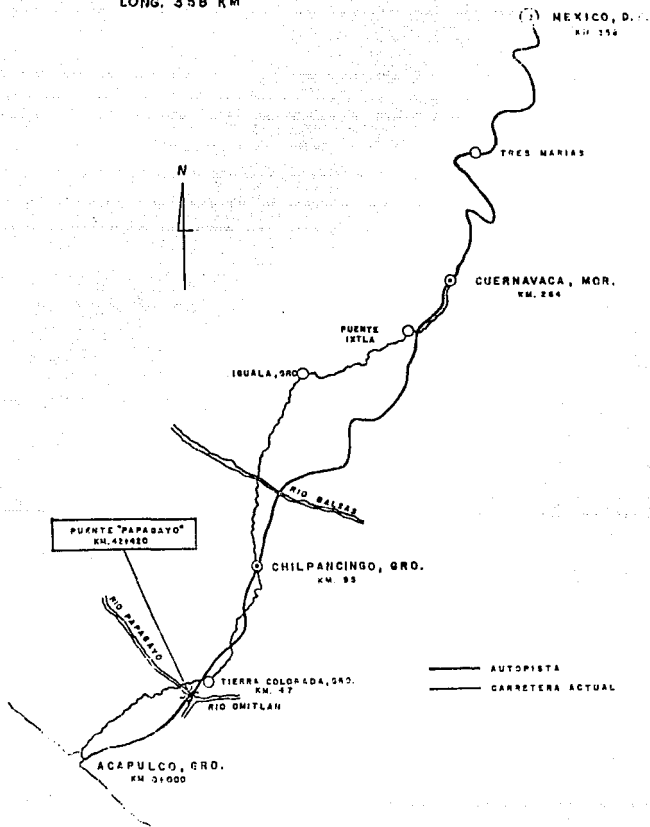
La Subestructura está formada por dos pilas de concreto armado en sección cajón huecas trapezoidales, con una altura de 78.97 m en la Pila No. 2 y de 77.07 m en Pila No. 3 , las que serán soportadas por una cimentación superficial de concreto armado de 11.0 m X 19.0 m X 3.50 m de peralte; para su construcción se formarán módulos de colado de 3.00 m y se construirán con cimbra trepadora DOKA con la que se pretende lograr uno y medio ciclos por semana.

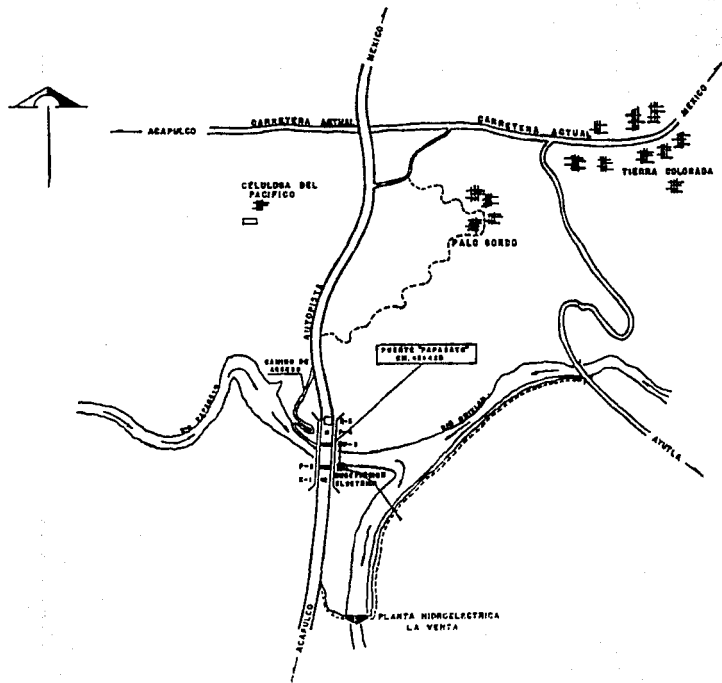
También integran la subestructura, una Pila secundaria de menor sección y estribos anclados sobre el terreno natural.

La Superestructura tiene una longitud total de 315 m y consiste en la construcción de dovelas en doble voladizo con un ancho total de 20.30 m , la integran cuatro claros, de 74.75 m , 141 m , -- 75.90 m y 22.15 m respectivamente, apoyados en dos pilas principales, una secundaria y dos estribos.

AUTOPISTA: MEXICO - ACAPULCO

LONG. 358 KM

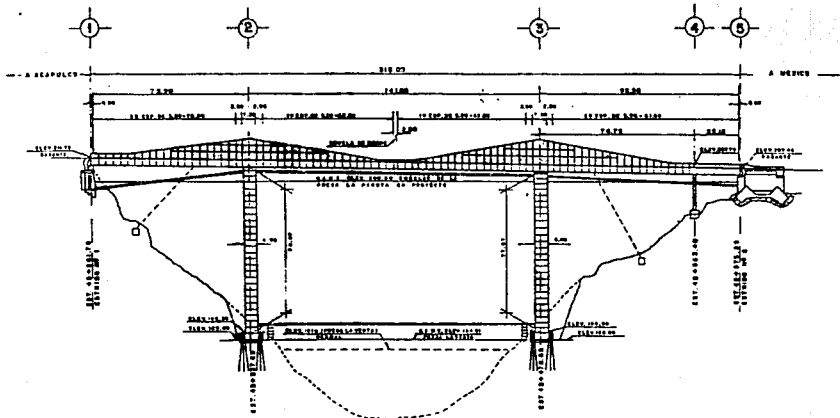




AUTOPISTA: GUERRAVACA - ACAPULCO
TRAMO: TIERRA COLORADA - ACAPULCO
OROS: PUENTE "PAPAAYO"
CROQUIS: BARRIO DE ASEROS

PUENTE PAPAGAYO

KM 42+420



El sistema de construcción de dovelas en doble voladizo, consiste en construir la superestructura partiendo de una o varias pilas, utilizando dispositivos de colado. La construcción debe efectuarse simétricamente partiendo en cada apoyo, para conservar el equilibrio; el colado de la primera (Dovela sobre pila), se lleva a cabo utilizando los dispositivos móviles de colado. Para el caso de el puente "Papagayo" se utilizaron los carros propiedad de S.C.T. cuya longitud de colado es de 3.50 m con lo que se considera se podrá lograr un ciclo de colado cada dos semanas.

ANTECEDENTES

S. C. T.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

DESARROLLO DE LA CONCESION

AUTOPISTA: CUERNAVACA - ACAPULCO

ANTECEDENTES:

Convocatoria para el concurso de la concesión de la autopista Chilpancingo - Acapulco tramo: Tierra Colorada - Acapulco, con longitud de 47 Km.

Fecha de Publicación	3 de Marzo de 1989
Fecha de Concurso:	12 de Mayo de 1989
Fecha de Fallo	16 de Junio de 1989

PROPUESTAS:

GRUPO	I.C.A.
GRUPO	TRIBASA
GRUPO	G.M.D.

Otorgada a Grupo Mexicano de Desarrollo.

Tiempo de concesión 14 años, 8 meses.

PROYECTO INTEGRAL:

La S.C.T. consideró que era conveniente realizar un proyecto integral de la autopista Cuernavaca-Acapulco, ampliando el título de concesión en 215 km para una longitud total de 363 km para lo cual fue necesario dividir el proyecto integral en tres partes iguales, como concesionario G. M. D.

PROGRAMA:

Para una distribución adecuada y lograr un programa de construcción de tres años, la carretera se dividió en tres tramos equivalentes en volumen de obra y dificultad.

BENEFICIOS:

Se acortará la distancia en 51 km lo que trae consigo un ahorro de más del 25 % de los costos de operación.

S. C. T.
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES

AUTOPISTA: CUERNAVACA - ACAPULCO

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Longitud	263.0 km
Velocidad del proyecto	90 - 110 km/hr
Ancho de corona de cuatro carriles con especificación de autopista	21.0 m
Ancho de calzada (por cuerpo de dos carriles)	10.5 m
Pendiente máxima	5 ‰

TIEMPO DE RECORRIDO

Tiempo estimado de Acapulco a Cuernavaca	2 hr 54 min
Tiempo estimado de Acapulco a México	3 hr 55 min

AHORROS DE MEXICO DE AL PUERTO DE ACAPULCO

Tiempo	2 hr
Distancia	51.0 km

CARACTERISTICAS DE LA OBRA

Carretera de 4 carriles, dos por sentido, con un ancho de 21.00 m , barrera central y acotamiento de 2.50 m a cada lado. Se requiere la construcción de 44 puentes con una longitud total de 6370 m aproximadamente, en los que destaca el "Papagayo" de 315 m.

AUTOPISTA:

ACAPULCO - CUERNAVACA

TRAMO:

ACAPULCO - TIERRA COLORADA

El 3 de Marzo de 1989, la Secretaría de Comunicaciones y transportes, convoca a concurso para adjudicar la concesión administrativa para la construcción, explotación y conservación del tramo de autopista entre las ciudades de Acapulco y Tierra Colorada, en el estado de Guerrero; con una longitud base de 47 km.

En el citado concurso, intervinieron grandes e importantes empresas de la industria de la construcción en nuestro País; correspondiendo a Grupo Mexicano de Desarrollo, el primer lugar de la concesión para la construcción, explotación y conservación de la autopista, por un lapso de 14 años y ocho meses. Cabe mencionar que G.M.D. contó con la participación interna de sus empresas filiales; Desarrollo de Infraestructura, S.A. de C.V., Desarrollo Industrial Latinoamericano, S.A. de C.V., y Obras y Proyectos, S.A. de C.V.

Posteriormente al fallo del concurso, llevado a cabo el 16 de Junio de 1989, se amplió el tramo de construcción de la autopista, - hasta llegar a la Ciudad de Cuernavaca y quedar así integradas directamente, la Ciudad de México y Acapulco mediante una vialidad muy -- importante.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Ancho total de la autopista;	21.0 m
4 carriles de circulación;	2 por cada sentido
Ancho de carriles;	3.50 m por cada uno
Acotamientos laterales;	2.50 m

Acotamientos centrales:	0.70 m
Separador central:	0.80 m de altura 0.60 m de ancho
Pendiente longitudinal:	Varía de 0.00% hasta un máxi <u>mo</u> de 5.0 %
Trazo horizontal:	curvas amplias y seguras

Algunos de los objetivos que dieron lugar para la realización de esta magna obra, son:

- 1.- Satisfacer adecuadamente el origen y destino, mediante mayor cantidad de viajes-persona en forma más directa.
- 2.- Propiciar el uso del transporte, tanto privado como público - de superficie, para el traslado de personas y de bienes.
- 3.- Comunicar en forma más directa a las Ciudades de México y Acapulco, así como otras intermedias entre las que se cuentan; Alpuyeca en el Edo. de Morelos y Chilpancingo, Tierra Colorada, etc., en el Edo. de Guerrero, reduciéndose así, longitudes y tiempos de recorrido.
- 4.- Se crea una nueva alternativa de traslado.
- 5.- Se reducen los costos de operación.
- 6.- Se reduce la contaminación ambiental.
- 7.- Ahorro en el consumo de combustible y lubricantes.
- 8.- Se minimizan las demoras al agilizar el tránsito vehicular.
- 9.- Comodidad y seguridad en el traslado.

GENERALIDADES

El puente se localiza en el km 42+420 de la nueva autopista Cuernavaca-Acapulco; tramo Tierra Colorada-Acapulco, con el origen del cadenamiento en la Ciudad de Acapulco, y su nombre obedece al cruce con el Río Papagayo, 3 km aguas arriba de la cortina de la presa "La Venta" todavía sobre el embalse, el ancho del Río es de aproximadamente 120 m y su profundidad promedio es de 15 m.

(ver figuras #1 y #2)

Las características del proyecto son las siguientes:

Sistema constructivo	:	Doble voladizo
Alineamiento horizontal	:	Tramo en tangente
Longitud total	:	315.00 m
Ancho total	:	20.30 m
Pendiente longitudinal	:	1.35 %
Pendiente transversal	:	0.0 % (solo bombeo 2%)
Velocidad del proyecto	:	110 km/hr
No. de claros	:	4
Claro máximo	:	141.00 m
No. de estribos	:	2
No. de pilas	:	3
Altura de Pilas	:	Pila No. 2 78.97 m Pila No. 3 77.07 m Pila No. 4 17.38 m
Sección superestructura	:	Celular de 20.30 X 3.40 m
Costilla central	:	Variable de 10 m a 0.90 m de altura y 74 cm de espesor

CARRETERA : MEXICO - ACAPULCO
TRAMO : TIERRA COLORADA - ACAPULCO
OBRA : PUENTE "PAPAGAYO" KM. 42 + 420

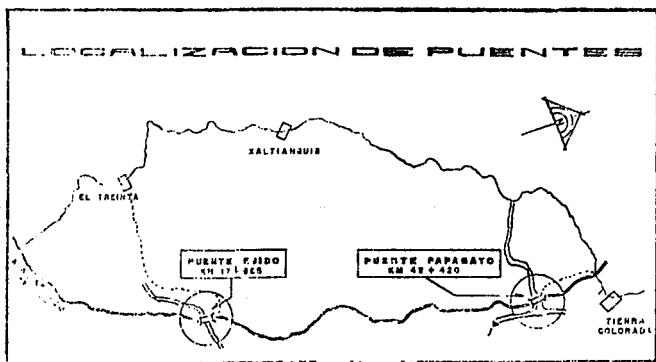


FIG. 1

CARRETERA: MEXICO-ACAPULCO

TRAMO: TIERRA COLORADA-ACAPULCO

OBRA: "PUENTE PAPAGAYO" KM. 42+420

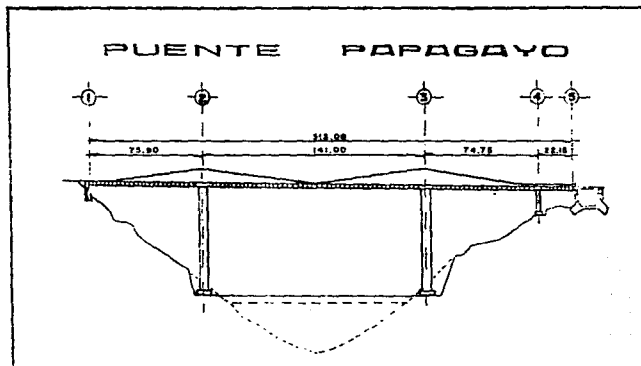


FIG. 2

Carriles de circulación : 4 (2 por sentido)

La subestructura está formada por cinco apoyos: Estribo No. 1 de 14.2 m de altura de concreto armado, el cual se fija al terreno con 9 anclas a base de barras roscadas de presfuerzo de 10 m de longitud. Estribo No. 5 con 12 m de altura que sirve de amarre sísmico a la estructura. Pila No. 2 de 78.97 m de altura y Pila No. 3 de 77.07 m de altura, estas dos Pilas son los apoyos principales de donde parten los dobles voladizos, están apoyados en zapatas de concreto armado de 11 X 19 X 3.50 m , las Pilas son huecas con un espesor de concreto de 45 cm , iniciando en 14 X 6 m y terminando en 6 X 6 m.

En cada zapata se colocaron 156 anclas postensadas, constituidas por barras de presfuerzo tipo Dywidag de 32 mm de diámetro y de 18 m de longitud, tensadas cada una a 60 ton.

Especificándose una correlación entre el número de barras que deben estar tensadas para realizar el colado de las dovelas en la superestructura.

La Pila No. 4 tiene 17.30 m de altura con una sección llena de 1.40 X 1.40 m sobre una zapata de concreto armado de 4 X 4 m , este elemento es un apoyo secundario con el fin de compensar el lado derecho del voladizo de Pila No. 3

La superestructura está formada por una sección celular de -- concreto armado y presforzado de 20.30 m X 3.50 m X 3.40 m , con -- una sección que cuenta con 3 celdas interiores, dos laterales y una central donde se alojan los mogotes que sirven de anclaje para el - presfuerzo longitudinal.

Cuenta además con una costilla central que parte de la losa - superior de la dovela, teniendo una altura de 10 m sobre la dovela sobre pila y 90 cm en el centro del claro. La costilla alojará a - los cables de presfuerzo longitudinal.

El presfuerzo en cada una de las dovelas, se clasifica de la siguiente manera:

Presfuerzo transversal: Formado con 4 torones de 12.7 mm coloca-- dos en la losa superior a cada 60 cm , y tensados a 60 ton con un alargamiento es-- perado de 152 mm.

Presfuerzo diagonal: Sobre las almas o nervaduras interiores - se colocarán 4 barras tipo Dywidag que re-- matan en la costilla donde se realizará - el tensado.

Presfuerzo longitudinal: En la base de la costilla se encuentran - alojadas 4 barras de presfuerzo que co-- rren longitudinalmente y se tensan en ca-- da dovela, ésto es un apoyo para poder -- efectuar el movimiento de carros y así po-- der realizar el colado de la costilla de la dovela anterior.

Así como el presfuerzo longitudinal anterior formado por barras, también se cuenta con el formado por torones de 15.2 mm de diámetro que se canalizan por la costilla, saliendo por los mogotes colocados en la losa superior de la dovela donde son tensados.

Serán colocados 4 en cada dovela desde la D1 hasta la D12 y a partir de la dovela D13 se colocan dos hasta la D18.

El tramo entre la Pila No. 4 y Estribo No. 5 se construyó con obra falsa y cimbra tradicional con la finalidad de efectuarlo paralelamente a los dobles voladizos, con el fin de que no consumiera tiempo adicional después de unir los dobles voladizos; con esto se logró abatir el programa en casi tres meses, para lo cual se utilizaron andamios tubulares modulados para recibir sobre éstos la cimbra a base de polines y madera.

El primer problema que se presentó para el inicio de la obra fue la localización y construcción de un camino de acceso con características adecuadas para que pudieran transitar los transportes cargados con material y elementos para la construcción del puente.

Por lo agreste de la topografía que impera en la zona, únicamente se pudo tener acceso por la margen izquierda del río, para llegar hasta el lugar donde se desplantaría la Pila No. 3.

Buscando alternativas sobre el talud en roca, venciendo pendientes muy pronunciadas y protegiendo el camino con obras auxiliares para no tener interrupción de los trabajos en la temporada de lluvias. En la Pila No. 2 se trató de buscar también una alternativa por medio de un camino de acceso, que nacía en la cortina de la presa "La Venta" y se logró llegar hasta el nivel del Estribo No. 1; sin embargo, las fuertes pendientes y el material encontrado dificultaron considerablemente las maniobras, por lo que se desechó

la idea de terminarlo.

Los trabajos se iniciaron en la Pila No. 2 de manera manual - con el paso a través del Río por lanchas y una balsa construida con tabos vacíos, en tanto se consiguieron unos pontones para formar - un chalán con capacidad hasta de 90 ton con lo que fue posible provisionar equipo mayor, de la margen izquierda a la margen derecha - del Río Papagayo.

Para poder salvar el claro de 315 m y considerando la topografía de la zona, así como la altura del cañón, se determinó una estructura de concreto con dos apoyos en las márgenes del Río (con 141 m de longitud), por lo que se optó por construir con la técnica de doble voladizo en cada apoyo, para unirse en el centro del -- claro principal, así como en los extremos del puente, ya que el perfil de la ladera permitía proyectar con simetría la superestructura sin tener cargas excéntricas en cada pila; además, la experiencia - ha demostrado que para claros entre los 120 y 180 m , es la solución más ideal para 4 carriles de circulación. Una superestructura atirantada hubiera resultado demasiado costosa y menos operante en términos técnicos.

PROGRAMA DE OBRA

PROGRAMA DE OBRA

Mediante la descripción del proyecto y con un tiempo estimado de 24 meses de acuerdo al plan maestro de toda la autopista y así poder entregar dentro del primer tramo comprendido de Tierra Colorada hasta Acapulco, se determinó un programa de obra que consumía 23 meses.

Patio de Maniobras.- Se habilitaron dos, uno en cada uno de los accesos del puente, Estribo No. 1 y Estribo No. 5 en coordinación con los frentes de terracerías, teniendo el principal por el Estribo No. 5

Construcción de Pilas.- Se realizarán las principales mediante cimbra trepadora "DOKA" cada una y con 2 ciclos/semana.

Dovela sobre Pila.- Con una duración de 50 días aproximadamente por lo complicado del manejo de los dispositivos de colado.

Doble voladizo.- La duración es de 10 meses y se trabajó independientemente en el tramo de Pila No. 4 a Estribo No. 5

El programa de obra por cada actividad se anexa en la siguiente página.

TIEMPOS DE EJECUCION

Tiempo de ejecución programado en concurso:
Septiembre 1989-Julio 1991 23 meses

Tiempo de ejecución real: Octubre 1989-Agosto 1991 23 meses

TIEMPOS REALES DE EJECUCION

Caminos de acceso	3.5 meses
Excavación de Pila No. 3	3 meses
Cimentación de Pila No. 3	1.25 meses
Anclas postensadas zapata de Pila No. 3	8 meses
Cuerpo de Pila No. 3	4.25 meses
Dovela sobre Pila No. 3	2 meses
Adaptación y montaje de carros	8 meses
Dovelas P3-P4 y P3-CL	9 meses
Excavación Pila No. 2	5.5 meses
Cimentación Pila No. 2	1 mes
Anclas postensadas zapata de Pila No. 2	5 meses
Cuerpo de Pila No. 2	3 meses
Dovela sobre Pila No. 2	2 meses
Adaptación y montaje de carros	10 meses
Dovelas P2-E1 y P2-CL	7.5 meses
Estribo No. 1	5 meses
Estribo No. 5	4 meses
Retenidas Pila No. 2 y No. 3	4 meses

Cimentacion y cuerpo de Pila No. 4	3 meses
Claro P4-E5	4.75 meses
Obras complementarias	4 meses
Pasarela bajo tablero	1 mes
Desmontaje de carros de colado	1.5 meses

SUBESTRUCTURA

En la figura No 3 se presenta el lecho superior de la zapata en planta y un corte de la misma, donde se pueden apreciar las 156 barras roscadas tipo Dywidag de 1 1/4 " (32 mm) de diámetro con una longitud de 18 m.

Estas barras serán canalizadas dentro de los 3.50 m de altura de la zapata en un tubo de P.V.C. de 4" de diametro, que servirá de guía para darle la inclinación requerida.

La fuerza de tensado de las barras será de 60 ton y el alargamiento previsto para esa tensión es de 64 mm con una tolerancia de $\pm 10 \%$.

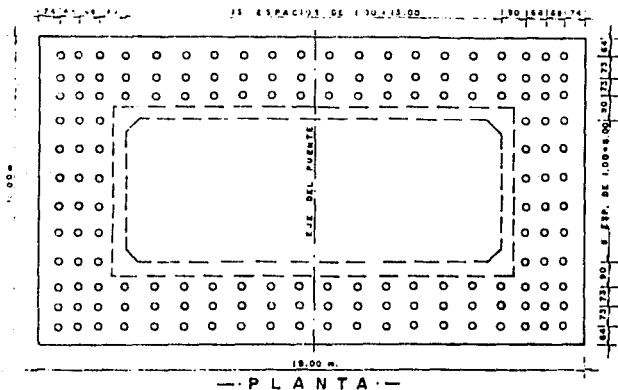
El objetivo principal de estas barras en cimentación de Pila No. 2 y Pila No. 3, es de dar al elemento la estabilidad requerida, con una capacidad suficiente de empotramiento, previendo un sismo durante el proceso constructivo.

De hecho se estableció una correlación de cuales y cuántas -- anclas deberían estar tensadas para realizar los colados en las dovelas de la superestructura.

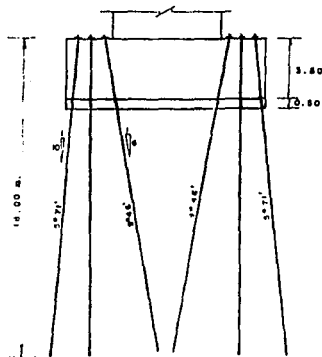
Las anclas también contrarrestan el efecto de flotación, al realizarse la futura presa la "Parota", así como el deslizamiento - de talud bajo la cimentación por el desplante en las laderas.

PUENTE "PAPAGAYO" KM. 42+420

ANCLAJE ZAPATAS 2 Y 3



— PLANTA —



PERFIL

FIG. 3

En la figura No 4 y No 5 se muestran las características del estribo No. 1 que es el elemento de apoyo simple, construido mediante concreto armado y amarrado al terreno con 9 anclas tipo Dywidag de 10 m de longitud a base de barras de presfuerzo de 1 1/4 " (32 mm) de diámetro con una inclinación de 15° sobre la vertical.

El elemento cuenta con una cámara en la parte posterior que sirve para el tensado de las retenidas longitudinales, colocadas para prevenir los movimientos provocados por sismo.

Para el apoyo de la superestructura se cuenta con dos bancos donde se encuentran ubicados dos apoyos tipo Maurer modelo TGA-200 que permiten el desplazamiento longitudinal que tendrá la superestructura, provocada por los cambios de temperatura, el cual se encuentra calculado aproximadamente en 7 cm.

En la unión a nivel rasante del estribo y la superestructura se colocó una junta de dilatación a base de acero estructural que absorberá las deformaciones longitudinales.

CARRRETERA: MEXICO-ACAPULCO
TRAMO: TIERRA COLOHADA-ACAPULCO
OBRA: "PUENTE PAPAGAYO"

ESTRIBO 1

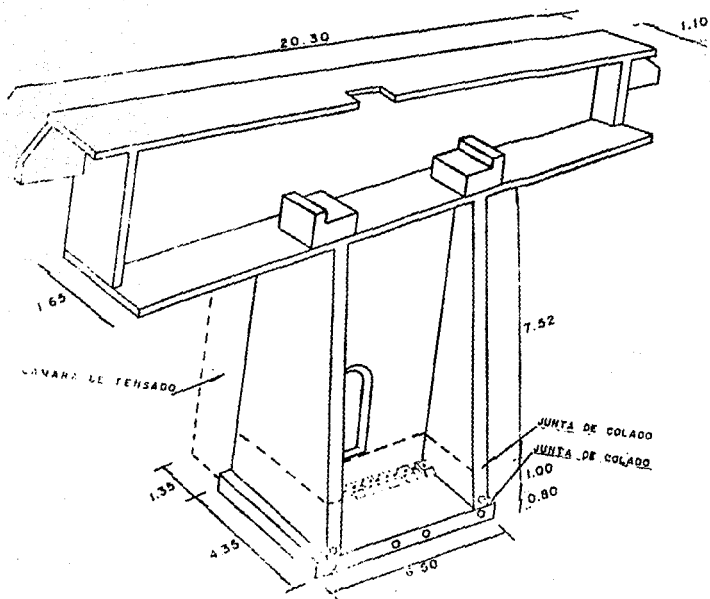
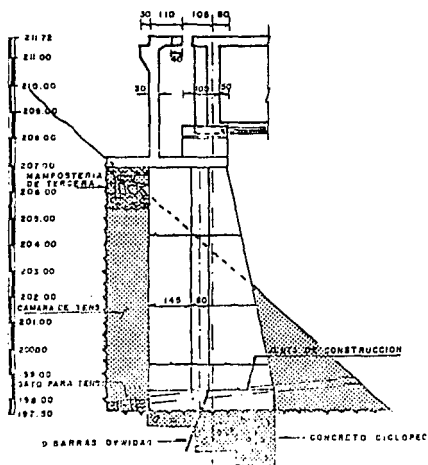


FIG. 4

"PUENTE PAPAGAYO"
DATOS GEOMETRICOS DE ESTRIBO 1



P E R F I L

FIG. 5

Las figuras No. 6 y No. 7 nos presentan las características de las Pilas No. 2 y No. 3 que son los elementos principales del puente.

Las dos pilas son de concreto armado ubicadas en cada margen del Río con alturas de 78.97 m y 77.07 m respectivamente, en sección cajón huecas, de forma trapezoidal con 45 cm de espesor, apoyadas en una cimentación superficial de 19 X 11 X 3.50 m de altura.

Dicha zapata se colará en dos etapas, presentándose a medio peralte una junta constructiva, con volúmenes de concreto de 366 m³ cada una de las etapas.

Para la realización de las pilas se utilizará cimbra trepadora "DOKA" con 27 trepados en cada pila, donde cada panel es de 3.20 m de altura para lograr 3.0 m libres de concreto.

El primer trepado se realiza con cimbra tradicional a una altura de 2.44 m para poder colocar la cimbra trepadora "DOKA".

PUENTE PAPAGAYO
DATOS GEOMETRICOS DE PILA No. 2

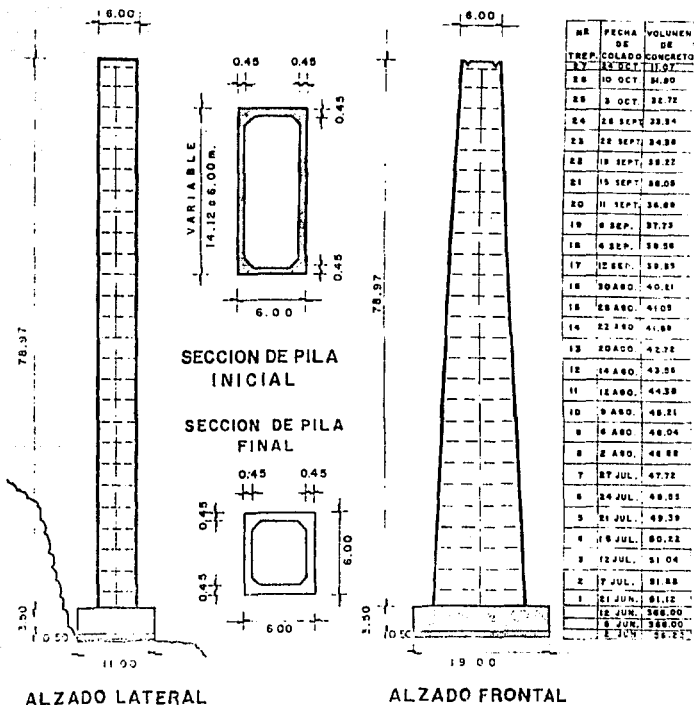


FIG. 6

PUENTE PAPAAYO
DATOS GEOMETRICOS DE PILA No. 3

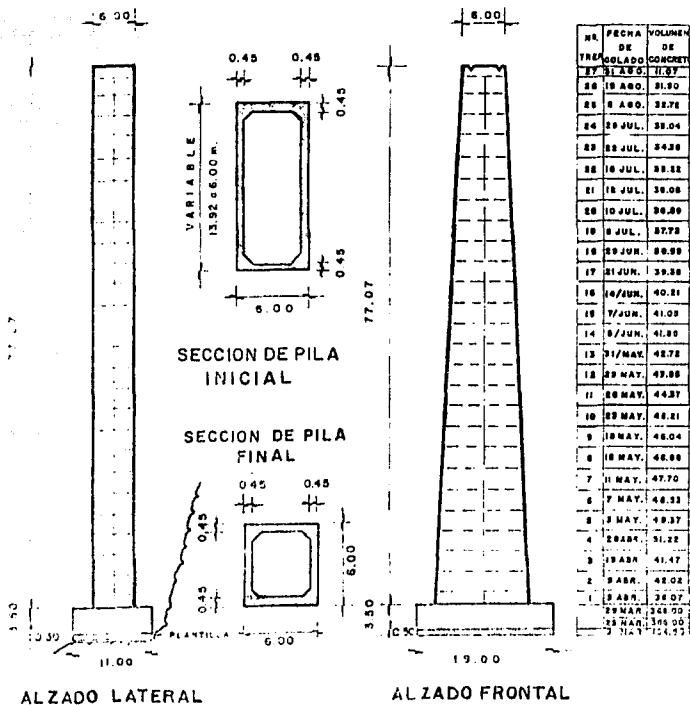
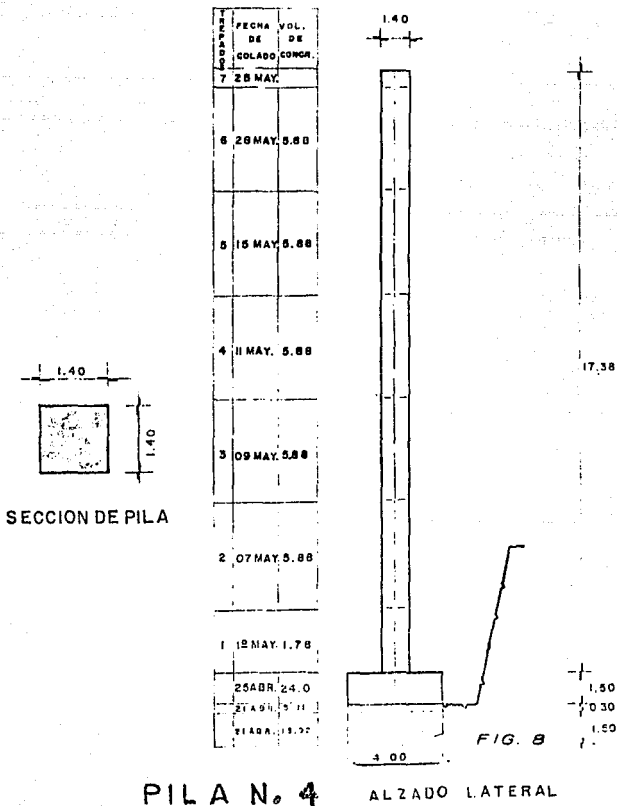


FIG. 7

En la figura No. 8 se establecen las características principales de la Pila No. 4 , que es un elemento secundario para poder hacer equilibrio y cerrar con el mismo número de dovelas al lado -- derecho de la Pila No. 3

La Pila tiene una altura de 17.38 m con una sección llena de 1.40 X 1.40 y es recibida por medio de una zapata de 4.0 m X 4.0 m X 1.50 m de altura.

PUENTE PAPAGAYO



Las figuras No. 9 y No. 10 representan los datos del Estrbo No. 5 elemento masivo de concreto hidráulico, el cual se encuentra empotrado en la superestructura con la finalidad de absorber -- los impactos sísmicos; dicho empotramiento es por medio de 10 paquetes de 10 varillas, cada una de ellas de 1 1/2 " de diámetro. Estas varillas se alojan en la losa superior y en la base de la costilla.

El elemento se encuentra enterrado en toda su longitud en el terraplén de acceso al puente y así mismo al terreno, por los dentellones y las zapatas de la parte inferior.

El apoyo de la superestructura se realiza sobre dos bancos - alojados en el cuerpo del estribo con dos apoyos multidireccionales tipo Maurer que absorben las deformaciones ocasionadas por asenta-mientos o movimientos sísmicos.

En este caso, la unión entre el elemento y la superestructura es a base de una junta de dilatación tradicional con cartón asfáltico (SIKAFLEX) de 4 cm de espesor.

CARRETERA : MEXICO - ACAPULCO
TRAMO : TIERRA COLORADA - ACAPULCO
OBRA : PUENTE "PAPAGAYO" KM 42+420

ESTRIBO 5

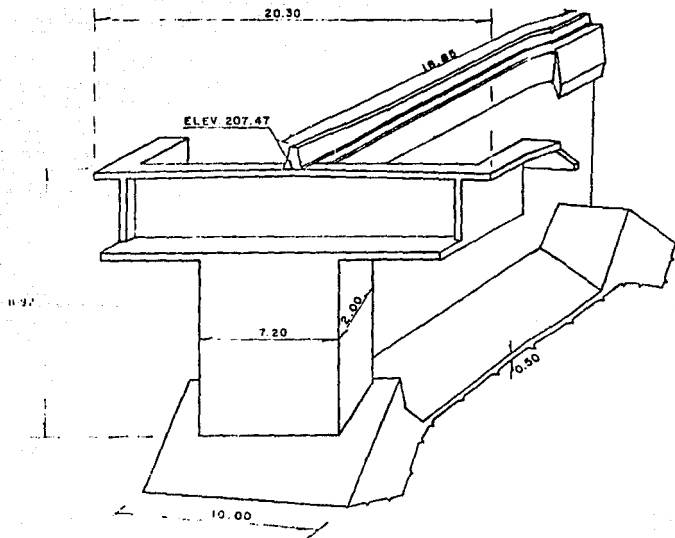
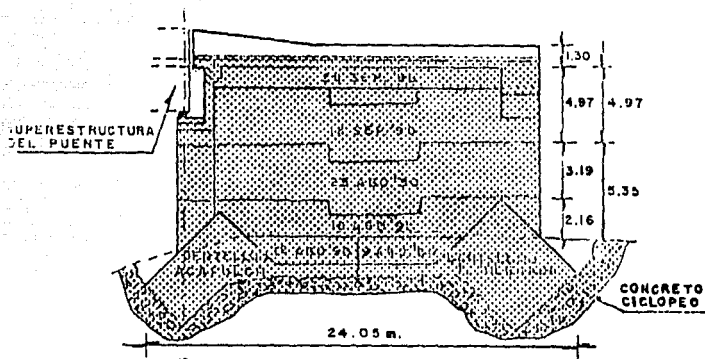
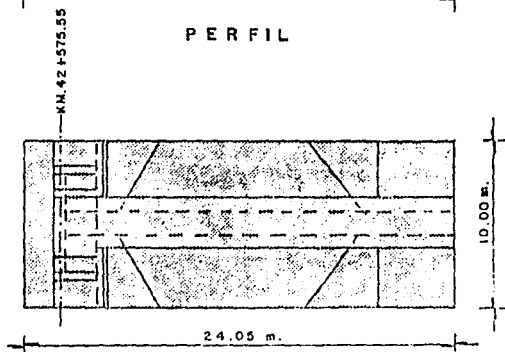


FIG. 9



PERFIL



PLANTA

ESTRIBO Nº 5

FIG. 10

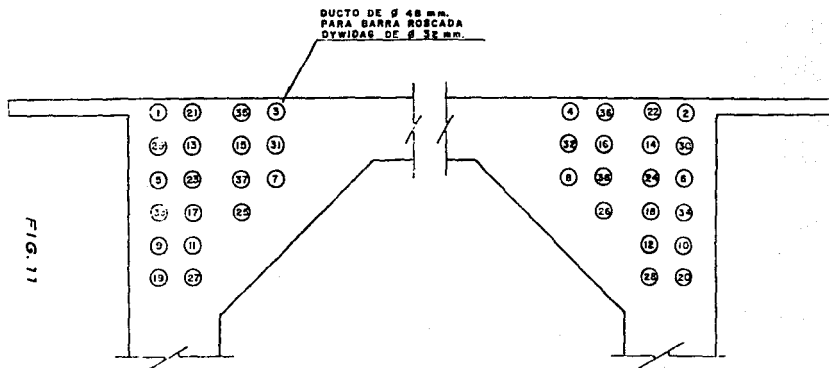
Figura No. 11 En la parte superior de las Pilas principales donde quedará la unión entre el cuerpo de las pilas y la losa inferior de la superestructura, se está ampliando la sección de concreto de los muros para alojar 38 barras de presfuerzo tipo Dywidag de 1 1/4 " de diámetro, con el fin de transmitir los esfuerzos que provocará la superestructura durante su construcción hacia el cuerpo de pila.

Estas barras se colocan y tensan de acuerdo con la secuencia propuesta por el proyectista, para compensar los esfuerzos entre los extremos de la parte superior de la pila.

El objeto principal de la colocación de este presfuerzo es la de soportar las cargas que se van a transmitir de la superestructura hacia la subestructura y asegurar el empotramiento entre los elementos.

CARRETERA: MEXICO-ACAPULCO
TRAMO: TIERRA COLORADA-ACAPULCO
OBRA: PUENTE PAPANAYO

SECUENCIA DE TENSADO DE BARRAS DYWIDAG EN CABEZALES DE PILA



NOTA: SE PODRA TENSAR DE UN SOLO LADO LAS 34 BARRAS
RESPECTANDO LA SECUENCIA ANTERIOR

EQUIPO PARA ELEVACIÓN

Para el acceso a la superestructura, durante el proceso de -- construcción del tablero del puente, se consideró la posibilidad de dos elevadores (uno por pila), para el acceso del personal y material. Esta opción se descartó y en su lugar se utilizaron torres - con escalera debido a los siguientes motivos:

- Durante el proceso de construcción de las pilas, para ir as-- cendiendo a las distintas alturas de colado y poder operar la cimbra, así como realizar el armado de refuerzo y la coloca-- ción del concreto. Este procedimiento daría lugar al gasto - de envío, armado, desarmado y regreso de las torres con esca-- leras en un lapso de tres meses y medio aproximadamente, para luego invertir en la adquisición de los elevadores.
- El otro aspecto lo representa el valor de la renta de los ele-- vadores, ya que con el pago de dos meses se pueden comprar -- dos juegos de torres con escalera.

GRUAS. TORRE

El procedimiento constructivo obliga a contar con una Grúa-torre en cada pila para:

- Colocación del acero de refuerzo.
- Posicionamiento, nivelación y trepado de la cimbra.
- Colocación del concreto.
- Armado de la obra falsa de las dovelas sobre cada una de las pilas.
- Colocación de acero de refuerzo y colado del mismo.
- Armado de los carros de avance en las dovelas sobre pila.

Elementos a considerar para su selección;

Debido a los anchos de la sección del puente (20.30 m) y a la dimensión de pilas en su arranque (el caso más desfavorable 14.12 m), nos ubica en la posición de la grúa a una distancia de 20 a 22 m del eje de la pila con una capacidad de 2.5 ton que es el peso aproximado del elemento más pesado de los dispositivos de colado para la superestructura.

La altura bajo el gancho de la grúa viene fijada por la altura de las pilas (80.0 m) más el peralte de la dovela (3.60 m) y la altura de la costilla sobre la dovela sobre pila (10.0 m); es decir, debe tener entre 94.0 m y 95.0 m.

EXCAVACIONES Y CIMENTACION DE LA SUBESTRUCTURA

Como se mencionó, uno de los principales problemas fue el de llegar al lugar de la obra, por ello se construyó un camino de acceso de 6 km aproximadamente, para evitar en lo posible lo accidentado del terreno y los tramos de roca. El camino comunicaba a la margen izquierda y de ahí, por medio de pontones metálicos, tener acceso a la Pila No. 2 cuya topografía de la ladera no permitía tener otro tipo de acceso.

Se contó con la facilidad en el suministro de energía eléctrica, por la cercanía de la red de distribución que parte de la presa "La Venta".

Simultáneamente a lo anterior, se comenzó con la excavación de la Pila No. 2, despalmándose una capa de material tipo A con métodos manuales por la imposibilidad de tener acceso para equipo pesado al lugar, posteriormente para usar explosivos en la roca descubierta, se montó un compresor de 2 ton de peso y 400 PCM sobre una balsa a base de tambos, que permitía alimentar a 4 perforadoras de pierna, las cuales podían retirarse por el Río en cada voladura hasta que se pudo pasar equipo desde la otra margen por medio de pontones metálicos para proceder a su rezaga.

En el caso de los estribos, los trabajos de excavación se realizaron en cuanto se tuvo el acceso a ellos por el trazo de la autopista, encontrándose inestabilidad en los perfiles de la ladera y que dió lugar a la construcción de los dentellones de concreto ciclópeo.

En la Pila No. 4 o secundaria, solo se realizaron las excavaciones pertinentes para la localización del terreno firme de des--

plante y poder realizar la plantilla de cimentación.

Se despalmará el sitio de la excavación, desalojando la capa superficial del terreno natural. Estos despalmes, que se ejecutarán solamente en Material A, siempre se desperdiciarán.

Habiéndose retirado el material producto del despalme, se ejecutará la excavación siguiendo un sistema que facilite el drenaje - del corte sin perjudicarlo. Se continuará la excavación por medios mecánicos (empleo de la maquinaria adecuada hasta encontrar la roca sana). Si, aún con ayuda del equipo, se dificulta lograr la extracción del material hasta llegar al nivel de desplante de la estructura fijado en el proyecto, se usarán explosivos de alto poder para fracturar el material y poder rezagarlo. Esta excavación en roca sana deberá llevarse escalonada, para evitar gastos innecesarios.

El desplante deberá hacerse en roca sana (tipo caliza o dolomía en toda la superficie), si al llegar al nivel del desplante se localizan lentes de arcilla, o material suelto o granular, se retirarán éstas con excavación manual, rellenando los volúmenes con concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ o con lechada de cemento; pero en el caso de que las lentes ocupen más del 15 % de la superficie de desplante, se profundizará éste lo que sea necesario, para lograr que la estructura se asiente adecuadamente en la roca sana.

Terminada la excavación y recibida por la Residencia, se colocará y fijará la cimbra de contacto, troquelándola con la obra falsa necesaria.

Simultáneamente a ellos, se habilitará y colocará el acero de refuerzo, indicando su fijación y nivelación definitiva.

Con antelación a la fabricación y colocación del concreto en la zapata, deben fijarse los elementos que quedarán embebidas en el

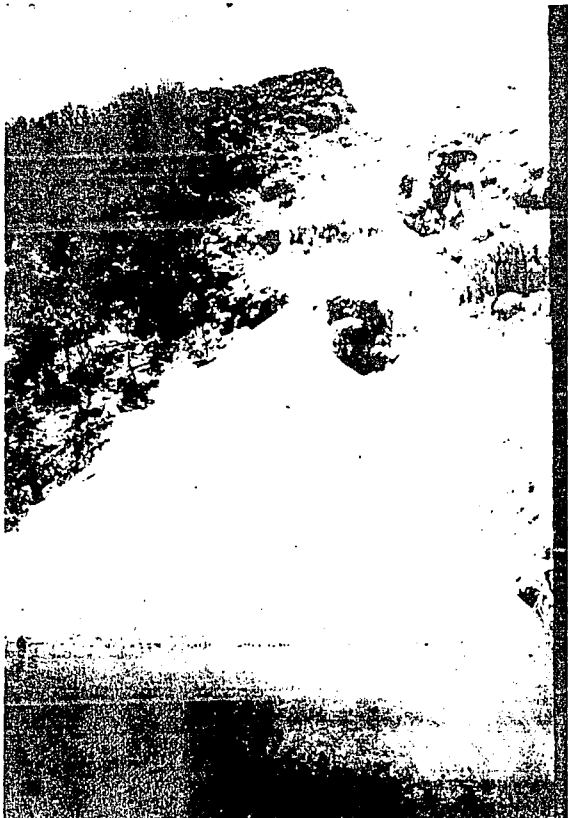
concreto, como son los tramos de tubo PVC rígido de 4" de diámetro que se usarán como guías del equipo de perforación que realizará -- los barrenos, para alojar los anclajes de cimentación de las Pilas 2 y 3.

Una vez concluida esta actividad, previa a la colocación del concreto, se taponarán cada una de las 156 bocas de los ductos-guía para las barras roscadas de cada pila.

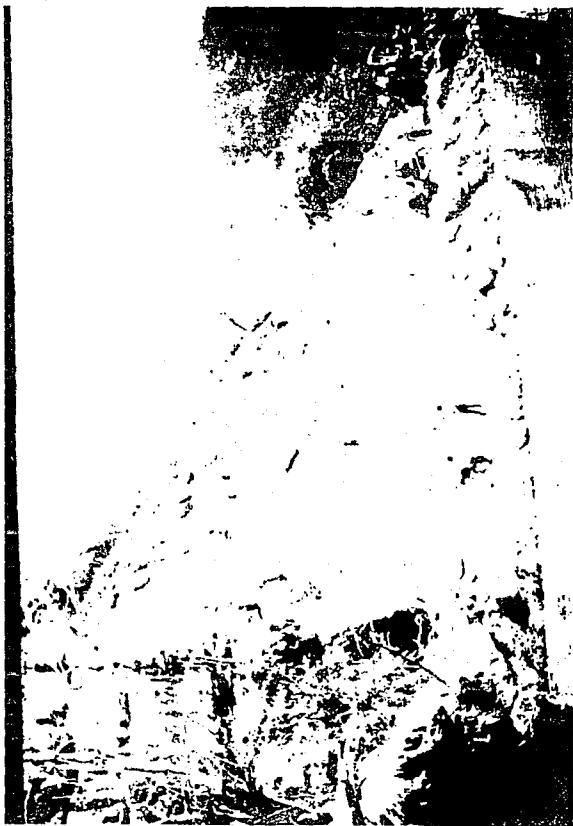
La zapata será colada en dos tramos con una junta de construcción a medio peralte (366.0 m^3), antes de iniciar el colado superior, se limpiará la superficie de contacto, se humedecerá y se colocará una capa de lechada antes de iniciar el nuevo colado. Se deberá tener especial cuidado en no alterar la trayectoria de las -- guías de la barra tipo Dywidag, usando un vibrado y reglado adecuado al estar colando la zapata. (ver fotos 1 a la 8)

Descimbrado. A las 24 horas como mínimo de haber efectuado el colado de la zapata, podrán retirarse los moldes para ser aprovechados en otra estructura, verificando previamente el estado de la cimbra de contacto, reparándola en caso necesario.

A los tres días como mínimo de haber efectuado el colado de la zapata, podrá situarse sobre ella el equipo de barrenación constituido por un Wagon Drill, en posición de iniciar el ataque de la barrenación para los anclajes de cimentación de la pila, a través de las perforaciones formadas por los tubos de 4" de diámetro en la trayectoria especificada para cada barreno.



Orilla izquierda del río Negro, en donde se encuentran las -
-Cila No. 3 y No. 4, y el Estadio No. 5.



Margen derecha atacándose con equipo mayor que se ha suministrado gracias al pontón. Desplantándose en esta zona. —
Estribo No. 1 y Pila No. 2.



Caminos de acceso que comunican hasta la zona de desplante de Pila No. 3 para el suministro de materiales, maquinaria y equipo.

FOTO 3



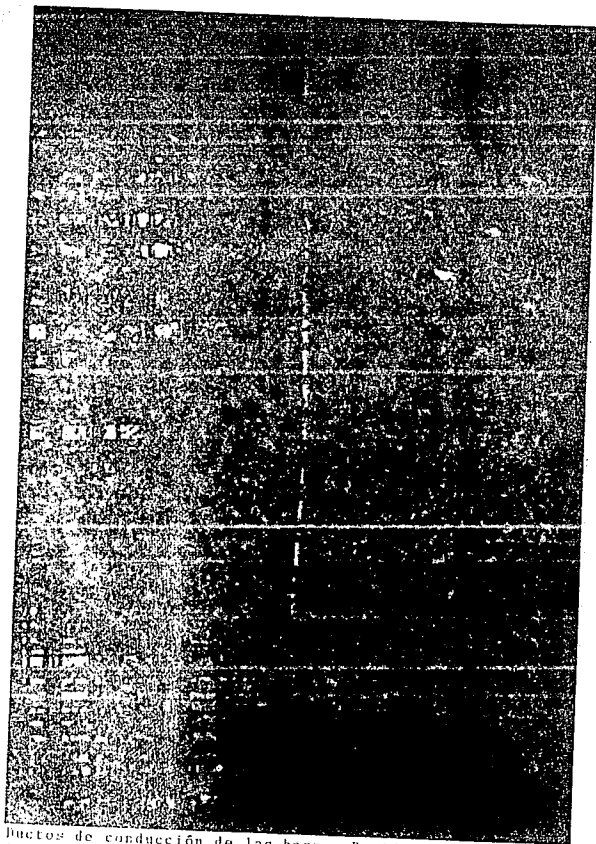
Pontón utilizado para poder tener acceso a la zona de Pila
No. 2 y realizar su ataque.



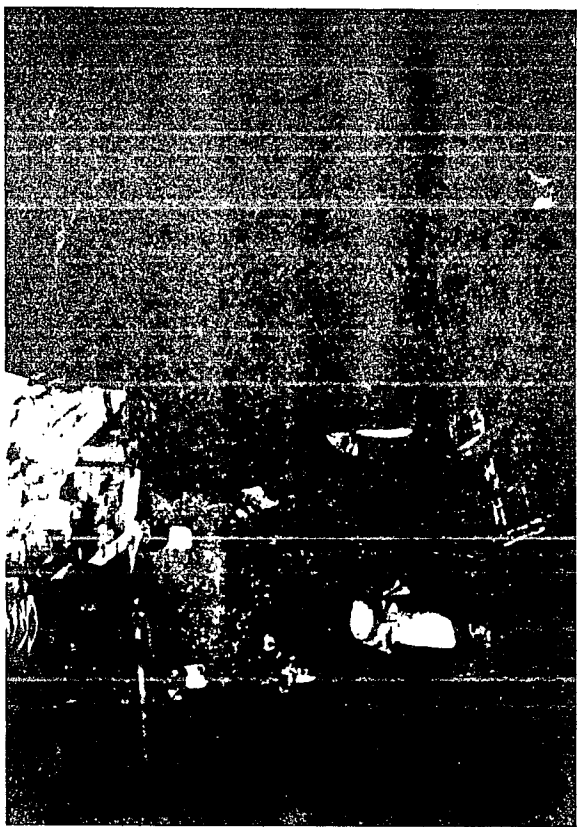
Facio de maniobras con maquinaria, cimbra " FOKA " y agregados.



Colocación del armado de la zapata de Pila.



Ductos de conducción de las barras Dywidag y cimbrado de la zapata para proceder al colado.



Colado de la segunda "mita" de la zapata con un total de 366 m³.

Al efectuar los primeros barrenos en la Pila No. 3 , para colocar las anclas, se observó que al llegar aproximadamente a los 7.00 m por debajo del nivel de desplante de la zapata, se encontraba roca descompuesta, oquedades, material lodoso e incluso restos vegetales que salían mezclados con el agua con olor a materia orgánica en estado de putrefacción; también se habían observado burbujas de aire en la superficie del embalse cercana a la pila durante la operación de barrenación.

Esto indujo a pensar en la existencia de una cavidad, dada la karsticidad de la formación geológica de esta ladera, que está constituido por calizas y dolomias.

Con objeto de verificar este supuesto, se realizaron 4 sondeos a rotación, ubicando cada uno de ellos cercano a cada una de las esquinas de las zapatas de pila.

De dicha exploración se obtuvo la evidencia de la existencia de una o más oquedades manifestadas entre los 10.40 y los 11.90 m para el S1; 7.05 m y 9.15 m para el S2; 9.05 y 10.50 m para el S3 y 7.10 m a 8.90 m para el S4. En las cuales se encontró oquedad y relleno de material arcilloso con algo de arena.

Todo ello ha conducido a considerar que existe una cavidad principal o varias intercomunicadas entre sí y al mismo tiempo con el embalse, localizada(s) entre los 7.00 m y los 12.00 m bajo el nivel de desplante de la zapata, la(s) cual(es) se encuentra(n) en parte rellena(s) con un material arcilloso original, al cual se le fueron incorporando detritus y acarreos durante el embalsado de la "Presa la Venta".

Dicha cavidad supone una discontinuidad de baja o nula resistencia en la cimentación de la Pila No. 3 , lo que puede dar lugar a asentamientos indeseables en esta parte de la estructura del puente.

Para evitar tal situación es necesario mejorar las características resistentes del macizo rocoso, lo cual se puede conseguir con inyecciones de relleno de la(s) oquedad(es).

El tratamiento mediante inyecciones de relleno es la solución adecuada para mejorar las características resistentes de rocas Karsticas.

Existen dos tipos de Karsticidad: fisuras o grietas y oquedades o cuevas; y ambas se encuentran en esta zona. Las primeras se manifiestan en superficie y por los resultados, se puede afirmar -- que alcanza hasta los tres metros bajo el nivel de desplante de la zapata. Las oquedades, según ha quedado establecido, se encuentran entre los 7.00 m y los 12.00 m unas y otras; es muy probable que -- estén intercomunicadas y a su vez las oquedades lo estén con el embalse.

Con el fin de evitar recurrencias del producto de inyección de relleno de las cavidades en la superficie, se deberá realizar en primer lugar, una inyección denominada de contacto en los tres primeros metros de roca bajo la zapata, antes de la propiamente denominada inyección de relleno de las cavidades.

Con la inyección de contacto se conseguirá una consolidación de la roca, que aumentará su resistencia y al mismo tiempo, permitirá elevar las presiones durante la inyección de relleno de las oquedades, sin correr el riesgo de causar subpresiones bajo la zapata.

Por lo tanto se realizará el tratamiento de inyecciones en --
dos etapas:

- Primera Etapa: Inyección de Contacto
- Segunda Etapa: Inyección de Relleno

Para ambas inyecciones se utilizarán los barrenos con las características de ubicación e inclinación proyectados para alojar -- los anclajes.

En las siguientes páginas se presenta la descripción de los dos procedimientos anteriores (inyección de relleno e inyección de contacto).

Dichos procedimientos solo fueron aplicados en la cimentación de Pila No. 3

En la Pila No. 2. no se encontraron oquedades, pero sí la misma roca muy alterada y fisurada, lo que también provocó un gran problema para la perforación de algunos barrenos, que se resolvió a base de inyecciones individualizadas para ir cementando por tramos y así conseguir llegar a la profundidad requerida; además de realizar se los barrenos con perforadoras de rotación, en lugar de usar equipo de roto-percusión, para evitar alteraciones mecánicas a la masa rocosa.

INYECCION DE CONTACTO

Como ya se ha indicado, tiene como finalidad crear un "techo" de roca inyectada que permita obtener una mayor efectividad a la inyección de relleno.

Para que la inyección cumpla la función prevista, la arcilla que rellena las grietas kársticas deberá ser removida, lo cual se consigue con un lavado de la roca que se realiza a través de los mismos barrenos por los que después se inyecta.

En esta primera etapa se perforan los 156 barrenos hasta un nivel de 3.0 m por debajo del nivel de desplante de la zapata.

En las Fig. 12 y 13 se muestra la ubicación de todos los barrenos y su distribución por grupos y zonas para los fines que más adelante se expresan; el diámetro de la perforación será cuando menos de 3".

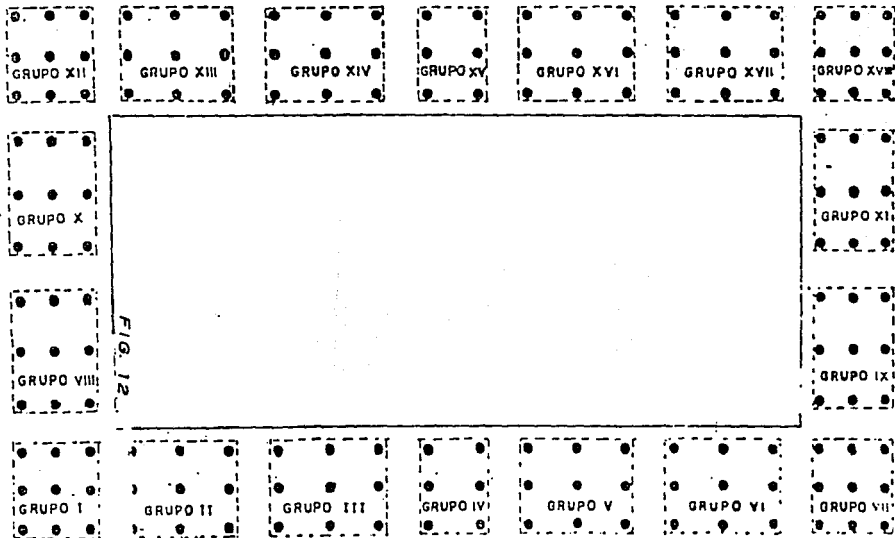
Se realizará a continuación la inyección según dos fases claramente diferenciadas: Lavado e Inyección propiamente dicha.

PRIMERA FASE: LAVADO

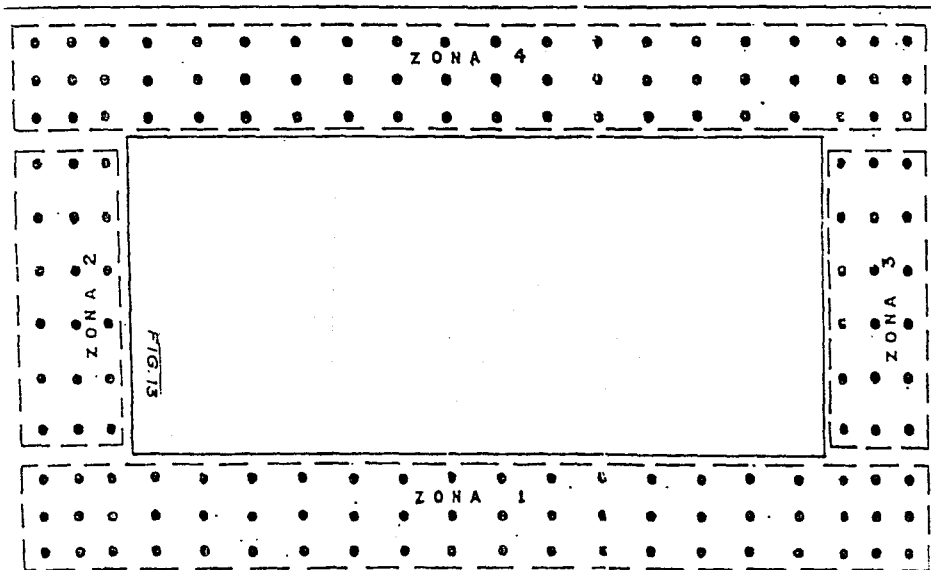
El lavado se realizará por grupos de un máximo de 9 barrenos, comenzando primero por los grupos de la Zona 1, continuando con los de las Zonas 2 y 3, para terminar con los de la Zona 4.

Se podrá trabajar al mismo tiempo en dos grupos de una misma zona siempre que estén separados más de 10.00 m entre sí y que se empleen inyectoras y mangueras independientes. Con la misma condición se podrá estar trabajando al mismo tiempo en las Zonas 2 y 3

DISTRIBUCION DE LOS BARRENOS POR GRUPOS



DISTRIBUCION DE LOS BARRENOS · POR ZONAS



No se podrá trabajar en la zona 4 hasta tanto no se haya finalizado esta fase en las otras zonas.

Como producto de lavado se empleará una solución de sosa cáustica (NaOH) y agua. La concentración de la solución se definirá en la obra apartir de ensayos con la propia arcilla del lugar.

El procedimiento de lavado de la roca por grupos será el siguiente:

- 1) Colocación de obturadores en todos los barrenos del grupo, -- justo por encima del nivel de desplante, de modo que la obturación se produzca dentro de la zapata.
- 2) Inyección alternada de detergente y aire a presión por todos, menos por uno, de los barrenos del grupo hasta que por el mismo deje de salir arcilla disuelta. Lavar e continuación con agua limpia.
- 3) Repetir la operación de modo que el barreno de salida sea -- otro, hasta haber cubierto todo el grupo.
- 4) Continuar con otro grupo.
- 5) Si durante la operación de lavado de un grupo, saliera producto del lavado por un barreno perteneciente a otro grupo, se colocará el obturador en dicho barreno y se continuará con el lavado como si perteneciera al primer grupo.
- 6) Las presiones a emplear en el lavado no deberán ser superiores a 2.0 kg/cm^2 , medidas con manómetro en la boca del barreno.
- 7) Una vez terminado el lavado de un grupo, se podrá proceder a su inyección de acuerdo al procedimiento que más adelante se indica.

- 8) No se podrá estar lavando e inyectando al mismo tiempo.

SEGUNDA FASE: INYECCION

La secuencia de inyección por grupos va a venir determinada por las especificaciones dadas para el lavado, además de las que se indican a continuación:

- 1) Se podrán inyectar dos barrenos pertenecientes al mismo grupo, al mismo tiempo y también a grupos distintos, de acuerdo con las especificaciones dadas para la fase de lavado y que se empleen inyectoras independientes. El resto de los barrenos - por los que no se esté inyectando, pero pertenecientes al grupo en proceso de inyección, permanecerá con los obturadores colocados en posición de abiertos.
- 2) La presión máxima de inyección será de 2.0 kg/cm^2 ; medida en manómetro colocado en la boca del barreno.
- 3) Si estando inyectando un barreno se da la circunstancia de -- que salga producto de la inyección por alguno de los que tienen el obturador abierto, se cerrará éste, colocándole un manómetro y se considerará como inyectado cuando la presión indicada por el mismo sea de 2.0 kg/cm^2 .
- 4) Como producto de inyección se empleará una lechada de cemento con relación agua/cemento = 1/1 hasta llegar a una absorción de 300 kg de cemento por barreno. De superar dicha cifra se aumentará la densidad de la mezcla a la relación a/c = 1/1.5 hasta alcanzar la presión especificada. El contratista podrá proponer la adición de pequeñas cantidades de bentonita a la mezcla con el fin de facilitar su manejo.

INYECCION DE RELLENO

Una vez finalizada la etapa de la inyección de contacto se podrá dar comienzo a la propiamente dicha Inyección de Relleno, cuya finalidad como su propio nombre indica, es la de rellenar las cavidades u oquedades Kársticas.

En esencia, la inyección de relleno es muy similar a la de -- contacto; una fase de lavado de la(s) oquedad(es) con el fin de remover la arcilla y materia orgánica que rellena la(s) misma(s) y -- otra de inyección. El procedimiento, el producto y las presiones de inyección serán completamente distintos.

En este caso, el tratamiento se hará por grupos desde la perforación de los barrenos; esto es, se perforarán cada vez los barrenos pertenecientes a un solo grupo.

Con el fin de impedir el alejamiento del producto de la inyección hacia el embalse u otras oquedades fuera de los límites que nos interesan, se realizará en primer lugar el tratamiento de la Zona 1, a continuación el de las Zonas 2 y 3, finalizando con la Zona 4.

En las Zonas 1 y 4 se podrá trabajar al mismo tiempo en grupos que se encuentren separados más de 10.00 m. Por la misma consideración de la distancia, también se podrá trabajar al mismo tiempo en las Zonas 2 y 3. Sin embargo, no se permitirá ejecutar fases distintas, incluyendo también como tal a la perforación, en dos grupos -- cualesquiera en los que se esté trabajando.

PRIMERA FASE; PERFORACION

En primer lugar se perforarán todos los barrenos de un mismo grupo, siendo 3" el diámetro mínimo de la perforación. Se llevará un registro por barreno de modo que quede bien definida para cada uno de ellos la profundidad a la que se detecta(n) la(s) oquedad(es) y aquella a la que de nuevo se encuentra la roca sana, cuyo nivel será el que defina el final del barreno. Dicho nivel se estima en 12.00 m por debajo del nivel de desplante de la zapata.

De acuerdo con la consistencia del material de relleno de -- la(s) cavidad(es), la perforación en este tramo podrá realizarse a su vez en varias fases, alternando con fases de lavado o inclusive de inyección. De cualquier modo se propondrá el más adecuado sistama de ademado con el fin de conseguir remover el material indeseable del relleno, evitando al máximo operaciones repetitivas en un mismo grupo. El equipo de perforación deberá ser tal que realice barrenos perfectamente cilíndricos para evitar falsas obturaciones.

SEGUNDA FASE; LAVADO

El lavado se realizará por grupos de un máximo de 9 barrenos, siguiendo la secuencia por zonas expresadas anteriormente.

Del mismo modo que en la primera etapa de la inyección de contacto, se utiliza como producto de lavado la sosa caústica (NaOH)

El procedimiento de lavado por grupos será el siguiente:

- 1) Colocación de obturadores en todos los barrenos del grupo menos en uno, por el que se forzará a que salga todo el mate--rial de relleno.

La obturación se llevará a cabo al nivel más bajo posible que permita la consistencia de las paredes del barreno o el sistema de ademe empleado.

- 2) Inyección alternada de detergente y aire a presión por todos los barrenos con obturador, para así forzar a que todo el material de relleno salga por el que está libre.
- 3) Repetir la operación de modo que el barreno de salida sea -- otro hasta cubrir así todo el grupo. Se considerará terminada la fase de lavado en el grupo, cuando por todos y cada uno de los barrenos haya salido agua limpia.
- 4) Una vez terminada la fase de lavado del grupo, se podrá proceder a su inyección de acuerdo con las especificaciones que -- más adelante se indican.
- 5) Las presiones a emplear no deberán superar la cifra de 10.00 kg/cm², medida en la boca del barreno.
- 6) Continuar con otro grupo, teniendo en cuenta que no se podrá realizar esta operación de lavado, si en algún otro grupo se está perforando o inyectando.

TERCERA FASE: INYECCION

Una vez terminada la fase de lavado se podrá comenzar con la de inyección que, a diferencia de la inyección de contacto, podrá realizarse por más de un barreno al mismo tiempo, dependiendo de la capacidad de producción instalada en la Central de Inyección.

El proceso de inyección deberá cumplir al mismo tiempo con las siguientes especificaciones:

- 1) Se podrá inyectar al mismo tiempo por un máximo de tres barrenos en un mismo grupo; el resto de los barrenos por los que no se esté inyectando, permanecerán con los obturadores colocados en posición de abiertos.
- 2) La presión máxima de inyección será de 10.00 kg/cm^2 , valores siempre medidos con manómetro colocados en la boca del barreno.
- 3) Si estando inyectando un barreno se da la circunstancia de -- que sale producto de la inyección por alguno de los que tiene el obturador abierto, se cerrará éste, colocándosele un manómetro y se le considerará como inyectado cuando la presión -- indicada por el mismo sea de 1.0 kg/cm^2 menos que la del manómetro colocado en la boca del barreno por el que se está -- inyectando.

PRODUCTO DE LA INYECCION

El producto adecuado a emplear en una inyección de relleno es el mortero de cemento con adición de bentonita.

La definición de las cantidades de los distintos productos -- que van a mezclarse para obtener como producto un mortero estable y con la resistencia adecuada deberá hacerse en obra a partir de en sayes de viscosidad y resistencia, teniendo en cuenta los principios siguientes.

El mortero formado por una mezcla de agua cemento y arena se define físicamente como una suspensión inestable que es difícilmente bombeable. La adición de bentonita transforma la suspensión inestable en un fluido de comportamiento newtoniano durante el bombeo, lo cual permite su transporte a través de las tuberías y mangueras y facilita su penetración en el medio a ser inyectado. Además, si el mezclado se ha hecho adecuadamente, estabiliza la mezcla impidiendo su segregación en presencia de agua, garantizando así que la resistencia del mortero, una vez haya fraguado en el lugar donde se depositó, será la misma que tenía el producto antes de ser inyectado.

Sin embargo, la viscosidad de la mezcla aumenta fuertemente con la cantidad de bentonita añadida, de tal modo que se puede llegar a la situación de que el fluido se comporte como un gel y no sea bombeable.

La cantidad de cemento aumenta la resistencia pero también la viscosidad y sobre todo, encarece el producto. Por tanto hay que atender a valores de la relación a/c máximos pero que den una resistencia aceptable.

La cantidad de arena aumenta la densidad, lo cual es positivo en el caso de inyección bajo agua y abarata el costo, pero baja la resistencia y hace más inestable la mezcla.

Como base se propone los siguientes valores para llegar a la dosificación adecuada:

- Relación agua/cemento en peso del orden 1/1
- Relación bentonita/agua del orden de 2.5% en peso
- Relación arena/cemento del orden de 1.75/1

El tamaño máximo de la arena deberá ser de 3.0 mm

La tubería para el transporte del mortero hasta la boca del barreno deberá ser de 1 1/4 ".

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION EN PILAS

Para la construcción de las Pilas se estudiaron varias alternativas entre cimbras trepadoras, deslizantes y convencionales, las cuales por la sección y altura de la Pila, así como la alta incidencia del acero de refuerzo, se consideró más conveniente la utilización de una cimbra trepadora denominada "DOKA" por las siguientes ventajas:

- Mejor control de la geometría en la variación de la sección transversal, conforme se incrementa la altura.
- Mejor calidad en el acabado del concreto.
- Rapidez en el desplazamiento por su distribución en módulos, además de su ligereza por tener la superficie de contacto a base de madera.
- Facilidad de desmontaje de los módulos al existir únicamente 2 puntos de anclaje.

La cimbra trepadora "DOKA" está formada por módulos diseñados especialmente, conforme a las necesidades de los elementos a colar, con bastidores de madera de extrema ligereza rigidizados por apoyos con vigas metálicas en las zonas donde se colocan los anclajes y apoyos de las plataformas. Los anclajes están formados por varillas de presfuerzo con placas en los extremos, que fijan la cimbra en el extremo colado y fraguado, para servir de apoyo al siguiente trepado. Para la fijación y nivelación final de los paneles, la cimbra cuenta con husillos, que con solo accionarlos se modifica la posición de los paneles de acuerdo con las indicaciones de la geometría de las pilas.

Para el caso de las Pilas del Puente Papagayo, se utilizaron paneles de 3.20 m de altura para 3.00 m efectivos libres de concreto. El primer colado en la base de la Pila se realiza con cimbra de madera tradicional con 2.44 m de altura y se dejan las preparaciones para fijar los anclajes, para que el segundo se inicie con la cimbra trepadora. (ver fotos 9 y 10)

Para realizar las maniobras de izaje de los paneles de la cimbra y colocación del acero de refuerzo, se utilizó una torregrúa con una capacidad tal que pudiera elevar en su momento, las estructuras que servirán como obra falsa para la dovela sobre Pila, así como todos los elementos de los carros del doble voladizo, ésta torregrúa se utilizó también para la elevación del concreto por medio de bachas con capacidad de 600 lt.

En la figura No. 14 se presenta la cimbra trepadora "DOKA" que cuenta para su operación con tres paneles o plataformas de trabajo: la localizada en la parte superior se utiliza en la colocación del acero requerido, así como la colocación del concreto. La parte intermedia para la operación del desplazamiento y fijación de la cimbra del dispositivo. La parte inferior para la limpieza y de tallado del concreto del trepado anterior.

(ver fotos 11 a la 15)

AUTOPISTA: CUERNAVACA - ACAPULCO
TRAMO: TIERRA COLORADA - ACAPULCO
OBRA: PUENTE "PAPAGAYO" KM. 42 + 420

CIMBRA DOKA PARA CONSTRUCCION DE PILAS

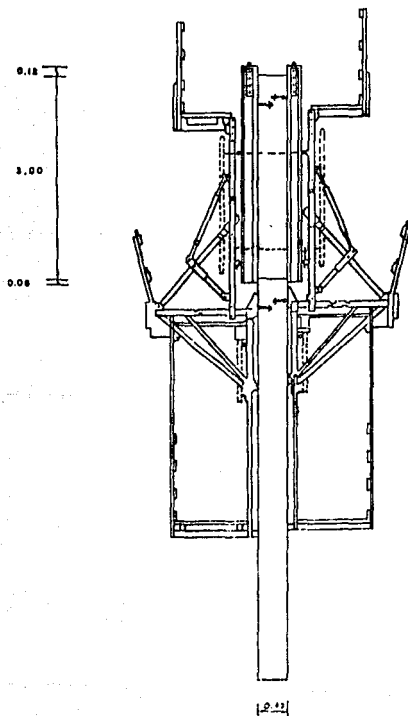
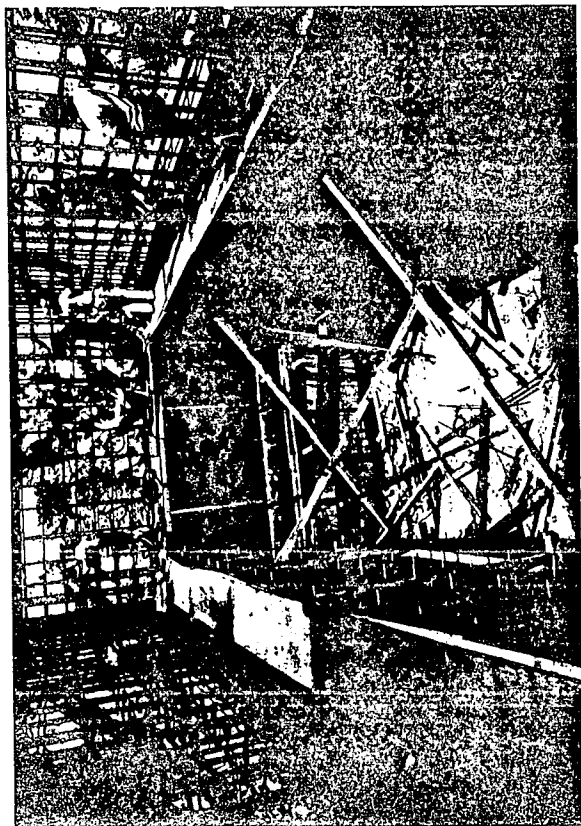


FIG. 14



Colocación de la cimbra tradicional en el primer colado de la Pila hasta una altura de 2.44 m.

FOTO 9

Rescimbardo de el primer colado, en el cual se dojan los dos puntos de anclaje para la colocación de la cimbra trenadora " DOKA " , y poder apreciar el armado utilizado en los siguientes frentos.

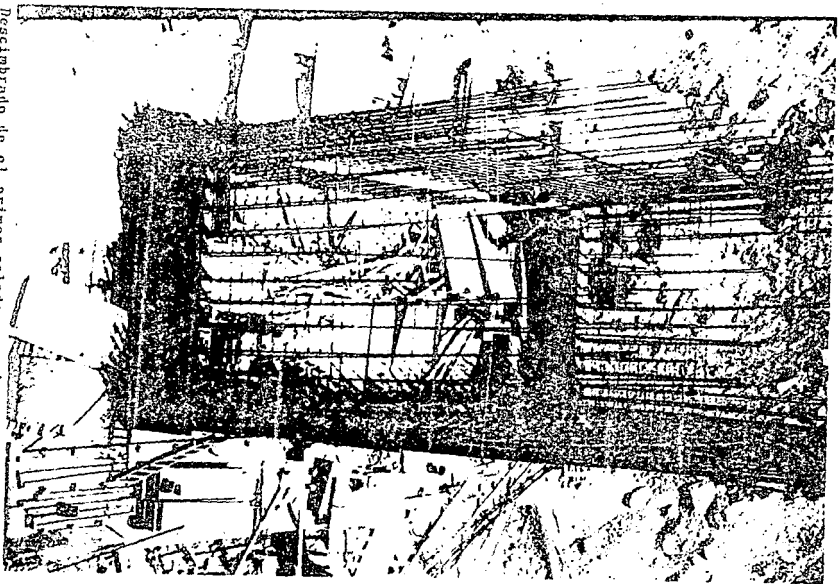
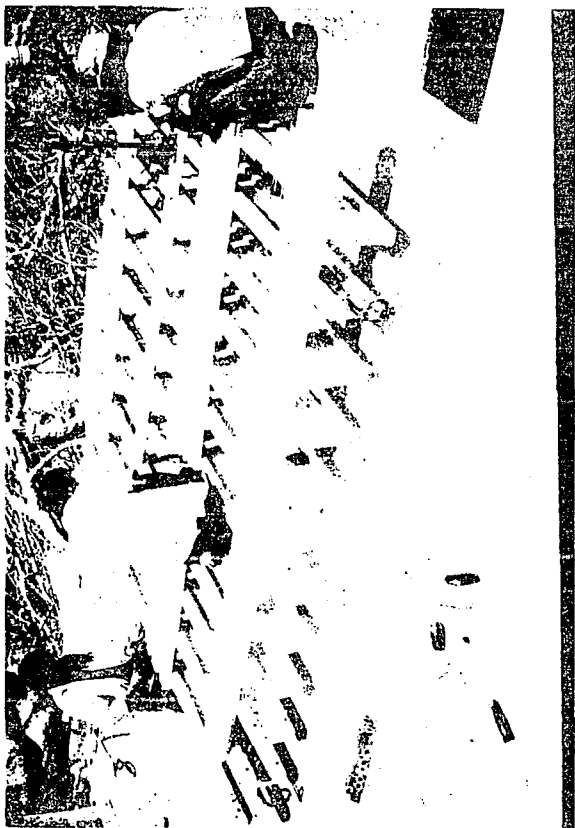
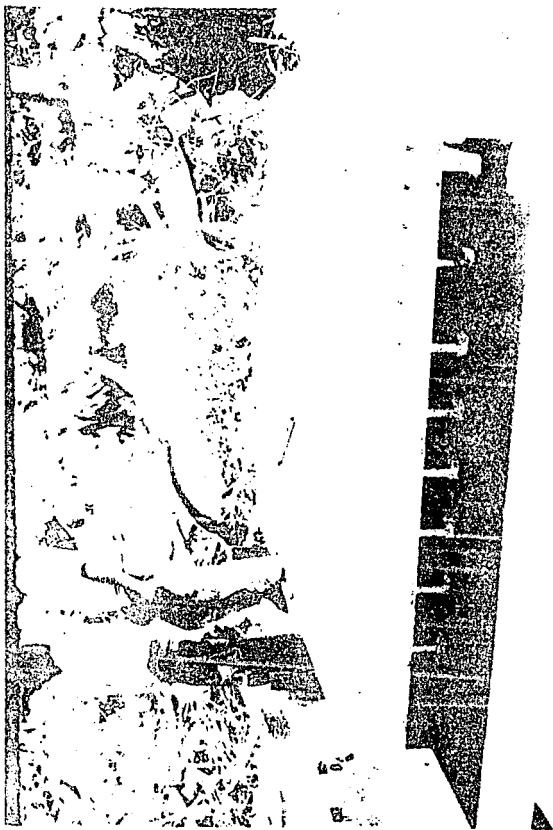


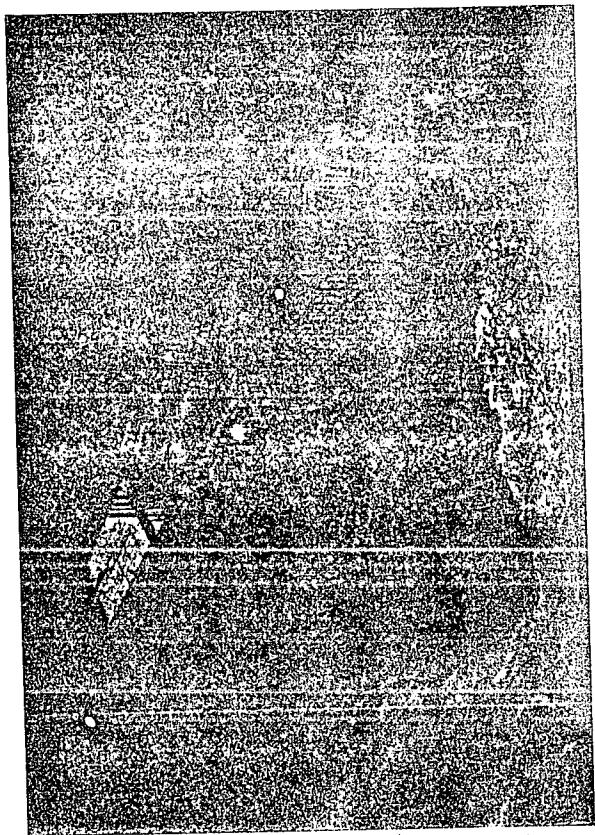
FOTO 10



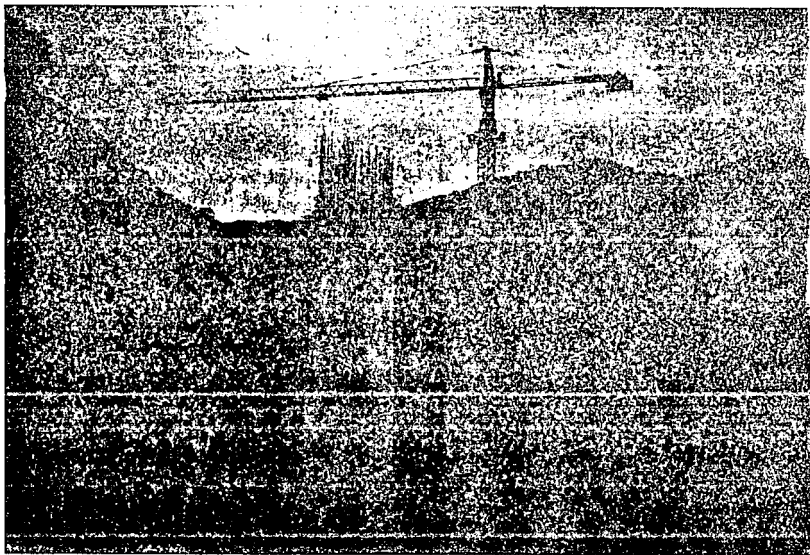
Armado de los elementos que conforman la cimbra trepadora
" DOKA " los cuales la hacen muy ligera y manejable.



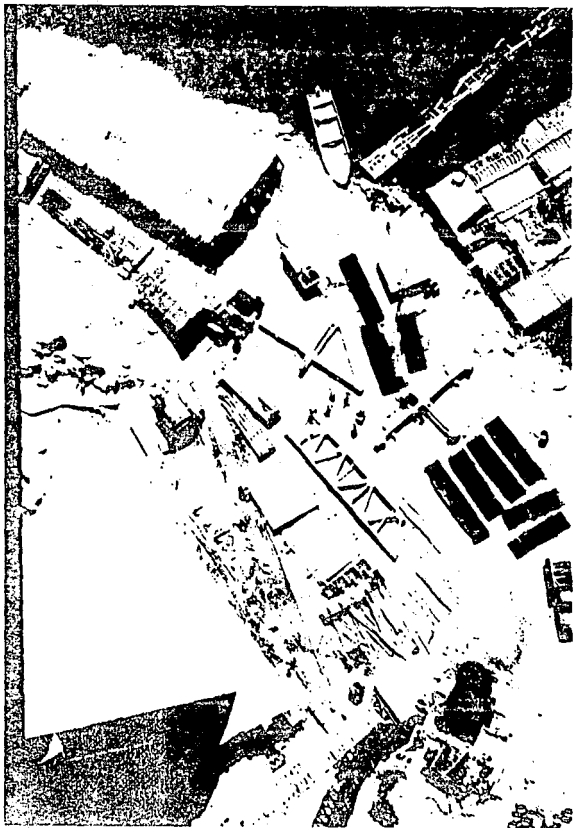
Panel de cimbra "POKA" terminado.



Primer trepado de la cimbra " DOKA " anclada en dos puntos dejados en el trepado anterior.



Trepado de la cimbra casi a la mitad de la altura de la Pila, se puede observar la torre-grúa como elemento de apoyo para los trepados y el colado.



Terminados los trabajos se bajan los dispositivos de la cimbra a la base de Pila.

EQUIPO

Se presenta a continuación algunos detalles descriptivos y de operación del equipo usado:

MALACATES

Generalmente constan de un tambor de acero que se acciona mediante una toma de fuerza o motor, ya sea eléctrico, de gasolina o diesel.

Los controles que se utilizan en estas unidades pueden ser manuales o automáticos, y están equipados con un freno de trinquete - que sirve para reducir el movimiento o para detener el tambor cuando se requiera; comúnmente los malacates cuentan con una palanca -- que acciona el embrague principal, haciendo girar el tambor en cualquier dirección.

Pueden auxiliarse también de una estructura en forma de triángulo llamada pluma, la cual está provista en su parte superior de una polea por la que circula un cable de acero; que es enrollado en el tambor del malacate.

Los malacates son manuales o portátiles, y se encuentran montados sobre camiones, tractores de llantas y sobre orugas.

Se clasifican de manera general en: gasolina, eléctricos y de diesel.

Estos elementos se utilizarán en la elevación de materiales, además forma parte de las torres-grúa como elemento auxiliar.

TORRE-GRUA

Es una estructura metálica angular, muy esbelta, que está fija en su base, sobre una cimentación resistente.

La parte superior de la torre lleva una estructura recta perpendicular a ella, pivotada en el centro, para que pueda girar en cualquier sentido. En uno de sus extremos lleva el sistema de cables accionados por un malacate eléctrico para efectuar las maniobras de carga y descarga. En el otro extremo, lleva los contrapesos necesarios para conservar el equilibrio de la estructura.

Las torre-grúa además, están constituidas por elementos empalmados que permiten conseguir fácilmente la altura deseada; además de una cabina de mando. Utilizada en la elevación de grandes volúmenes.

REVOLVEDORAS

Según su uso se podrán clasificar de la siguiente manera

- a) Revolvedora de construcción
- b) Revolvedora de tránsito
- c) Revolvedora de pavimentos

El tamaño de las revolvedoras generalmente se especifican por pies cúbicos para las de construcción y de pavimentos, y en yardas cubicas para las de tránsito, acostumbrandose aún en muchas obras la antigua práctica de especificarlas por sacos de cemento de capacidad.

Las revolvedoras de construcción que son las que nos interesan, podran dividirse en dos tipos:

- 1.- Estacionarias; usadas en las plantas de premezclado, de este tipo la más usada es la de turbina horizontal.
- 2.- Basculantes (de trompo) y de tambor; las de trompo tienen capacidades usuales de su interior entre 100 y 260 lt , las de tambor poseen capacidades que varían generalmente entre 170 y 308 lt.

En lo referente a la operación de abastecimiento de los materiales para una bachada, es recomendable depositar primeramente los más finos junto con parte del agua de mezclado y finalmente el agregado grueso, con el se depositarán los materiales en la tolva de abastecimiento de fino y grueso, incluyendo el agua al mismo tiempo de depositar los materiales en el interior del tambor para lo cual estas revolventoras poseen un depósito en la parte superior de las mismas, el que puede ser calibrado para dejar pasar únicamente el agua requerida por bachado.

La producción de una revolventora, se expresa en yardas cúbicas de concreto mezclado por hora, varían dependiendo directamente del tamaño de las mismas y de las condiciones en que se trabaje, se tiene así que el número de bachadas producidas por hora dependerá del tiempo promedio que se lleve el abastecimiento, mezclado y vaciado de la misma, dependiendo también del operador de la clase de recipientes con que se cuenta para el transporte del concreto.

VIBRADORES

En la actualidad, cuando se trata de una edificación de importancia, resulta absolutamente necesario, el uso de vibradores para los colados de concreto, cualquiera que sea el volúmen de éste.

Su uso consiste en eliminar el aire que se encuentra dentro del concreto a base de vibraciones.

Las ventajas que nos proporciona son las siguientes:

- a) Permite utilizar un concreto más seco, con el consiguiente -- aumento de la resistencia debido a la reducción del contenido del agua.
- b) La reducción del agua permite una reducción de cemento y agregado fino.
- c) Reemplaza el trabajo del personal que haga el vibrado a mano.
- d) Reduce el costo de terminación de la superficie por la utilización de concreto más seco y permite la remoción de cimbra con mayor rapidez.

Los vibradores constan de un motor que puede ser de gasolina o eléctrico o pueden estar accionados por aire proporcionado por -- un compresor y que transmite una vibración a través de una manguera a una masa metálica terminal que es la que se introduce en la mezcla de concreto.

El vibrador deberá permanecer en un mismo sitio, sólo el tiempo necesario para reducir el concreto a su alrededor a una masa -- plástica, de lo contrario se segregará el agregado.

BOMBAS DE CONCRETO

Sin duda uno de los elementos que más ayuda, proporcionan — para los colados de grandes volúmenes de concreto a cualquier nivel y en los lugares más difíciles, son las bombas de concreto.

Constan en forma general, de una bomba accionada por un motor de combustión Diesel, una tolva de almacenamiento, con un agitador para evitar la segregación, que van colocados sobre un chasis móvil y que bombean el concreto de bajo revenimiento a través de un tubo de acero hasta la estructura por colar.

El uso de las bombas de concreto, es particularmente ventajoso en el revestido de túneles o cuando sea necesario colocar el concreto en lugares que no sean fácilmente accesibles a los equipos de mezclado, manejo y colado.

Con éste equipo se reduce bastante el tiempo de colado y el número de trabajadores para este fin, con el consiguiente ahorro — tiempo-hombre.

BOMBAS DE AGUA

Estas máquinas se encuentran montadas sobre ruedas neumáticas o sobre una base metálica, y están acopladas a motores de gasolina, diesel o eléctricos.

Operan arrojando hacia afuera el agua que entra a ellas a través de una manguera por medio de aspas que giran rápidamente.

El cuerpo de la bomba es una caja rígida que sirve de soporte al mecanismo de bombeo y como tanque de almacenamiento para el surtido de agua.

SIERRA CORTADORA DE CONCRETO

Cuando se hace necesario cortar elementos de concreto, es muy útil el uso de sierras cortadoras, siendo éste, un equipo que para un volúmen considerado de concreto a demoler, proporciona un ahorro considerable y un trabajo mucho mejor terminado.

Estas sierras están constituidas por un motor de gasolina montado sobre un bastidor de dos ruedas, que impulsa una sierra cortadora redonda metálica, guiada por una barra delantera indicando la línea de corte.

Está dotada de una conexión de agua a través de mangueras, — para enfriar por este medio la hoja cortadora y una tapa protectora para la sierra. Como complemento lleva unos manguitos a la altura media para que sea manipulada por un operador.

TRACTORES

Maquinaria muy usada en la construcción, ya que tiene gran variedad de usos como con movimientos de carga ya sea empujándolas o jalándolas, como monturas para cuchillas, plumas laterales, cucharones de carga frontal, etc.

Por el tipo de cuchilla frontal puede ser:

- a) Bulldozer o Dozer equipado con cuchilla recta
- b) Angledozer o Dozer equipado con cuchilla angulable

El equipo adicional que además de las cuchillas anteriores se puede adoptar al tractor son:

- a) Cuchilla de varios tipos como la de la hoja "U" que sirve para empujar tierras, y la hoja Rome que es especial para desmonte.
- b) Rastrillo desenraizador con 10 dientes los cuales son encajados en el terreno y van rompiendo todo tipo de raíces que se encuentra en su camino.
- c) Ariete empujador de árboles; es una estructura triangular que va colocado sobre los brazos de la cuchilla y alcanza una altura de 5 m , en esa altura el tractor se apoya con el ariete para derrumbar árboles.
- d) Arado, cuando se trabaja en lugares donde la dureza del material impide la carga de las escrapas, es necesario -- usar el arado para aflojar el material.
- e) Grúas; son aquellas que con ayuda de una pluma lateral, pueden subir y bajar materiales, por ejemplo tubos, etc.
- f) Cucharon Frontal; para usarse como excavador o cargador.

Los tractores se dividen en dos tipos principales:

Tractor de Orugas
Tractor de llantas

USOS EN LA OBRA

- Explotación de Bancos de Materiales
- Realización del camino de acceso
- Movimiento de materiales

CARGADOR FRONTAL

Los cargadores frontales son tractores que tienen un cucharón o bote instalado en la parte delantera que secciona mediante dos -- brazos articulados que trabajan por medio de un sistema hidráulico, los movimientos del cucharón se controlan a través de gatos hidráulicos.

Existen varios tipos según la descarga y forma de desplazarse

- a) Descarga frontal
- b) Descarga lateral
- c) Orugas
- d) Llantas

Diferentes tipos de cucharón o botes dependiendo del material por excavar.

- a) Cucharón para roca bien tronada
- b) Cucharón de empleo general
- c) Cucharón de descarga lateral
- d) Cucharón de uso múltiple
- e) Cucharón para demolición
- f) Cucharones retroexcavadores

USOS EN LA OBRA

- a) Acarreo corto de materiales
- b) Llenado de camiones para acarreos largos
- c) Movimiento de tierras

TRANSPORTES

Son vehículos que se desplazan a grandes distancias por medio de llantas, y que se diseñan para transportar a altas velocidades - tanto equipos de maquinaria, como cargas y volúmenes de gran tamaño.

Generalmente tanto los camiones grandes y los ligeros que se utilizan para circular dentro de las carreteras, así como los que se emplean exclusivamente para trabajos fuera de ellas, emplean -- llantas dobles de propulsión, y constituyen en sí el equipo representativo de éstas máquinas.

Los camiones que se utilizan para dentro de las carreteras, y que normalmente alcanzan velocidades promedio de 100 km/hr o más, - cumple con los requisitos de circulación para un ancho común y una altura determinada, y a diferencia de los camiones que se proyectan para fuera de las carreteras, en que no se sujetan a ninguna restricción legal respecto al peso o tamaño y que pueden ser de una -- anchura de 2.50 a 4.50 m pueden alcanzar velocidades máximas de 70 km/hr aunque su potencia y las pendientes permitan velocidades mayores.

El motor de los diferentes tipos de camiones que varía en modelo y tamaño, puede ser de gasolina, diesel, butano, propano y de algunas otras derivaciones más.

Los camiones para dentro de las carreteras como los de uso exclusivo fuera de ellas se dividen en:

- a) Volteos
- b) Volquetes
- c) Vagonetas
- d) Dumptors
- e) Plataformas

Volteos.- Equipos exclusivos para el transporte o acarreo del material extraído, y diseñado para circular dentro y fuera de carreteras tanto por los camiones de tipo ligero como pesado.

Estas máquinas, que son las que más frecuentemente se utilizan en los trabajos de excavación, constan principalmente de una caja metálica o volteo, de una cabina de control, de un chasis, y de varias llantas neumáticas para desplazarse.

La caja o volteo, que es de accionamiento hidráulico y descarga trasera, puede ser del tipo ordinario o del que se usa para rocas y canteras, aunque también las hay con equipo desmontables, donde de la caja o recipiente que se deposita sobre el suelo para la carga, es levantada dentro del camión y devuelta a éste mediante un sistema elevador hidráulico o mecánico, y donde un sólo camión es capaz de trabajar con varios recipientes a la vez acomodándolos uno encima del otro.

El camión de volteo es el medio más eficiente para las obras donde las distancias son grandes y donde los caminos se conservan en buen estado, aunque en algunas ocasiones se tengan que emplear para fuera de las carreteras y en terrenos poco accesibles.

Vagonetas.- Unidades diseñadas exclusivamente para efectuar grandes movimientos de tierra, soportados sobre uno o dos ejes de llantas y articuladas a un tractor o camión para su desplazamiento.

Estas máquinas que básicamente constan de una caja montada sobre un bastidor y de un vehículo propulsor que se mueve a base de diesel, se clasifican en semirremolques y remolques.

Cuando el bastidor va apoyado únicamente en su parte trasera mediante sus propias llantas y soportada al frente sobre las ruedas propulsoras del tractor o del camión, se llama semiremolque, pero cuando el bastidor va apoyado en ambos extremos en sus respectivos ejes de rucda, y de manera que ningún peso descansa sobre el vehículo propulsor, se llama remolque.

La caja que generalmente es de funcionamiento hidráulico, de forma alargada, y de un ancho mayor en la parte superior que en la base, pueden ser descarga por el fondo y mediante un sistema de compuertas que se abren longitudinalmente, o bien de descarga lateral con vaciado para uno o ambos lados. Tanto las cajas de descarga lateral como las de fondo pueden ir montadas sobre remolques o semiremolques.

Equipo usual para acarreos de grandes volúmenes de agregados, revestimientos y de materiales suaves para caminos y presas.

Generalmente los equipos con descarga de fondo están proyectados para formar terraplenes y para trabajos sobre terreno irregular; los de descarga lateral que pueden trabajar a altas velocidades, se utilizan para construir las orillas de los terraplenes y en donde se tienen que cubrir grandes distancias.

Plataformas.- Unidades diseñadas para circular dentro de las carreteras y transportar de un lugar a otro toda clase de maquinaria y equipo.

Generalmente son vehículos con forma de trailers, diseñados con una plataforma baja y una resistente rampa de acero, que se adapta en el extremo posterior de la máquina para facilitar la

carga y descarga.

Entre los remolques de plataforma que son arrastrados por camiones de tipo pesado o por tractores de cuatro y de dos llantas, se distinguen dos grupos principales:

- a) Remolques de ejes delanteros y trasero, con plataformas de tipo horizontal y carga trasera.
- b) Remolques de ejes traseros con plataforma de tipo horizontal, inclinable, de traveses o de vigas I, y con la parte delantera o cuello de cisne que apoyada sobre las llantas propulsoras del tractor, permiten que la carga pueda realizarse por detrás mediante la rampa de acero, o por delante desconectando el cuello de cisne.

La carga lateral no es muy frecuente pero es efectuada por cualquier remolque de plataforma.

Estos vehículos son proyectados exclusivamente para el transporte de maquinaria y equipo, incluyendo postes, mástiles, troncos y elementos prefabricados.

COMPRESORES

Son máquinas destinadas a comprimir el aire o mezclas gaseosas, a una presión superior a la atmosférica, o dicho de otra manera, son aparatos que absorben el aire de la atmósfera, para comprimirlo y enviarlo por mangueras, a los diversos equipos y herramientas de perforación.

Básicamente éstas máquinas, que pueden ser del tipo portátil o estacionario, van montadas sobre una plataforma o chasis que se apoya sobre dos o cuatro ruedas neumáticas o de acero, y sobre la cual descansa un compresor, y un motor de tipo eléctrico o de combustión interna, el cual se acciona por medio de diesel, vapor o gasolina.

Existen también unidades conjuntas de tractor-compresor, que trabajan tan eficazmente como cualquier otra máquina por separado, y con frecuencia podemos observar, compresores montados tanto en camiones, como en equipos y plataformas especiales.

Dependiendo del tipo y forma en que se comprime el aire y considerando que todas éstas máquinas son de "uno o dos pasos" se dividen en:

- a) Compresores de pistón
- b) Compresores giratorios (De aspas y de tornillos)

Generalmente éstas máquinas que se utilizan para comprimir el aire a altas presiones, y para el accionar de los diferentes equipos de perforación, son muy comunes en la explotación de minas y canteras, y para el uso general de herramientas neumáticas en grandes obras de construcción.

PERFORADORAS

Este equipo que como su nombre lo indica, está diseñado exclusivamente para los trabajos de perforación, barrenación y demolición, y que además de encontrarse en una gran variedad de formas y tamaños cuenta con una aplicación muy importante en el campo de la construcción.

En general las perforadoras, que van desde el pequeño aparato de fácil manejo, hasta las grandes y complicadas máquinas de perforación, son herramientas formadas por un mecanismo apropiado para producir los efectos de percusión y de rotación de la barrena que accionada mediante un motor de gasolina, diesel o eléctrico, o por compresor, va provista normalmente de una broca en su extremo de ataque, o bien terminada en punta.

Así mismo la gran variedad de perforadoras que dependiendo de su tamaño y aplicación, pueden montarse en barras o varillas de acero, carretillas, vagones, carros de perforación, tripodes, orugas, camiones, torres, plumas, y en un sin fin de plataformas y equipos especiales, son diseñadas adecuadamente con un control que les permite através del interior de la broca y la barrena, el bombeo de aire, agua o lodo; cuya finalidad es conservar y lubricar la broca, extraer los fragmentos barrenados y mantener la presión necesaria en las paredes del agujero evitando que se derrumben.

BACHAS DE CONCRETO

La bacha de concreto está constituida por un bote metálico de gran capacidad con una compuerta en su parte inferior para poder -- descargar el concreto que se había puesto en él.

La bacha puede ser levantada con una grúa de cualquier tipo, dependiendo de su tamaño de la distancia y de la altura a la que -- vaya a ser transportado el concreto.

La manera de trabajar es mediante el llenado de la bacha con concreto, llevado hasta ella por una cuba agitadora, el concreto es elevado por la torre-grúa fija y transportado hasta el sitio donde se requiera, descargandolo con sólo abrir la compuerta inferior de la bacha, para finalmente colocarlo en el sitio requerido.

SUPERSTRUCTURA

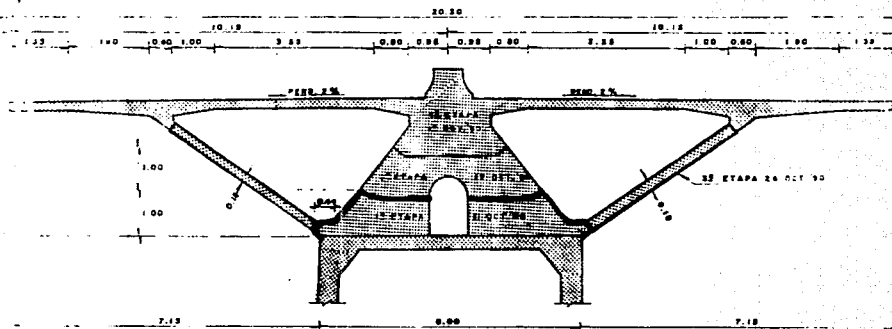
En las figuras siguientes (15, 16 y 17) se muestran los elementos de la superestructura, dovela sobre pila y dovela de voladizo con las diferentes etapas de colado en cada una y el volumen de concreto en la dovela sobre pila.

Se observan también las características de la costilla, donde serán alojados los cables de presfuerzo longitudinal, teniendo una altura sobre la pila de 10.0 m y 0.74 m de ancho y con dimensiones en el centro del claro 0.90 m por los mismos 0.74 m de ancho.

En la parte central de la dovela se cuenta con un paso para la realización de inspecciones a las dovelas y en la losa inferior de la dovela sobre pila, se cuenta también con un paso circular de 0.80 m de diámetro para poder bajar a inspeccionar el cuerpo de pila, esto solo en las pilas principales.

FUENTE PAPAGAYO

DOVELA SOBRE PILA



ETAPAS DE COLADO PROPUESTAS EN DOVELA SOBRE PILA 3

FIG. 15		PRIMERA ETAPA	VOL.	35.39	M ³
		SEGUNDA ETAPA	VOL.	20.15	M ³
		TERCERA ETAPA	VOL.	5.26	M ³
		CUARTA ETAPA	VOL.	64.20	M ³

"PUENTE PAPAGAYO"

KM. 42 + 420

DOVELA SOBRE PILA 3

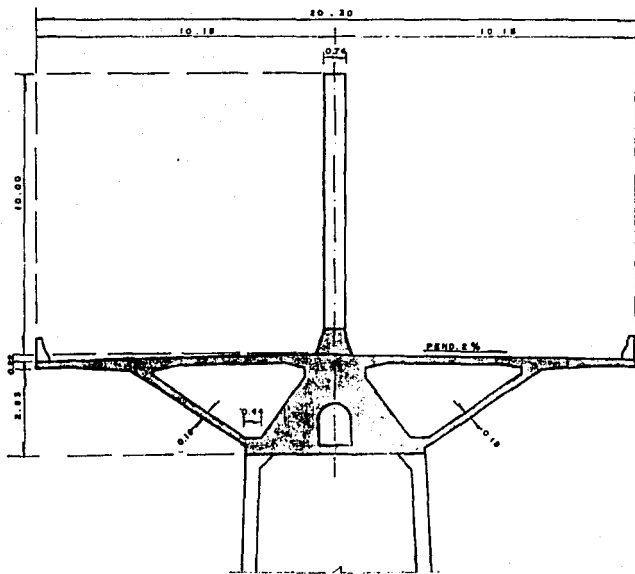


FIG. 10

De la figura 18 a la figura 22 se presentan las características de los dispositivos móviles de colado.

Los dispositivos usados para la construcción del Puente "Papa gayo" son propiedad de la S.C.T. y fueron utilizados en la construcción del Puente Tampico, los cuales fueron modificados para adaptarlos a la geometría de la superestructura, a las armaduras se les incrementó la longitud y se reforzaron para ajustarlas al ancho de la superestructura de 20.30 m totales, de los 16.10 m que tenía originalmente.

(ver foto 16)

PUENTE PAPAGAYO

SECCION DE DOVELA

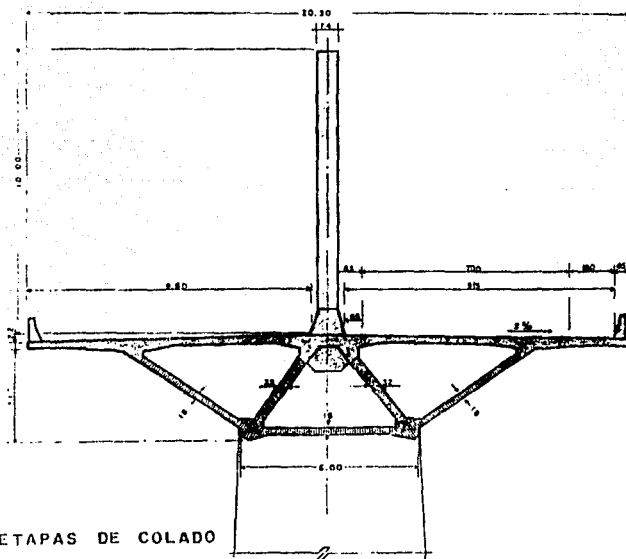
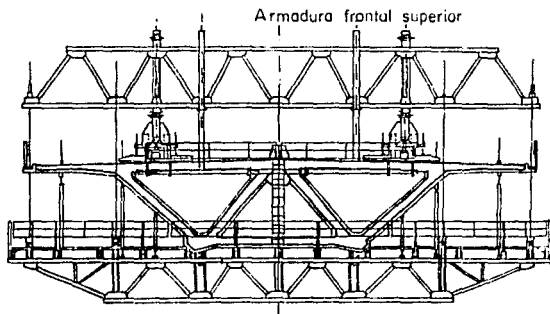


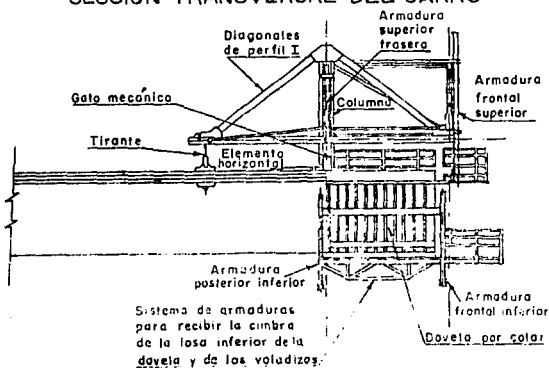
FIG. 17

AUTOPISTA: CUERNAVACA - ACAPULCO
 TRAMO: TIERRA COLORADA - ACAPULCO
 OBRA: PUENTE PÁPAGAYO KM 42+420

DISPOSITIVOS MÓVILES DE COLADOS



Armadura frontal inferior
SECCION TRANSVERSAL DEL CARRO

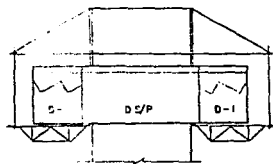


SECCION LONGITUDINAL DEL CARRO

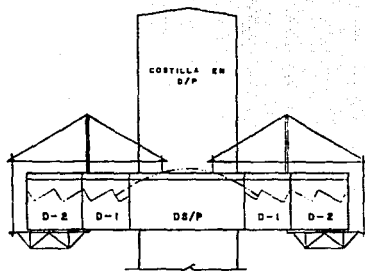
FIG. 18

AUTOPISTA: GUERNAVACA - ACAPULCO
 TRAMO: TIERRA COLORADA - ACAPULCO
 OBRA: PUENTE "PAPAGAYO" KM. 42+420

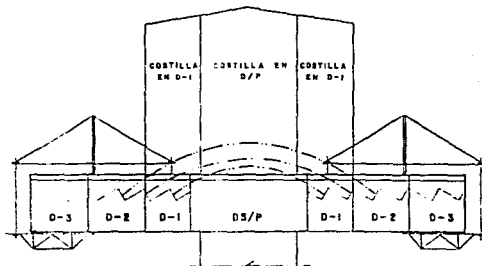
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE
 SUPERESTRUCTURA



COLADO DE DOVELAS D-1



COLADO DE COSTILLA EN DOVELA SOBRE
 PILA Y DOVELAS D-2



COLADO DE COSTILLA SOBRE DOVELA D-1 Y DOVELA D-3

FIG. 19

FIG. 20

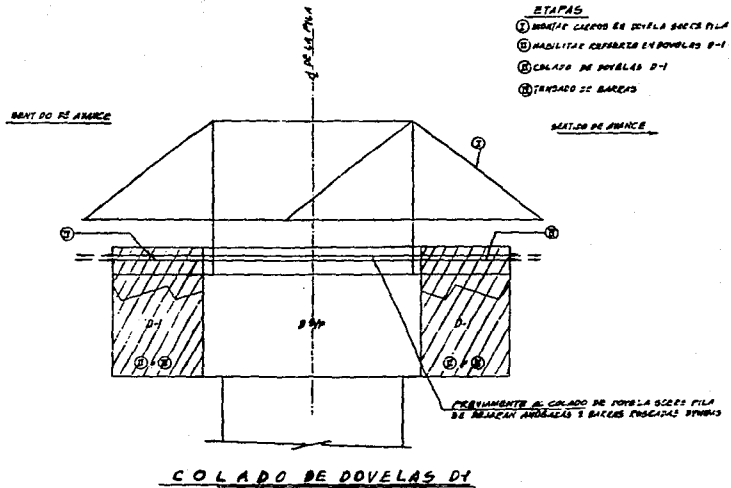
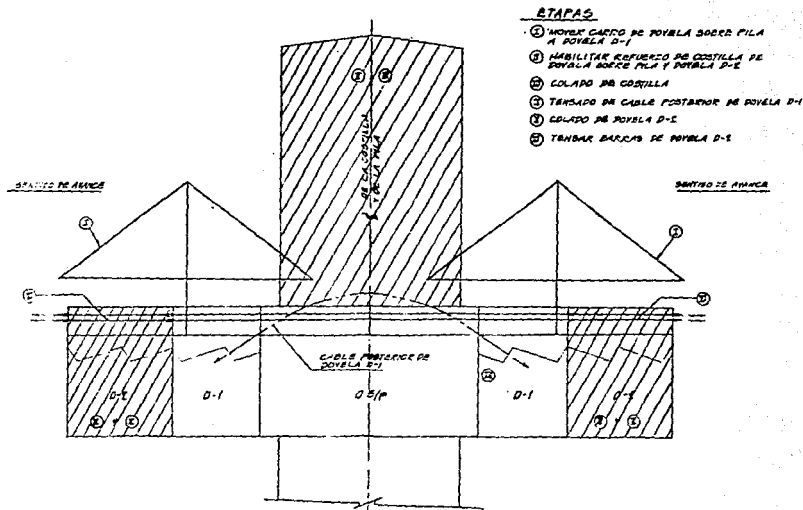


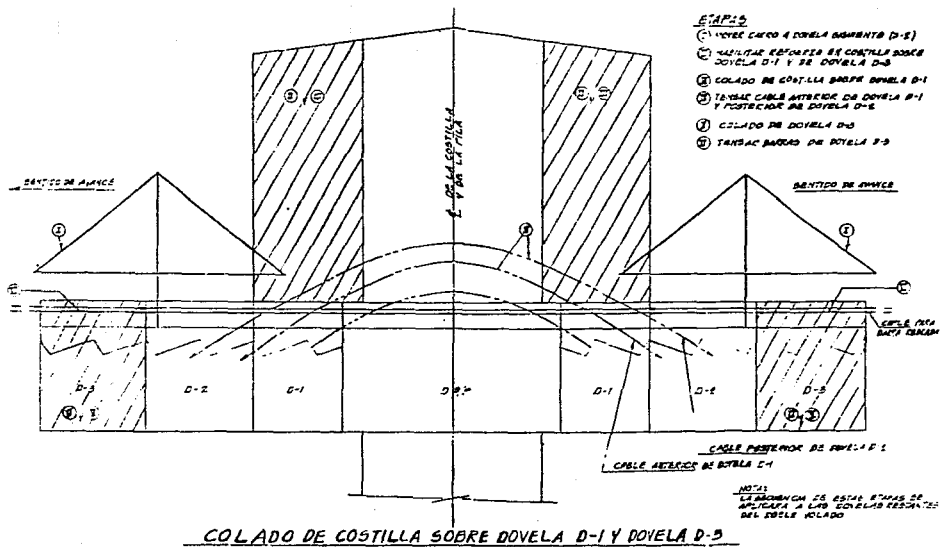
FIG. 21



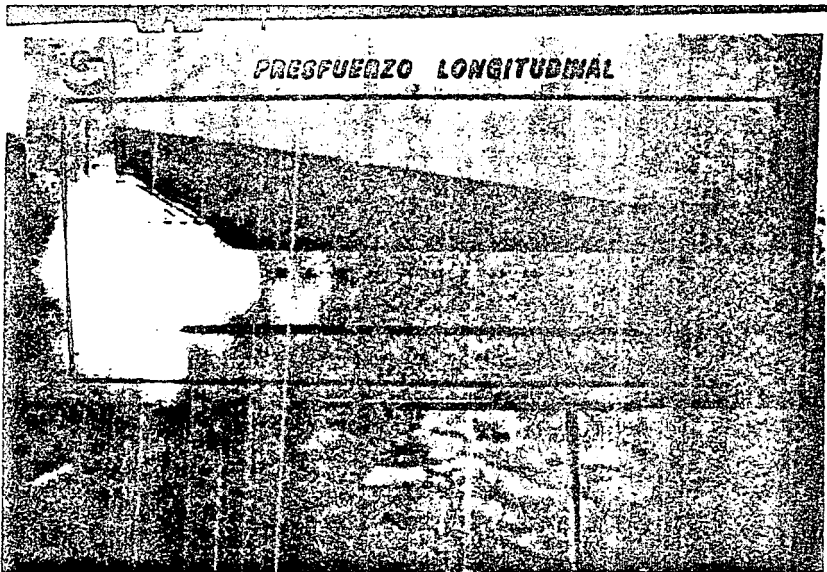
ETAPAS

- ① MOVER CARRO DE DOVELA SOBRE PILA A DOVELA D-1
- ② HABILITAR REFUERZO DE COSTILLA DE DOVELA SOBRE PILA Y DOVELA D-1
- ③ COLADO DE COSTILLA
- ④ TENSADO DE CABLE POSTERIOR DE DOVELA D-1
- ⑤ COLADO DE DOVELA D-1
- ⑥ TENDAR BARRAS DE DOVELA D-1

COLADO DE COSTILLA EN DOVELA SOBRE
PILA Y DOVELAS D-1



PRESFUERZO LONGITUDINAL



Representa el presfuerzo longitudinal que se aplica en el puente, conducido en la coga central por medio de paf-
nas. En la superestructura del puente se presen-
tan 4 elementos identicos al mostrado. FOTO-16

La superestructura será construida por el procedimiento de -- avance en voladizo sucesivos, que cumple de un modo perfecto las -- condiciones de independencia con respecto al río y reducción al mínimo de andamios y encofrado. En este sistema la primera condición se cumple después de construir las cimentaciones y elevar las pilas y la segunda también se realiza al máximo, pues el andamio consiste en un carretón que avanza sobre la parte construida, se fija a ella y queda en voladizo para ejecutar una sola sección, cuya longitud es de 3.50 m. El encofrado corresponde escuetamente a la superficie de esta sección, el desencofrado es sencillo y la colocación -- también, pues se llevan los elementos en el carro, con lo cual los movimientos a mano son mínimos, siendo preciso únicamente acomodar los costados, reduciendo la altura en el caso de dinteles de canto variable, que en el caso del Puente "Papagayo" es de dintel de canto constante. Como la zona de trabajo resulta muy reducida, se le puede dotar de todos los elementos para la realización de la ejecución del modo más cómodo y seguro, defendiéndola de la lluvia, del viento, de las heladas, etc. En algunas ocasiones, en este tipo de sistema se puede disponer de un compartimento en el cual se llega a hacer curado acelerado por vapor.

CICLO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA DOVELA

Concluida la plataforma, se procede a la construcción de la primera pareja de dovelas, la secuencia de actividades es la siguiente:

- 1) Colocación y nivelación de la cimbra para el colado de la losa inferior y aleros exteriores.
- 2) Colocación de cimbra en mogotes.
- 3) Acero de refuerzo en la losa inferior y nervaduras.
- 4) Colado de la primera etapa (losa inferior).
- 5) Colocación de cimbra en nervaduras.
- 6) Colado de la segunda etapa (nervaduras, exteriores e interiores).
- 7) Colocación y nivelación de paneles en losa superior.
- 8) Acero de refuerzo en losa superior, mogotes y costilla.
- 9) Colado de la tercera etapa (losa superior, mogotes y la parte de la costilla del tramo anterior).
- 10) Tensado de cables transversales, barras longitudinales y diagonales en dovela No. 1

El programa original presentado ante la S.C.T. , consideraba un tiempo promedio de 15 días para la construcción de una pareja de dovelas; a base de adiestramiento en la ejecución de las actividades, incrementando la fuerza de trabajo y prolongando los turnos se ha logrado reducir el ciclo a 7 días en promedio.

Es importante hacer notar que para efectuar el movimiento de los dispositivos, es necesario haber tensado los cables, barras diagonales y longitudinales de la dovela anterior, después de haber logrado el concreto el 80% de resistencia. Asimismo, para el colado de esa dovela debe estar tensado el presfuerzo longitudinal hasta la dovela anterior, para lo cual se requiere el colado de una sección de costilla donde se alojan los cables longitudinales, una vez logrando alcanzar el porcentaje de su resistencia.

CONSTRUCCION SUPERESTRUCTURA TRAMO 4-5

Habiéndose programado construir la superestructura de este -- tramo en particular con su sección transversal de cajón cerrado, co rrida en toda la longitud del tramo (da Pila 4 a Estribo 5), no -- se construirá conforme a las dovelas típicas de los tramos preceden tes 1-2, 2-3 y 3-4.

Para tal efecto, se ha previsto como fase previa a esta acti- vidad tener ya concluida la subestructura del tramo en cuestión, -- osea, terminada la Pila 4 y el Estribo 5, ya que obviamente en es-- tas estructuras se apoyará la citada superestructura.

Antes de concluir la construcción de la pila 4, habrá que de- jar instalada en ella, las retenidas contra sismo transversal a -- "muertos de anclaje" tanto en el lado aguas abajo, como el de aguas arriba, tratándose sólo de un cable de presfuerzo de 4 torones de 13 mm.

La obra falsa para poder satisfacer el requerimiento de cons- truir la superestructura de este tramo es de andamiaje tubular, que proporcionará el apoyo para todo el sistema de piso, andamiaje y -- troquelado, necesarios para efectuar posteriormente el colado del - cajón por etapas.

Todo el sistema de piso del área de trabajo se apoyará sobre unas 15 hileras de marcos tubulares, cubriendo así 20.30 m de ancho por 21.00 m de longitud y 16.00 m de altura promedio.

Cada hilera de marcos, normales al eje longitudinal del puen- te, lo conforman 10 marcos tubulares de 1.50 m (ancho) X 2.00 m (altura), permaneciendo entre uno y otro, espacios de 0.60 m (9 en total), completándose así los 20.30 m requeridos.

Las hileras de marcos van espaciadas según el eje longitudinal del puente, a 1.50 m una de otra, sujetas entre sí por crucetas rigidizadoras. (Fig. 23 , 24 y 25)

La última hilera superior de marcos tubulares se remata con un travesaño metálico (viga) sobre el cual se apoya el sistema de piso, constituido por tablonos en madera de 2" X 12".

"PUENTE PAPAGAYO"

KM. 42 + 420

TRAMO P4-E5

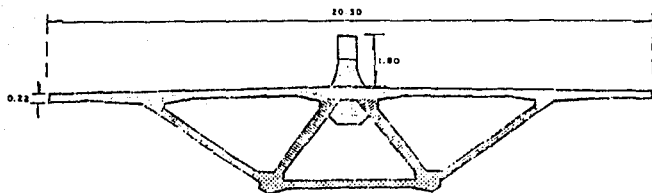
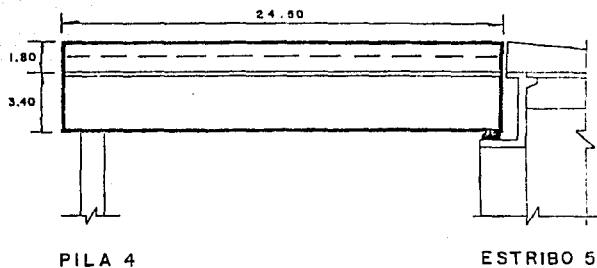
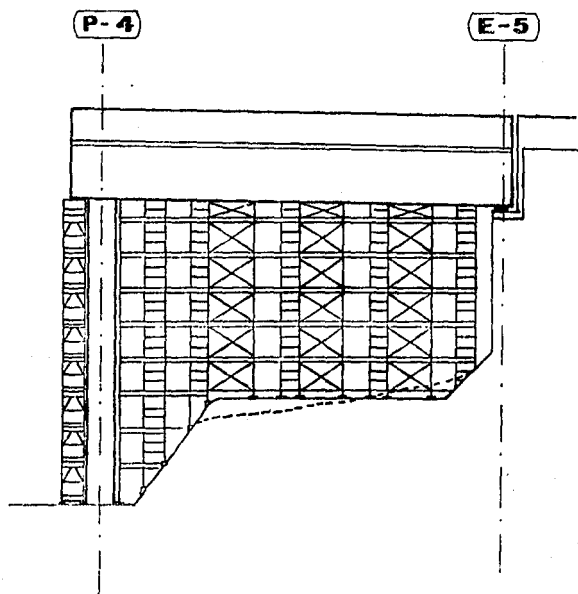


FIG. 23

PUENTE PAPAGAYO

KM. 42 + 420

OBRA FALSA EN TRAMO 4-5



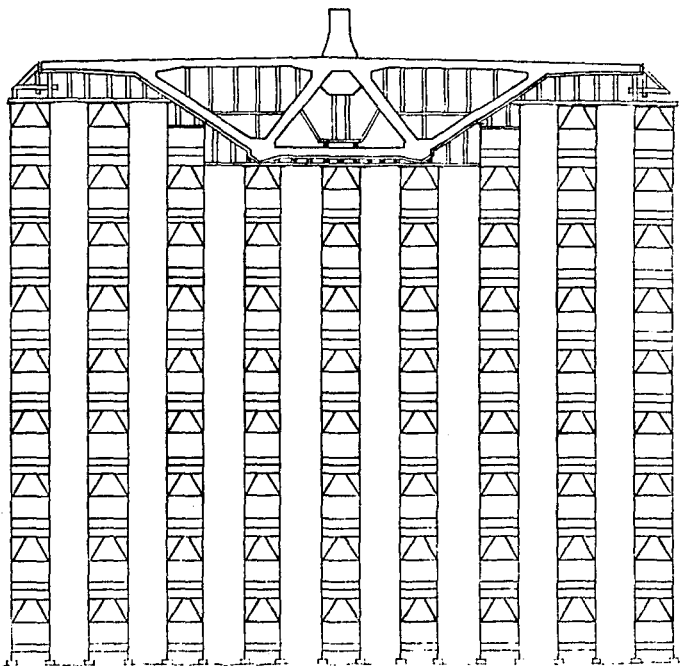
— CORTE LONGITUDINAL —

FIG. 2

PUENTE PAPAGAYO

KM. 42 + 420

OBRA FALSA EN TRAMO 4-5



— CORTE TRANSVERSAL —

FIG. 25

CONSTRUCCION DE LA DOVELA SOBRE PILA

Una vez terminada la Pila y colocadas las preparaciones para la losa tapón que servirá de apoyo para los trabajos de la dovela sobre Pila (ver fig. 15 y 16), incluyendo las preparaciones necesarias, se presenta la parte de la obra que requiere el mayor detalle, ya que es el inicio de la superestructura y servirá de apoyo para los dispositivos de colado de la dovela sobre el remate de la Pila.

Para el colado de este elemento, el primer paso es el izaje del equipo hidráulico y estructuras con la torregrúa, que sirven de apoyo para los gatos con los que se efectuará la elevación de las celosías inferiores del dispositivo de colado, además de otras adicionales que sirven de apoyo y que troquelan contra la pila a base de barras roscadas de presfuerzo que anclan la obra falsa.

Instalada la obra falsa se procede a la colocación de los moldes inferiores de los dispositivos y al armado de la dovela sobre Pila, incluyendo los ductos de presfuerzo transversal y barras longitudinales en la tapa de costilla central.

El colado de la dovela sobre Pila se realiza en tres etapas:

Primera etapa: Colado del diafragma central

Segunda etapa: Colado de nervaduras exteriores

Tercera etapa: Colado de losa superior, aleros y mogotes.

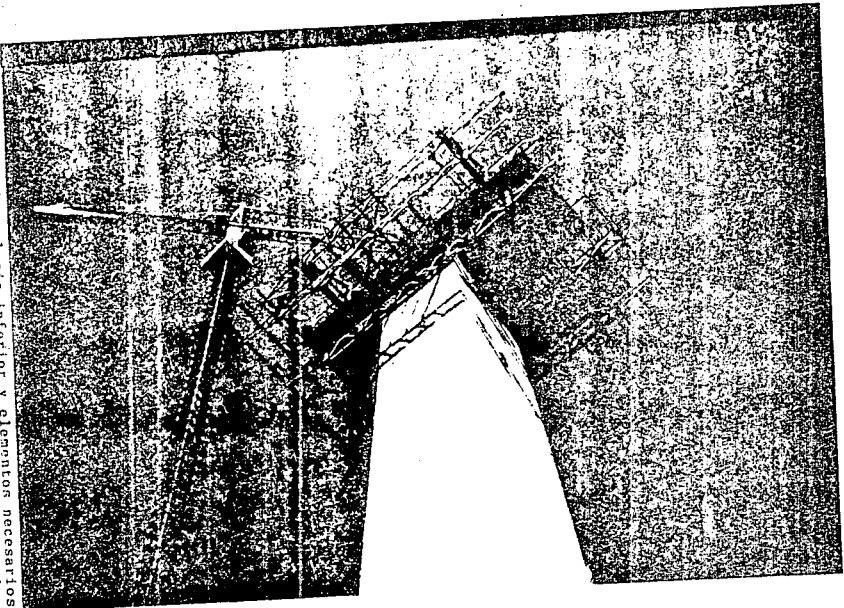
La ejecución de esta actividad consume aproximadamente 50 días; ya que las actividades iniciales de izaje de estructuras es muy laboriosa y lenta por el espacio tan reducido que se tiene para las maniobras, además de la plataforma sobre las estructuras inferiores del dispositivo.

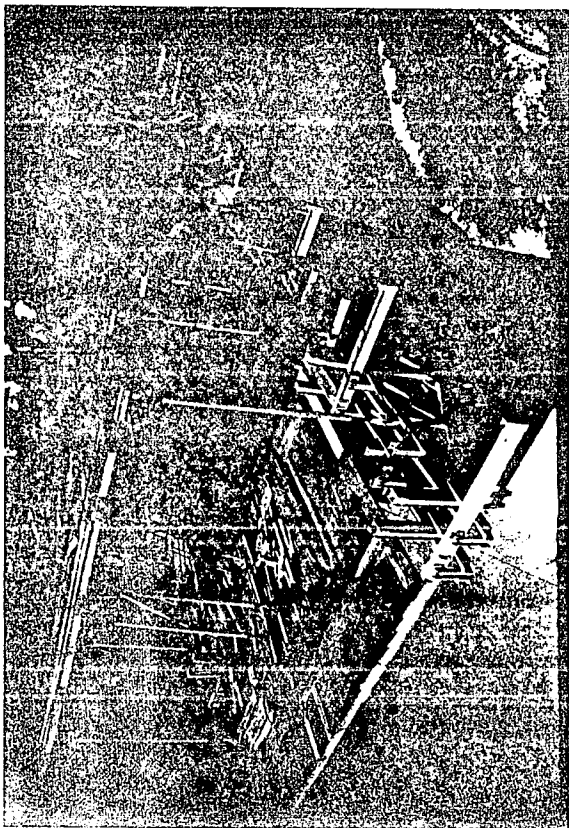
Una vez fraguado el concreto y tensados los cables de presfuerzo transversal, se procede al descimbrado y retiro de las estructuras que se fijan provisionalmente, los elementos se retiran y bajan a la base de la Pila.

La importancia de este elemento estriba en la dificultad para las maniobras iniciales sobre el cabezal de las pilas y que dicho elemento, servirá de apoyo inicialmente para armar los dispositivos en forma definitiva para el colado de las dovelas del doble voladizo. (ver fotos 17 y 18).

Colocación de la celosía inferior y elementos necesarios para el colado de la losa de la planta baja, realizada por la torregirón.

FOTO 17





Armado de la primera etapa por colar, diafragma central,
de la dovela sobre Pila. Dispositivos necesarios para
la realización del colado en esta dovela.

FOTO

MONTAJE DE DISPOSITIVOS PARA LA CONSTRUCCION DE DOVELAS

Una vez tensados los cables transversales alojados en la losa superior de la dovela sobre Pila, se procede al montaje de la estructura en la parte superior de la dovela y armar sobre ésta los carros de colado, la secuela de actividades es la siguiente:

Los primeros elementos que se colocan son los rieles o vías, las cuales se sujetan a la Pila mediante yugos laterales que se fijan a la losa por medio de barras de presfuerzo a través de pasos -- previstos, a continuación se colocan los pies de apoyo que son los elementos principales de soporte.

La colocación de estos pies de apoyo queda definida desde el proyecto, en éste caso quedaron sobre la unión de almas exteriores con la losa superior para repartir adecuadamente las cargas, cuentan con un gato mecánico en el centro, que sirve para apoyarse sobre los rieles o sobre la losa con el fin de liberarlos para el desplazamiento de los dispositivos, sobre éstos se colocan armaduras superiores.

Es importante aclarar que la colocación de las armaduras y -- elementos metálicos para el armado del dispositivo se colocan en el sitio, por lo que las maniobras se realizan en el aire partiendo de las vigas de apoyo, las celosías inferiores se arman en el piso y -- el izaje se realiza con cables de presfuerzo y gasto colocados en -- la parte superior de las celosías que están colocadas, estas celosías se soportan de las superiores por medio de barras roscadas de presfuerzo.

La longitud del dispositivo es de 3.60 m para realizar un -- avance de 3.50 m y la cimbra de contacto se forma de 4 paneles de 90 cm cada uno. Para el deslizamiento del carro se cuenta con dos gatos que se fijan en los pies de apoyo y en las viguetas o rieles.

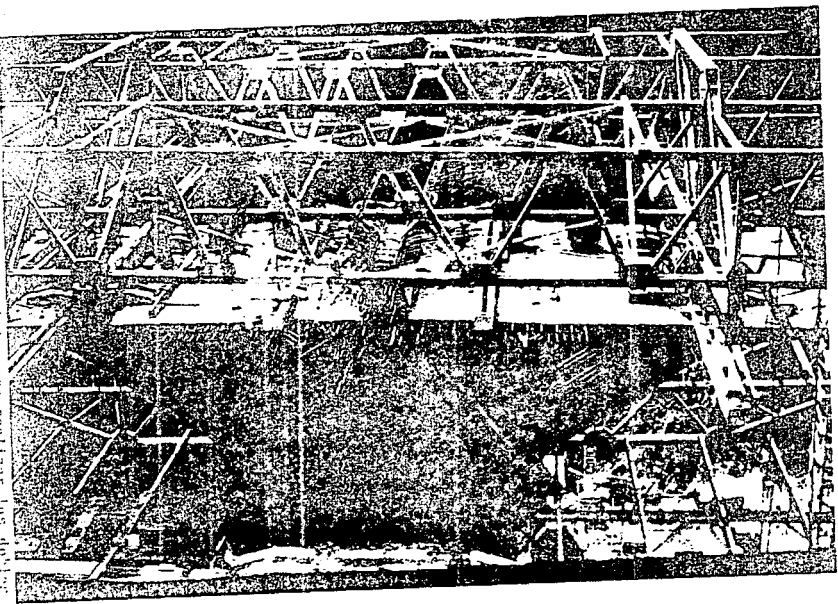
(ver foto 19)

FOTO 19. Montaje de los carros de colado para realizar los dobles voladizos en la parte superior de la dovela sobre Pila donde se apoyan.

Presenta el armado o barras que se dejan para anclar a la siguiente dovela y el colado de los primeros 90 cm. de la costilla.

En el diafragma central se cuenta con un paso de acceso para inspecciones periodicas una vez terminado el puente tanto a las dovelas como al cuerpo de Pila.

Montaje de los carros de colado para realizar los doblajes y voladizos en la parte superior de la dovela sobre el la - donde se apoyan.



PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION EN LA SUPERESTRUCTURA

Una etapa de construcción consiste en:

La construcción de una dovela, formada por las siguientes fases:

- Armado de la dovela
- Colado de la dovela
- Tensado de barras de presfuerzo
- Avance del carro de colado en posición para colar la dovela siguiente.
- Armado de costilla sobre dovela anterior
- Colado de la costilla
- Tensado de los cables de presfuerzo
(ver figuras 19 a la 22)

El personal de la obra deberá efectuar las operaciones siguientes:

- Nivelación de la última junta construida, antes del tensado de los cables transversales y longitudinales
- Nivelación de las tres últimas juntas, después del tensado de los cables en la última dovela construida y después de que el carro de colado haya sido desplazado a la posición para colar la dovela siguiente
- Ajuste de nivelación del carro de colado (contraflecha, - de formabilidad propia del carro, correcciones eventuales).
- Nivelación general del tablero en cada junta de los voladizos isostáticos y después de la construcción de cada dovela.

Las elevaciones resultantes de esas operaciones de nivelación, constituirán lo que será llamado: PERFILES LONGITUDINALES EFECTIVOS (un perfil diferente por cada fase de construcción).

Los puntos que sirvan para la nivelación serán definidos con anclas de nivelación colocadas sobre la parte superior de la dovela después de haber sido colada. Estas anclas se pondrán sobre la losa superior en la zona de intersección de las almas con la losa a una distancia constante "d" (entre 6.30 y 6.90 m) respecto al eje de la sección. En el sentido longitudinal, las anclas serán colocadas cerca de la junta que ha de ser nivelada, (máxima 5 cm).

Las correcciones serán facultad exclusiva de las personas encargadas de la supervisión de la obra (detección y corrección de los errores de ajuste) o de los responsables de los estudios que son los que disponen de la geometría teórica del tablero, según las diferentes fases de construcción (verificación del perfil longitudinal).

Todas las operaciones de nivelación y especialmente las de nivelación general, serán realizadas en las primeras horas de la mañana.

El personal en la obra establecerá el perfil "efectivo" por cada etapa de construcción con indicación de las condiciones meteorológicas tales como: temperatura, velocidad del viento, grado hidrométrico, lluvia, sol, etc., también indicará todas las causas que pueden modificar el comportamiento de la estructura, como: sobrecargas imprevistas de construcción, tensado de cables no uniforme, etc.

El personal de la obra realizará también frecuentes verificaciones del alineamiento de la estructura, así como la distancia -- entre las anclas y el eje de las pilas.

El valor de la corrección a tomar en cuenta en el ajuste del carro de colado (para compensar su deformación propia), será determinado al colar las terceras dovelas.

Para las dos primeras dovelas, (izquierda y derecha) este valor se tomará igual a 10 mm.

Inmediatamente después del colado de las terceras dovelas, se medirán las elevaciones de los topes en el carro, así como de la junta de las segundas dovelas.

La deformación propia del carro, será tomada igual a la diferencia entre las elevaciones de los topes antes y después del colado, menos la diferencia entre las elevaciones de la junta de las segundas dovelas antes y después del colado.

LINIAMIENTOS GENERALES PARA EL COLADO DE UNA DOVELA

Después del ajuste del carro de colado, que se hará estando - el carro vacío (únicamente cimbra), se verificará la posición de la cimbra exterior. Se colocará el refuerzo de las almas y de la losa inferior, asegurando su posición con relación a la cimbra, por medio de calzas precoladas de concreto.

Este refuerzo se completará con los estribos especiales, destinados a sostener los ductos. Se colocarán los elementos precolados de la dovela en el momento más adecuado para acomodar las varillas de refuerzo de las dovelas, con las varillas de anclaje de los precolados. El refuerzo de la dovela no podrá utilizarse para sostener estos elementos precolados y piezas embebidas. Estas piezas y elementos serán sostenidos, nivelados y fijados en forma definitiva, apoyándose en la cimbra y sus rigidizadores, por medio de estructuras especialmente dispuestas para ello.

Antes de ajustar la cimbra interior, se realizarán las verificaciones y operaciones siguientes:

- Verificación del refuerzo, de las elevaciones de ductos y la posición de los precolados, así como piezas embebidas (por ejemplo las placas de anclaje).

El ajuste de las elevaciones de los ductos, se hará con relación a la generatriz inferior del ducto, deduciendo por lo tanto un radio exterior de ducto a la elevación - indicada en los planos del proyecto.

También se recuerda que las coordenadas de las trayectorias de cables, se localizarán de acuerdo a las indicaciones hechas en los planos.

La tolerancia de la colocación de los ductos, será:

En sentido vertical	5 mm cuando el ducto se encuentra cerca de algún paño de la dovela.
En partes internas (vertical)	10 mm
En sentido horizontal	5 mm

- Verificación de la impermeabilidad de los ductos y de la fijación de las grapas que sostienen los ductos.
- Limpieza con aire comprimido de los fondos de cimbra y eliminación de los trozos de madera, acero, alambre, etc.

En general, y principalmente en las pilas de voladizos más pesados, se colocarán extensómetros en las dovelas para observar el comportamiento del tablero después de su realización.

(ver fotos 20 a la 28)

COLOCACION DEL CONCRETO

Se colocará con bomba, cuidando muy especialmente los ductos. Se vibrará muy cuidadosamente con vibrador de aguja, particularmente alrededor de las piezas ahogadas (placa de anclaje de los presfuerzos).

En las partes muy reforzadas se podrán prever, al colocar el presfuerzo, espacios libres de varillas, por los cuales podrá depositarse el concreto y para ayudar al paso del vibrador. Se colocará el concreto, partiendo del extremo final de la dovela por construir y terminando en la junta con la dovela ya construida, de tal manera de obtener la deformación máxima del carro de colado antes de colar contra la junta y así evitar fisuras entre la dovela que se cuele y la última dovela ya colada.

Se colocará el concreto en primer lugar en la losa inferior, hasta el plano horizontal de la sección de empotramiento de las almas y la losa inferior. Cuando el concreto de la losa inferior haya iniciado su fraguado final se proseguirá el colado. La junta debida a esa suspensión temporal del colado se limpiará antes de seguir el colado. Si es necesario será tratada como una junta fría, en cuyo caso se tendrá que picar y limpiar, así como aplicar resina epóxica.

Donde existan mogotes inferiores, se colarán al mismo tiempo que la losa inferior.

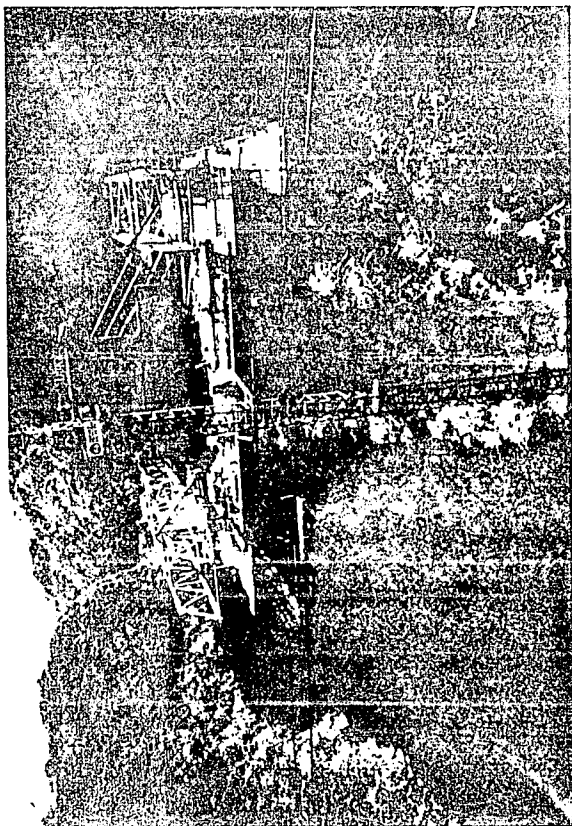
Las caras de concreto que no requieran ser cimbradas, se alisarán con mucho cuidado, mientras el concreto está aún fresco y manejable, salvo las partes destinadas a recibir un concreto de segunda fase que se dejarán rugosas. La superficie de rodamiento de la

calzada se terminará con máquina de regla vibratoria.

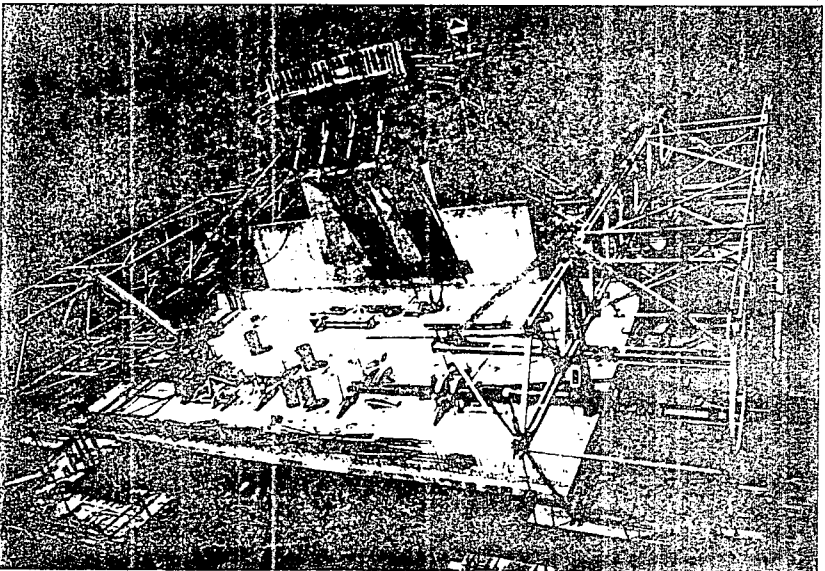
Para las muestras que se requieran cada vez que sea necesario tensar cables sobre concreto joven, o cuando se necesita descimbrar en corto tiempo (dovela de cierre), se obtendrán 8 cilindros, 5 de los cuales se romperán a la edad que se requiera tensar o descimbrar (entre 48 y 72 horas) y los otros 3 para pruebas a edades -- mayores cuando no se haya logrado la resistencia necesaria en los primeros ensayos.

Para muestras de control se obtendrán 11 cilindros y 6 prismas con el concreto: de cada dovela o cualquier otra parte de la -- obra o varias dovelas si se vuelen al mismo tiempo y de la misma -- unidad de elaboración del concreto, con los fines que a continua-- ción se indican:

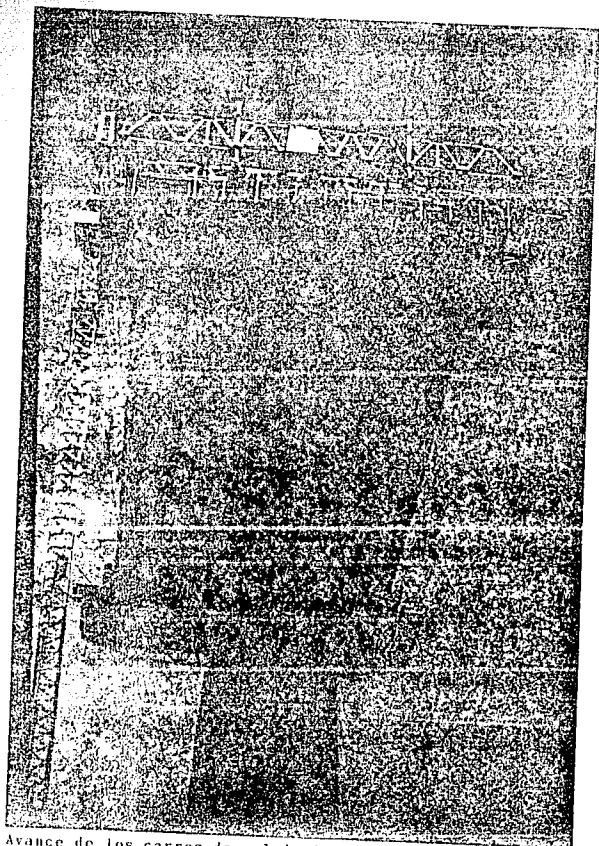
- 2 cilindros para ensayos a compresión a los 7 días
- 6 cilindros para ensayos a compresión a los 28 días
- 2 cilindros para ensayos a compresión a los 90 días
- 3 prismas para ensayos de tensión a los 7 días
- 3 prismas para ensayos de tensión a los 28 días



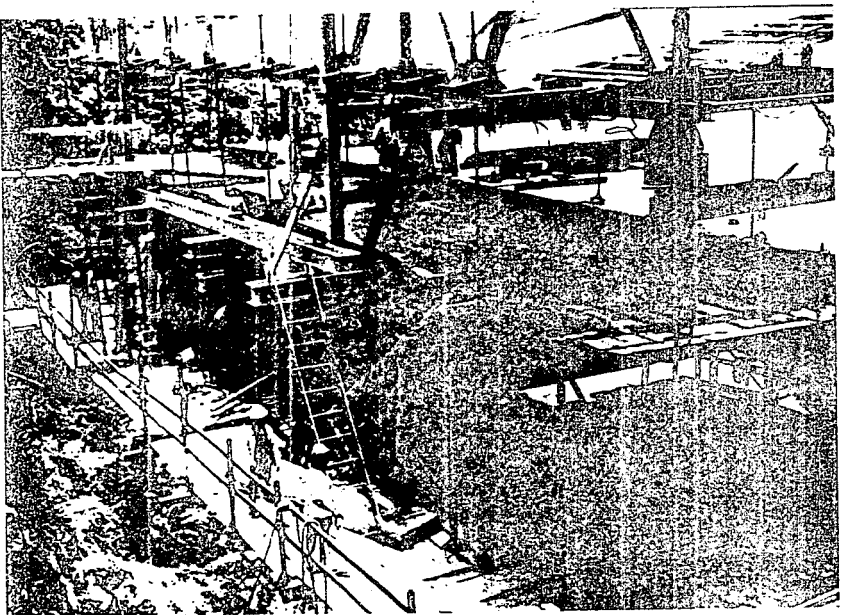
Carros de colado en posición de la pareja de dovelas 3 en voladizo. Se pueden apreciar las retentidas contra - sismo transversal.



Podemos apreciar los elementos que integran los carros de colado y como son anclados a la dovela anterior. Contándose con el anclaje necesario para poder supe-
P070 21
vizar las etapas que conforman a la dovela.

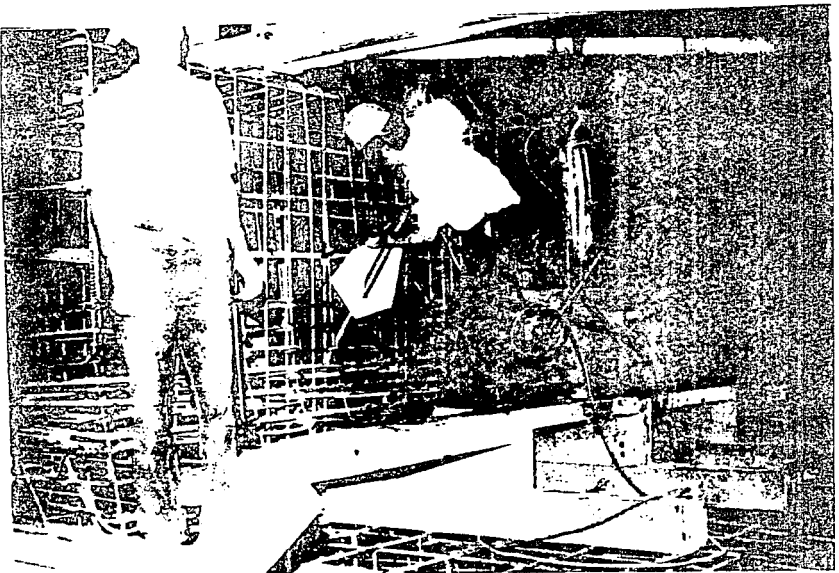


Avance de los carros de colado de Pila No. 2 a Estribo No. 1 y de Pila No. 2 a centro del claro con Pila No. 3. Se observa la escalera en torre para tener acceso a los diferentes colados de la superestructura. FOTO 22



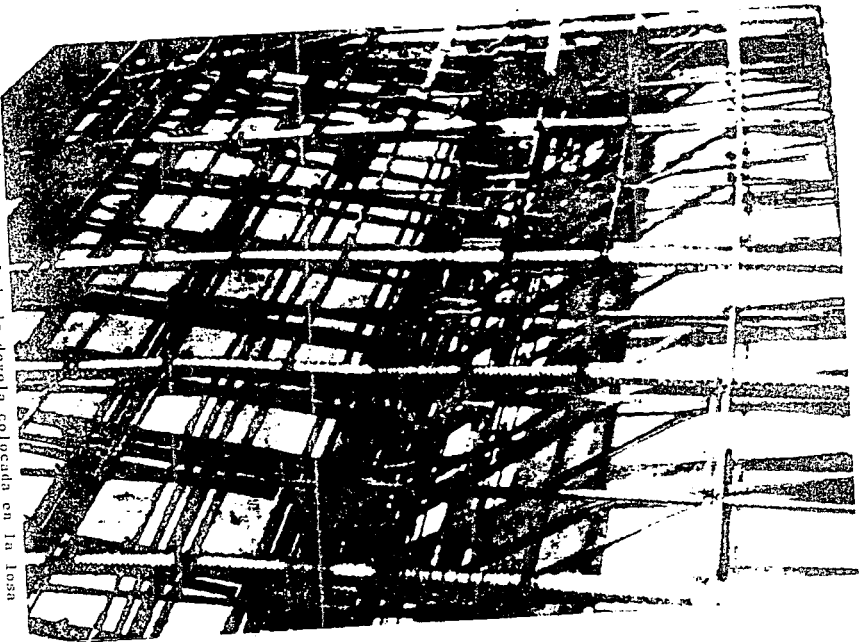
Características físicas del armado de la dovela en la losa inferior, nervadura exterior e interior y losa superior. Mostrando la funcional de los carros de colado para poder realizar los trabajos en cada par de dovelas.

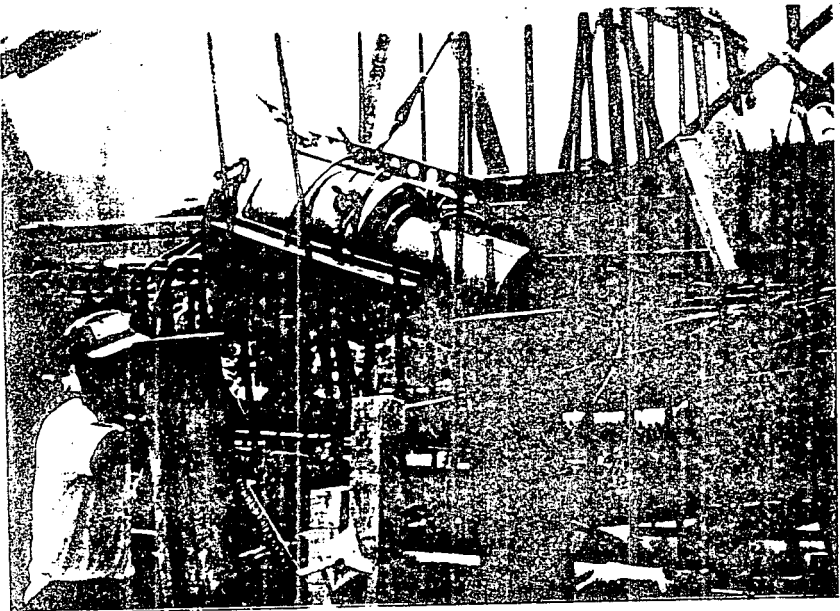
FOTO 23



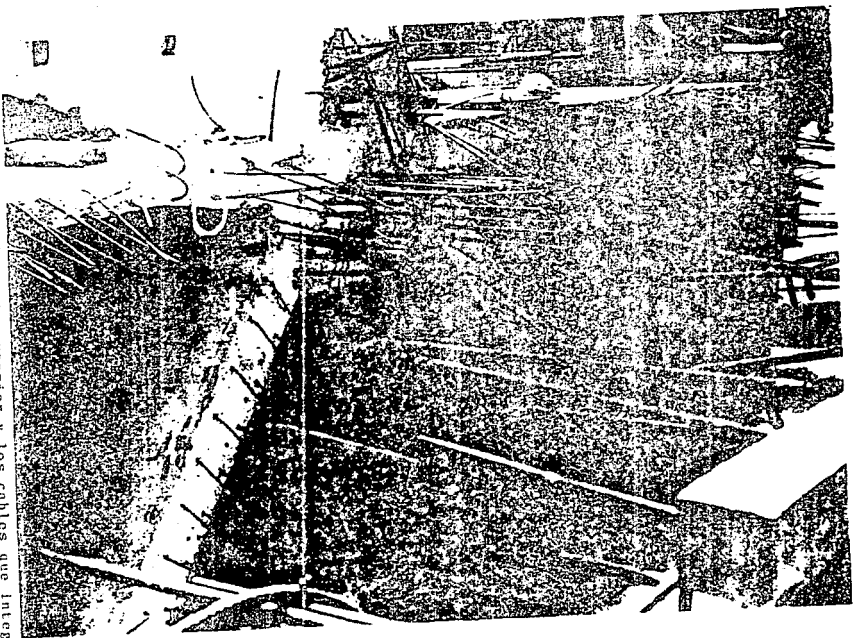
Barra de Dyvidas que integran el presfuerzo diagonal sobre las almas
o nervaduras interiores y que rematan en la costilla con FOTO 24
lral por donde son tensados.

Presfuerzo transversal de la doweja colocada en la losa superior formado por cables 4 T13 a cada 60 cm. y tensados alternadamente.



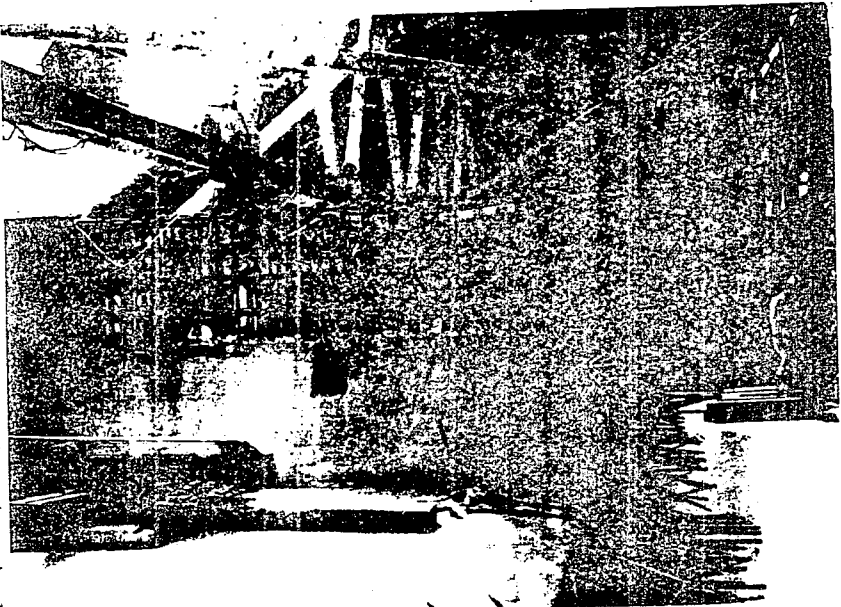


Costilla central donde se alojan las bairnas que conducen el
prestigero y colocacion del gato de tensado " DFL " con FOTO
caracteristicas óptimas de peso, tamaño, manejabilidad
y durabilidad.



Boveda que muestra el mogote superior y los cables que integran el toren del prestuerzo longitudinal. También las cuatro barras roscaadas que corren longitudinalmente en la base de la costilla.

FOTO 27



Nuestra las 2 barras roscadas que en total son 4 por dovya
(dos por el otro lado), que integran el presfuerzo diagoo--
nal. En la losa superior se presentan los conductos
de inyección para las bainas. FOTO 28

DOBLE VOLADIZO EN PILA 2 Y 3 SECUENCIA DE CONSTRUCCION

Una vez coladas las dovelas D19 del doble voladizo de Pila No. 3 se procederá al cierre del tramo 3-4.

Conforme a los datos del proyecto, es necesario que el 50% de la reacción debida al peso de la dovela de cierre se transmita a la Pila No. 4 ; y el otro 50% a la dovela D-19D de Pila No. 3 (como se muestra en la figura 26)

Teniendo coladas las dovelas D19 del doble voladizo de Pila No. 3 y una vez cerrado el tramo 3-4; se procederá al desmontaje de los carros de colado. Las piezas del carro de colado del voladizo izquierdo de Pila No. 3 , se colocarán sobre la calzada a ± 5.0 m del extremo del volado y se utilizarán como lastre para poder controlar el cierre del tramo 2-3.

El cierre del tramo 2-3 se hará con el carro de colado del voladizo derecho de Pila No. 2 troquelando contra el voladizo izquierdo de Pila No. 3 (ver figura 27)

Teniendo cerrado el tramo 2 - 3 y cuando el concreto haya alcanzado el 80% de la resistencia especificada en el proyecto, se procederá al tensado de los cables longitudinales localizados en la losa inferior; el tensado de cada cable se hará simultaneamente -- tanto el de aguas abajo como el de aguas arriba, tensando primero los cables más largos.

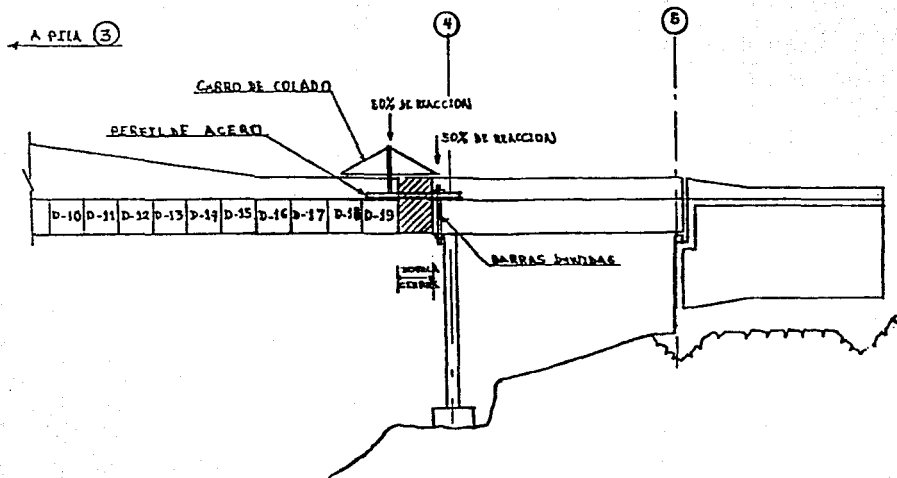


FIG. 20

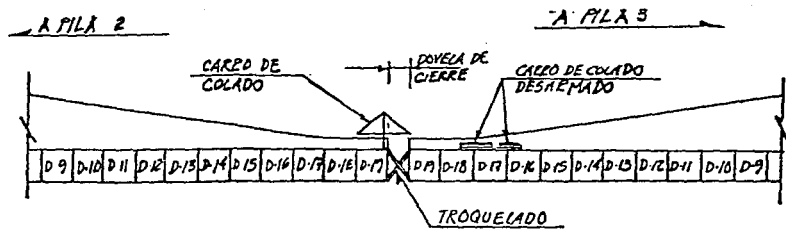


FIG. 27

El colado de la dovela 20 del voladizo izquierdo de Pila No. 2. se podrá hacer simultáneo al colado de la dovela de cierre del tramo 2-3; siempre y cuando se garantice el buen troquelamiento entre el voladizo derecho de Pila No. 2 y el voladizo izquierdo de Pila No. 3 (ver fig. # 28).

Cuando el concreto de la dovela de cierre del tramo 2-3 alcance el 80% de su resistencia se procederá al colado de la dovela 21 izquierdo de Pila No. 2 (ver fig. # 29).
(ver fotos 29 a la 33).

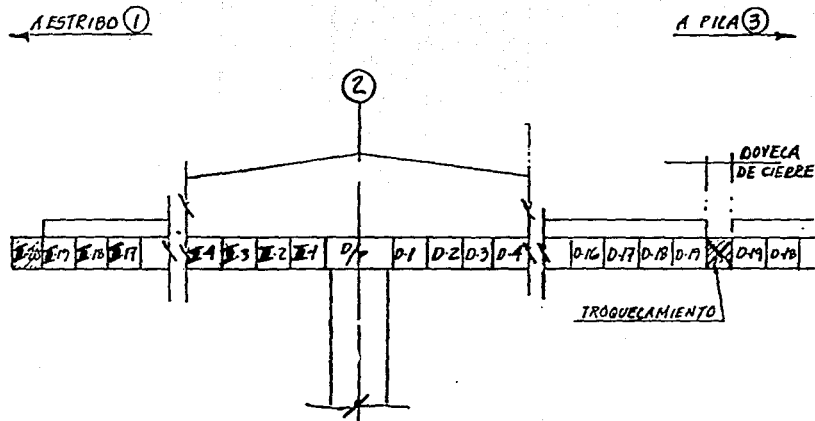
Habiendo completado el tramo 1-2 con el colado de la dovela 21-I incluyendo su costilla y tensados los cables de presfuerzo -- inferior, se procederá a la aplicación de la fuerza total de ± 100 ton (gateo), esta fuerza se aplicará en el eje de apoyos del Estribo No. 1 y bajo el diafragma transversal de la dovela 21-I de Pila No. 2; la aplicación deberá hacerse con dos (2) "gatos" hidráulicos colocados en el sentido transversal a 1.55 m a ambos lados del eje longitudinal del puente, tal como se muestra en las figuras # 30 y # 31.

Los gatos deberán ser accionadas simultaneamente y de preferencia con una sola bomba.

Podrá tenerse una variación en la magnitud de la fuerza total que se aplicará durante el "gateo" de $\pm 10\%$, dependiendo de la deformación real del voladizo para llegar a la rasante de proyecto.

Una vez aplicado el gateo y habiendo nivelado el voladizo izquierdo de Pila No. 2 con el Estribo No. 1, se procederá a la colocación de los apoyos correspondientes.

FIG. 28



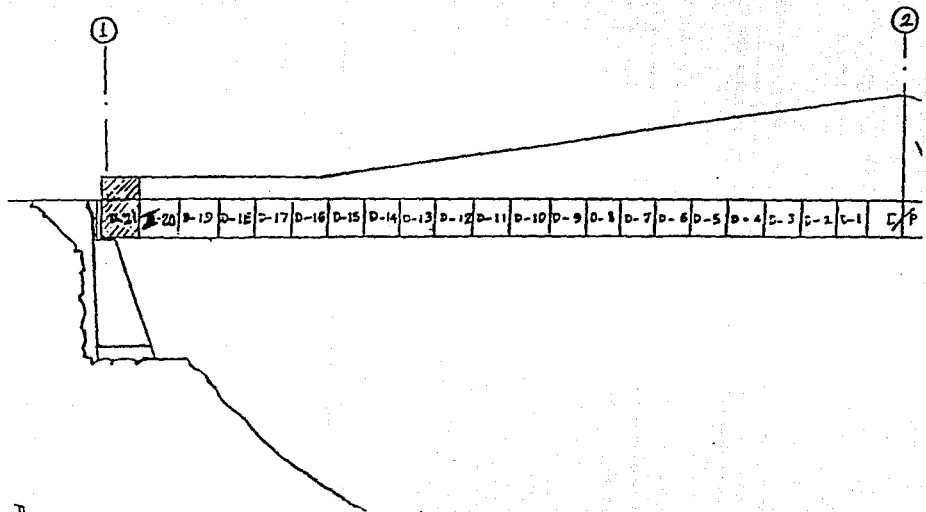
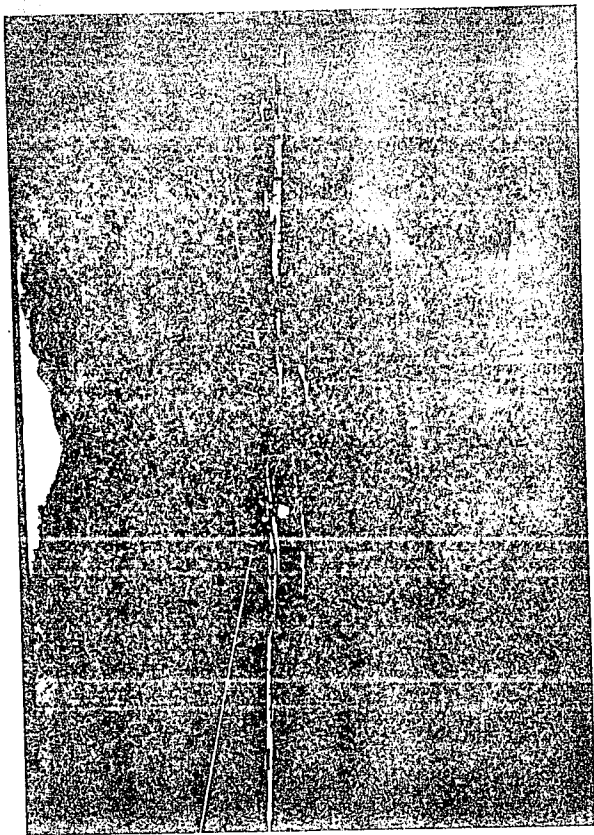
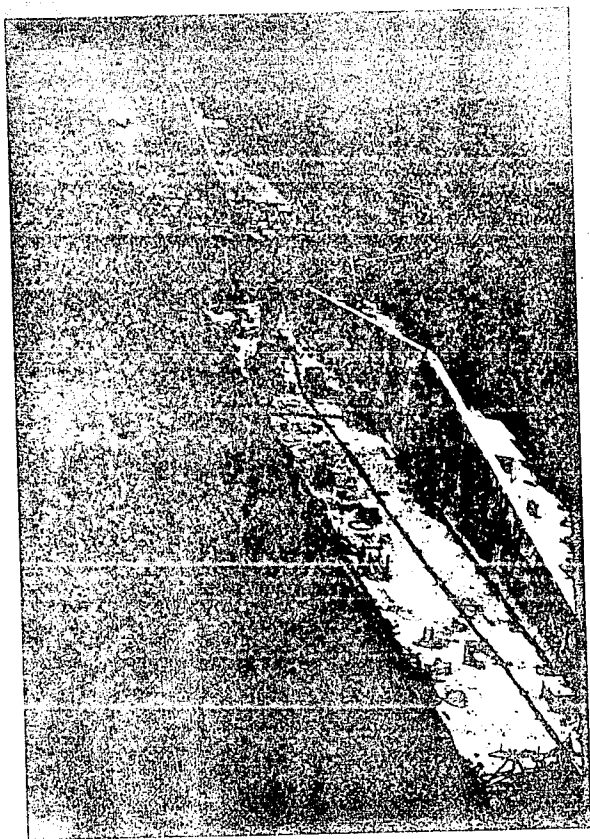


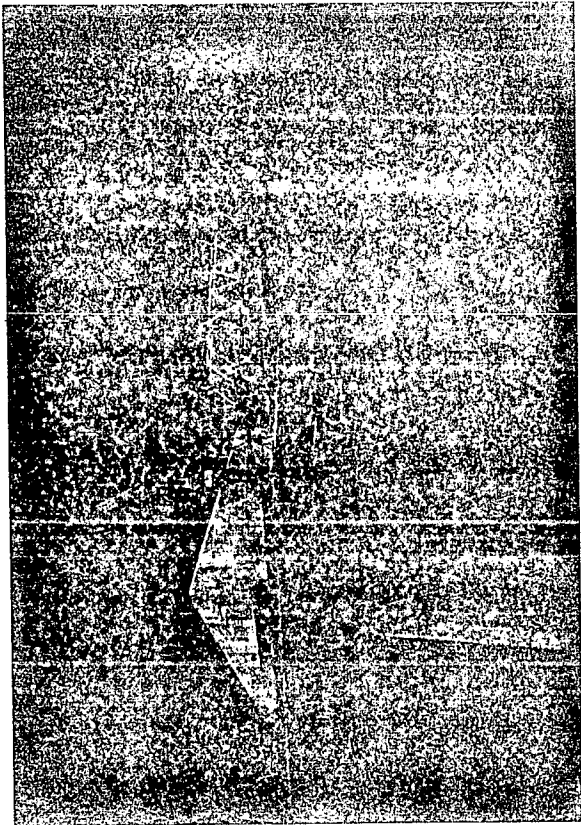
FIG. 29

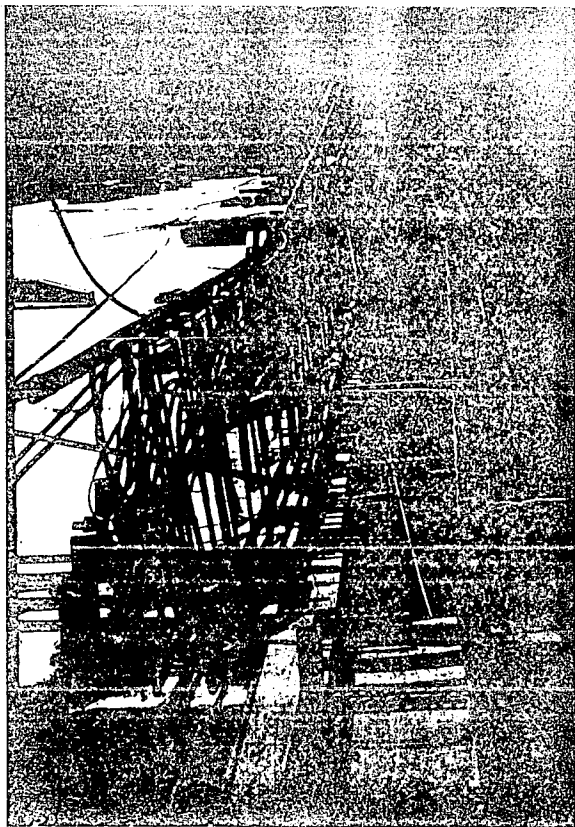


Carros de colado en doble voladizo.

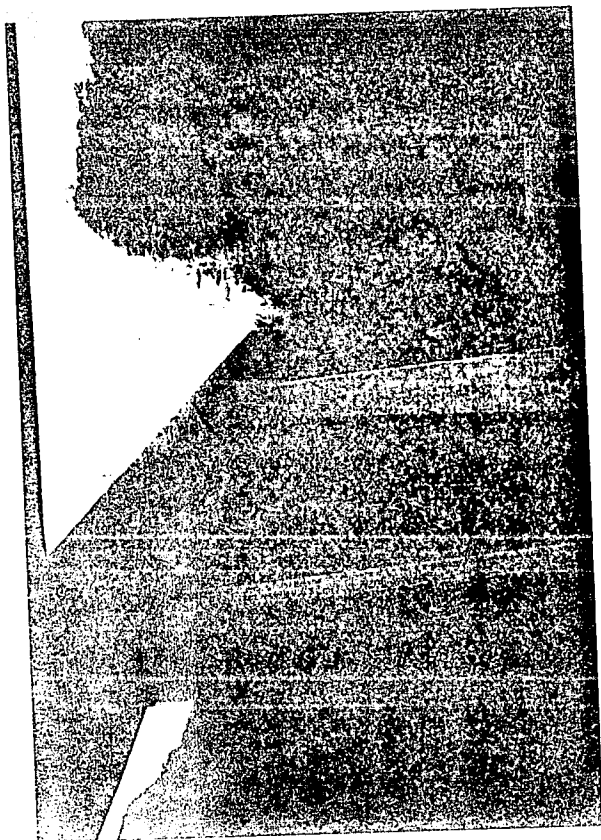


Elementos de cierre en el centro del claro.





Barras longitudinales de tensado.



Claras terminados de superestructura

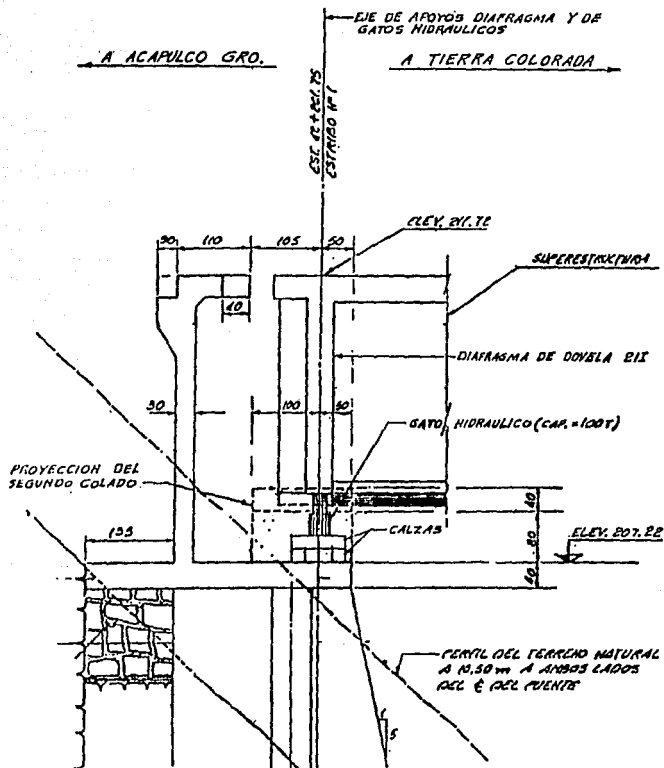


FIG. 30

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TRAMO 4 - 5

El tramo 4-5 se colará mediante obra falsa apoyada en la ladera, la cimbra de contacto de la losa inferior y almas exteriores se colocarán en todo el tramo 4-5 (24.50 m) y solo tendrá un uso; para reducir los costos en lo posible, las almas interiores y la losa superior se podrán colar en tramos de 6 m.

ETAPAS DE COLADO

PRIMERA ETAPA (COLADO DE LOSA INFERIOR)

- a) Se colocará la cimbra de contacto para toda la cara inferior de la superestructura, comprendiendo losa inferior, almas exteriores y voladizos; para lo cual se presentarán y nivelarán los pies derechos y troqueles de la obra falsa en todo el claro (24.50 m)
- b) Habilitado y colocación de acero indicado en el proyecto, teniendo especial cuidado en la colocación de ductos para cables de presfuerzo y barras roscadas (Dywidag), en la colocación de acero de refuerzo para mogotes y almas interiores.
- c) Previamente a la colocación del concreto, se fijarán los elementos que servirán como nichos para anclaje de las -- barras de presfuerzo (Dywidag ϕ 32 mm)
- d) Como primera etapa se procederá al vaciado del concreto en toda la longitud del tramo 4-5 (24.50 m) de losa inferior, dejando junta de colado entre la losa inferior y -- las almas exteriores.

SEGUNDA ETAPA (COLADO DE ALMAS EXTERIORES)

- a) Se comprobará la geometría de la cimbra de contacto en -- las almas exteriores a que se hizo mención, teniendo habilitado el acero de refuerzo, de acuerdo con el proyecto; se procederá al vaciado de concreto de ambas almas en forma simultánea, en toda la longitud del tramo 4-5 (24.50 m) se tendrá especial cuidado en que la junta de colado entre la losa inferior y las almas exteriores sea normal a la sección transversal de dichas almas.

TERCERA ETAPA (COLADO DE ALMAS INTERIORES Y MOGOTES INFERIORES)

- a) El colado de almas interiores se podrá hacer en tramos de 6.00 m.
- b) Teniendo habilitado el acero de refuerzo y colocados los ductos para cables de presfuerzo y barras tipo Dywidag, se procederá al vaciado del concreto en almas interiores en una longitud de 6.00 m ; en caso de que exista mogote en el tramo que se pretende colar, se colará monolítico en el alma.
- c) Veinte horas después de haber colado el tramo de almas de 6.00 m de longitud o bien cuando los cilindros de prueba demuestren que el concreto ha alcanzado una resistencia - igual o mayor que el 40% de la de proyecto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) se procederá a correr la cimbra para la preparación del siguiente tramo. Este proceso se repetirá hasta completar toda la longitud. La cimbra deberá tener un traslape con el tramo que ya se coló para evitar desviaciones y bordos.

- d) Sobre la Pila No. 4 y Estribo No. 5 existen diafragmas en la parte central de la sección cajón; dichos diáfragmas deberán colarse monolíticos con el tramo de almas correspondientes.
- e) Tensar cables de retenidas para sismo transversal del tramo 4-5 (el tensado de estos cables se hará rigurosamente simultáneo.)

CUARTA ETAPA (COLADO DE LOSA SUPERIOR Y VOLADOS)

- a) El colado de losa superior (calzada) también se realizará en tramos de 6.00 m.
- b) Teniendo habilitado el acero de refuerzo y colados los ductos para presfuerzo longitudinal, transversal y vertical, se procederá al vaciado del concreto en la losa de calzada en la longitud de 6.00 m ; en caso de existir mogotes en el tramo, se colará monolítico a la losa superior.
- c) Setenta y dos horas después de haber colado el tramo de losa de 6.00 m de longitud, o bien cuando el concreto haya alcanzado una resistencia de 250 kg/cm^2 , se procederá al tensado de los cables de presfuerzo transversal localizados en el tramo colado.
- d) Después del tensado de los cables de presfuerzo transversal se procederá a correr la cimbra para la preparación del siguiente tramo de 6.00 m , este proceso se repetirá hasta completar toda la longitud del tramo 4-5; la cimbra deberá tener un traslape con el tramo que ya se coló para evitar desviaciones y bordos.

QUINTA ETAPA (TENSADO DE CABLES EN MOGOTES INFERIORES)

- a) Antes de retirar la obra falsa y una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia especificada, se procederá al tensado de los cables 12,13 y 14; cada uno de estos - cables se tensarán simultáneos con sus simétricos, es decir, se tensaran simultaneamente los de aguas arriba y -- los de aguas abajo, hasta llegar a la fuerza de tensado de proyecto.
- b) Tensados los cables de presfuerzo transversal podrá retirarse parcialmente la obra falsa localizada en la zona de volados, si así se requiere.
- c) Ya tensados los cables 12, 13 y 14, se procederá al retiro de la obra falsa.

(ver fig. # 32)

(ver foto 34)

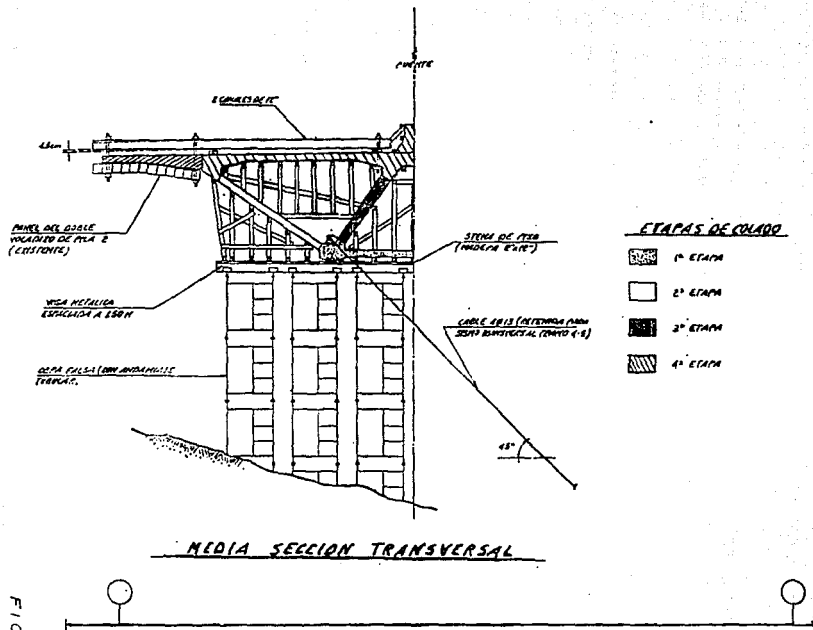
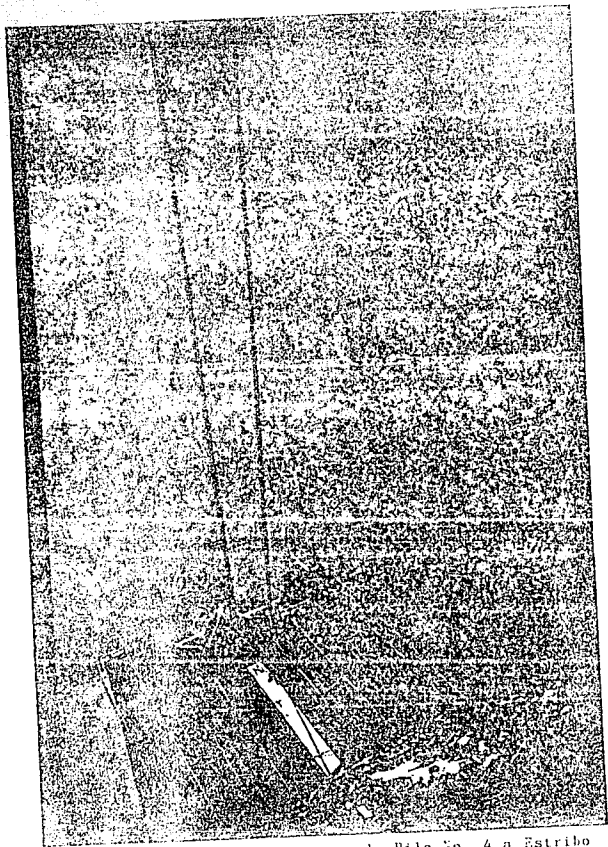


FIG. 32



Cimbra tradicional en el tramo de Pila No. 4 a Estribo
No. 5. Retenida contra sismo trasversal.

PRECAUCIONES PREVIAS AL COLADO

Antes de proceder al colado, se comprobará que los ductos no se han movido de su posición correcta. Se tendrán en cuenta los posibles movimientos de las varillas y cimbras debidos a factores climaticos, como variaciones de temperatura, acción del viento, lluvia, asoleamiento, etc.

Deberá comprobarse también que no existen en los ductos abolladuras, cuiebres ni perforaciones. Especial atención deberá prestarse a aquellas zonas en las cuales, por haber ductos en contacto o por cruzarse éstos quedando muy próximos, existe el peligro de que, si se producen perforaciones, la mezcla de inyección pueda pasar de uno a otro. En estos casos deberá colocarse entre ellos una placa metálica.

Si se detecta la presencia de pequeñas perforaciones, podrán sellarse con cinta adhesiva; pero si son grandes deberán recubrirse con cople cortado a "media caña", señalándose también las juntas con cinta adhesiva.

PRECAUCIONES DURANTE EL COLADO

Durante el colado, se evitará que debido a un vertido brusco del concreto se mueven los ductos de postensado. Asimismo, se pondrá especial atención para que la acción de los vibradores de aguja no produzcan por contacto directo, desperfectos en los ductos.

En las zonas donde los ductos estén próximos entre sí, o a las cimbras, se extremarán las precauciones durante el vibrado, para conseguir que no se entorpezcan la correcta colocación y compactación del concreto y evitar así la formación de oquedades.

PRECAUCIONES DESPUES DEL COLADO

Se recomienda comprobar que no se ha producido penetración de concreto dentro de los ductos. Para ello:

- En las unidades de presfuerzo con anclaje muerto, donde se tienen cables insertados, se moverán éstos.
- En las unidades de presfuerzo con doble anclaje vivo se moverán las camisas de poliducto introducidos para este efecto.

Quando se preven un descenso de temperatura, se comprobard -- que no existe en el interior de los ductos agua acumulada que pueda producir problemas de helarse.

Para el secado de los ductos, se hará pasar por su interior un chorro de aire a presión.

REALIZACION DEL TENSADO

El tensado se ejecutará ajustándose exactamente a las instrucciones proporcionadas en obra por medio de los Ingenieros y Técnicos especializados de Mexicana de Presfuerzo, S.A. de C.V.

En particular, se cuidará de que el gato quede perfectamente sentado y centrado sobre el anclaje y de que el cuerpo del gato no roce con las paredes del cajetín dispuesto para alojar el anclaje.

Se tendrá especial cuidado en vigilar todos los torones o barras, con el fin de poder detectar, durante la operación de tensado cualquier rotura o deslizamiento de alguno de los componentes del sistema.

Igualmente, deberá vigilarse el concreto próximo a las cabe-

zas de anclaje; en el momento en que aparezca en él alguna fisura se suspenderá la operación de tensado y se analizará cuidadosamente la naturaleza e importancia de tal fisuración.

A la vista del resultado de este análisis se decidirá si puede o no reanudarse el tensado, y las medidas que en cualquier caso, deberán adoptarse.

Durante el tensado deberán cumplirse cuidadosamente todas las medidas de seguridad recomendadas, especialmente cuando sea necesario que se coloque algún operario detrás del gato o de los anclajes con el objeto de medir los alargamientos de torones y barras mientras se tensa, o la penetración de las cuñas al anclar.

También debe realizarse con mucho cuidado la operación de cortar los extremos de torones y/o barras que sobresalen del anclaje - después del tensado, sobretodo cuando el corte haya de hacerse antes de haber sido inyectados los ductos de postensado.

Antes de comenzar la operación de tensado deberá comprobarse que se ha alcanzado la resistencia del concreto especificada en el proyecto.

Se ajustarán convenientemente todas las piezas del anclaje y se comprobará que no estén cruzados los cables de la unidad de preesfuerzo a la salida del anclaje, y que todos los elementos que constituyen éste son del tipo y tamaño correcto, estando además adecuadamente colocados.

En cualquier caso, la operación de tensado no deberá comenzar sin la autorización de la dirección de Obra.

El tensado será efectuado por operario(s) calificado(s) de -- Mexicana de Presfuerzo, S.A. de C.V. cuya competencia y experiencia están suficientemente probadas. Además, la operación habrá de ser cuidadosamente vigilada mediante los manómetros (lectores de -- presión) colocados en las bombas de accionamiento de los gatos.

El tensado deberá efectuarse de modo que las tenciones aumenten lenta y progresivamente hasta alcanzar el valor fijado en el -- programa de tensado, escalones de 100 kg/cm^2 (o bares) es regla -- de buena práctica.

La operación de tensado se realizará del siguiente modo:

- 1.- Aplicando el gato a un extremo de la unidad de presfuerzo, estando anclado el opuesto, e introduciendo la carga por dicho extremo; después se anclan los cables por dicho extremo. En caso de que así se especifique en el -- proyecto, a continuación se aplica el gato al extremo -- opuesto y se introduce, así mismo la carga correspondiente. En este caso los anclajes de ambos extremos son activos, pero en cada tensado se utiliza el otro extremo como pasivo.
- 2.- Aplicando un gato a un extremo de la unidad de presfuerzo, e introduciendo la carga exclusivamente por este extremo, estando anclado el opuesto. En este caso, en el extremo por el que se tensa se coloca un anclaje activo "vivo" y en el otro un anclaje pasivo "muerto".

Tanto el tensado como, en su caso, el destensado de cables o barras, deben realizarse con las máximas garantías de seguridad si se adoptan las oportunas precauciones. Los mayores peligros podrían ser, precisamente, la ignorancia, falta de cuidado y exceso de confianza.

El procedimiento más adecuado para prevenir peligros al tensar, consiste en adoptar las precauciones que a continuación se presentan:

ANTES DEL TENSADO

- Asegurarse de que en las proximidades de las zonas en las que van a realizarse las operaciones de tensado no existe más personal que el necesario para efectuarlas.
- Poner un letrero bien visible con el aviso:
" ATENCION: SE ESTA TENSANDO. MANTENGASE ALEJADO "
Para prevenir al resto del personal de la obra y a los visitantes.
- Que los operarios cumplan rigurosamente con las instrucciones para el correcto manejo del equipo.
- Comprobar todo el equipo de tensado antes de su utilización.
- Conservar siempre todo el equipo de tensado perfectamente limpio y en condiciones de utilización.
- Obligar a todos los operarios y personal de ayuda en los trabajos de presfuerzo a llevar casco de seguridad.
- Asegurarse de que se han adoptado las adecuadas precauciones para impedir cualquier desvío, inclinación o desalineamiento.

ción del equipo de tensado, tanto durante el tensado, como en su caso, en el destensado.

- Tener cuidado al manejar los rollos de los cables, ya que pueden desenrollarse bruscamente si no está suficientemente asegurada su sujeción.
- Efectuar el tensado lo antes posible, una vez colocados en su correcta posición los dispositivos de anclaje.

DURANTE EL TENSADO

- Los conductos que transmiten la presión hidráulica de la bomba al gato deberán inspeccionarse después de cada operación de tensado, por si han sufrido desperfectos, o contienen burbujas de aire.
- Antes de proceder al tensado, se comprobarán las cuñas de arrastre del gato, debiendo mantenerse limpias.
- Nadie debe colocarse detrás del gato durante la operación de tensado.
- Una vez puesto en carga el gato, no se debe intentar ajustar su alineación golpeándolo.
- Cuando sólo se tense por un extremo, en el opuesto deberá situarse durante el tensado una persona, para comprobar el comportamiento de los anclajes pasivos accesibles.
- Antes de proceder a aflojar los gatos, deberán volverse a comprobar los anclajes.

DESPUES DEL TENSADO

- Una vez concluido el tensado, y con la autorización de la Dirección de Obra, se cortarán los extremos salientes de

torones o barras por fuera de los anclajes, con una pulidora.

EJECUCION DE LA INYECCION

La inyección deberá llevarse a cabo lo antes posible después del tensado, no debiendo transcurrir entre la iniciación de éste y el principio de aquella más de un mes, excepto que se haya previsto una adecuada protección de cables o barras con aceite soluble.

Antes de la inyección deberá limpiarse el ducto con aire a presión, observando si en éste llega a salir por el extremo opuesto de forma continua y regular. En el caso de presentarse alguna anomalía, deberá localizarse el posible tapón, eliminándolo si fuera preciso mediante picado del concreto.

PREPARACION DE LA MEZCLA

En general, se recomienda emplear la siguiente secuencia de mezcla (aunque depende de la pericia del operario) :

- a) Agua
- b) 2/3 del cemento
- c) Aditivo
- d) Resto del cemento

Debiendo de contar a pie de la inyectora las cantidades mínimas necesarias para completar los trabajos que se estén iniciando.

REALIZACION DE LA INYECCION

La inyección deberá hacerse desde el anclaje más bajo o desde el respiradero inferior del ducto, con todos los respiraderos restantes abiertos.

A medida que la inyección vaya saliendo por los sucesivos respiraderos más próximos al punto por el que se inyecta, se irán cerrando éstos, dejando previamente fluir por ellos la lechada hasta que tenga la misma consistencia que la que se inyecta, y hayan cesado de salir burbujas de aire.

La inyección se hará de forma continua, ininterrumpida y con la uniformidad necesaria para impedir la segregación de la mezcla.

No deberán de transcurrir más de 30 minutos desde el amasado hasta el comienzo de la inyección.

PRECAUCIONES EN TIEMPO FRIO

En primer lugar es indispensable asegurarse, antes de iniciar la inyección, de que no hay hielo en los conductos o en los respiraderos.

Si se prevé que la temperatura no descenderá por debajo de 5°C en las 48 horas siguientes a la inyección, se podrá continuar ésta utilizando un aireante que produzca un 6 a 10% de pequeñas burbujas.

Si es probable que la temperatura baje de 2°C durante las 48 horas siguientes a la inyección, no se realizará ésta, a no ser que se caliente el agua de inyección.

EQUIPO

Además del equipo utilizado en la subestructura, que al final de dicho capítulo se tiene una descripción, se conto con Inyectadoras y gatos de tensado

En las siguientes páginas se presenta las características de estos equipos.

(ver fotos 35 y 36).

Despues de la foto 36 se describe esquemáticamente que es lo que realiza el gato en el momento de ser aplicado el tensado a los cables.

En la siguiente página se presentan los diferentes equipos de apoyo para el tensado.

GATOS:

Existen gatos DEL de línea para tensar cables de hasta 61 torones de 0.5 ó 55.6.

Los gatos amarran y desamarran los torones en forma frontal, simultánea y automática, con lo cual se producen dos ahorros importantísimos:

- Tiempo de operación (5 a 10 minutos, según los cables).
- Puntas de torón a desperdiciar(25 cm).

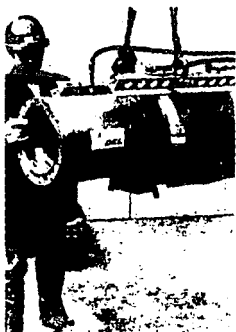
Poseen además un dispositivo hidráulico para el acuñado, con el cual se consigue reducir al mínimo las pérdidas por penetración de cuñas. Los gatos del presentan características - óptimas de peso, tamaño, manejabilidad y durabilidad.

UNIDADES DE BOMBEO:

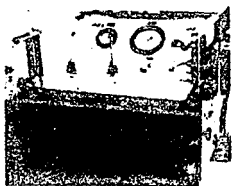
Los equipos de tensado multitorón DEL se forman con el gato adecuado y su unidad de bombeo, conectados por medio de mangueras especiales para la presión de trabajo, que puede llegar a 1 000 bars.

Las Unidades de Bombeo DEL incluyen todos los dispositivos de control hidráulico necesario para los tres circuito de -- TENSADO, RETROCESO y ACUÑADO, y están especialmente concebidas para uso por personal de obra, en cuanto a su manejabilidad, seguridad y sencillez de mantenimiento.

Gatos.



Unidades de Bombeo.



Los esquemas de la siguiente página representan el equipo — que a continuación se describe:

INYECTADORAS:

La mezcla de cemento, agua y aditivos debe realizarse con un estricto control de tiempo y velocidad de mezclado y no debe contener ni grumos ni burbujas de aire durante su inyección en los ductos.

Las inyectoras DEL incluyen en un solo equipo perfectamente manejable las funciones de mezclado e inyección hasta presiones de 25 bars con ausencia total de burbujas de aire admitiendo todo tipo de cementos y aditivos.

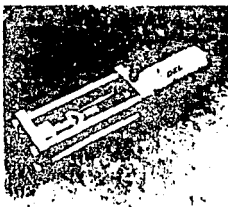
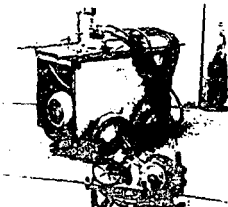
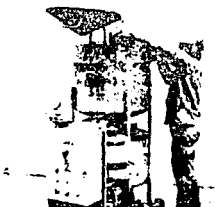
INSERTADORAS:

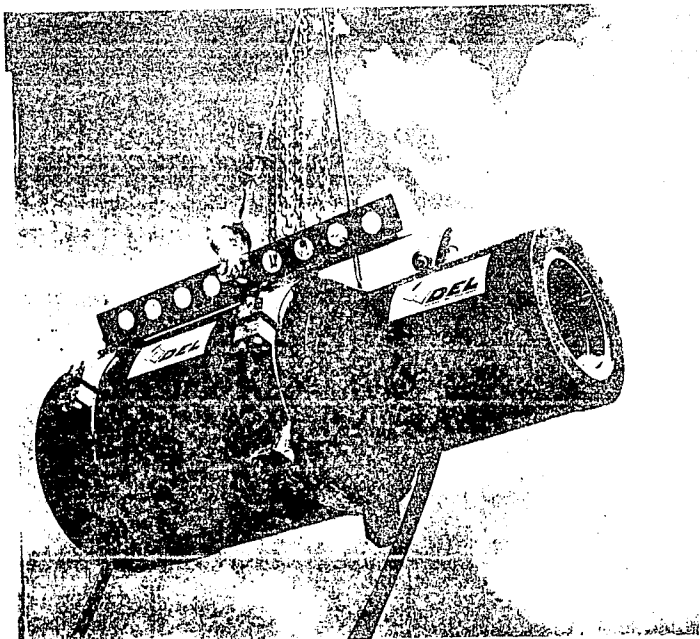
Se utilizan para colocar los torones en el interior de los ductos, cuando la realización a mano de esta operación es difícil.

Las insertadoras DEL, de accionamiento hidráulico, han sido utilizadas con éxito en cables de más de 100 metros de longitud, de todos los diámetros y con todo tipo de curvaturas.

FORMADORAS DE CAREZAS DE TORON:

Se utilizan para fabricar los anclajes PC, las uniones de cable con acoplador y los extremos de cable para izajes y desplazamientos.

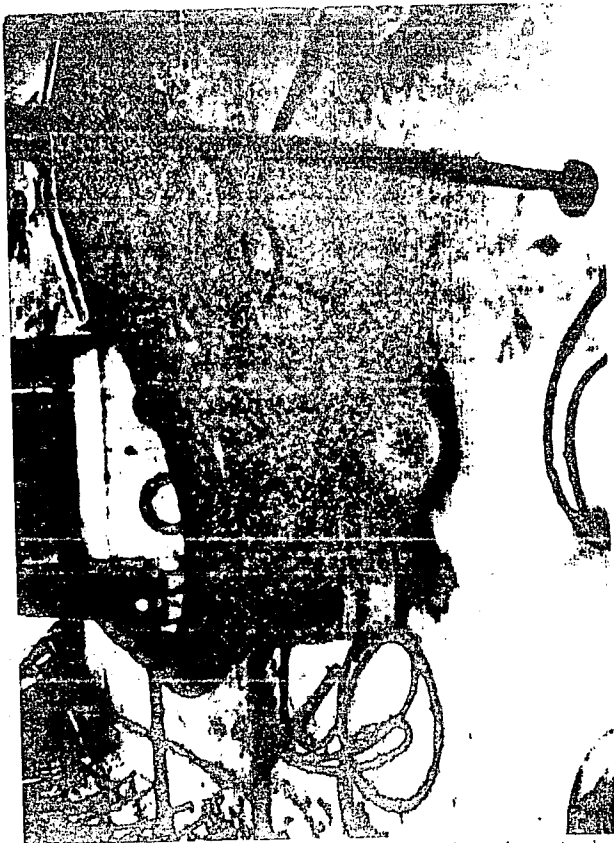




Multistrand Post-tensioning

DEL

Gato de tensado marca "DEL".
Utilizado en el Puente.



Unidad de bombeo " DEL " con los dispositivos de control
hidráulico necesario para los tres circuitos de TENSADO,
RETROCESO Y ACUÑADO.

La secuencia descrita para el tensado se esquematiza en la siguiente página:

TENSADO:

- Se cortan las puntas de los cables a una distancia de 25 cm. de la placa de reparto (40 cm. si se prevé la posibilidad de des-tensar), del lado del anclaje activo, y de 15 cm. del lado del anclaje pasivo, se eliminan los sobrantes de ducto que hayan quedado en el interior de los conos de anclaje y se coloca la placa de anclaje con sus cuñas.
- Se coloca el marco portante, la placa de acufiado y luego el gato estando este suspendido del dispositivo que lleva para este efecto.

Se efectúa el tensado por escalones graduales de presión hidráulica de 100 kg-cm² o 100 bar, según las unidades del manómetro. Ello se hace simplemente accionando la palanca de TENSADO de la unidad de bombeo. El amarre de los torones tiene lugar automáticamente.

- Durante el tensado se anotan los desplazamientos parciales del pistón en todos los escalones, excepto el de 0 a 100 kg-cm² el cual se obtiene como el promedio de todos los parciales de 100 kg/cm², con lo que se absorbe el desplazamiento aparente causado por el acomodo inicial del gato y del cable. La suma de todos los parciales da el alargamiento real del cable relativo a la estructura, el cual debe contrastarse con el alargamiento esperado, que se deduce de los datos del Proyecto y de las características del torón.

- Se realiza el acufado, simplemente accionando la palanca de ACU
NADO de la unidad de bombeo. La presión hidráulica puede obser
varse en el manómetro y sube hasta un límite previamente fijado,
inferior a 200 kg/cm².
- Se regresa el pistón simplemente accionando la palanca de RETRO
CESO de la unidad de bombeo. El desmarre se realiza automáti
camente al final del retroceso, quedando el gato listo para ten
sar de nuevo.

El procedimiento de inyección es descrito a continuación:

INYECTADO :

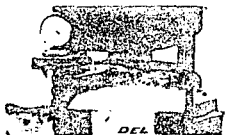
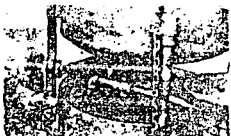
Una vez aprobado el tensado por la Supervisión, y en un plazo que no conviene exceda de una semana;

- . Se cortan las puntas a una distancia de 3 cm. de las cuñas.
- . Si el elemento de concreto que se presfuerza lleva cajetines en los extremos de anclaje, éstos se cuelan con concreto de por lo menos 250 kg/cm² para formar los tapones para la inyección. Si no los lleva, se colocan capuchas atornilladas a las placas de reparto que cumplen la misma función.
- . Se introduce aire comprimido por uno de los ductos de inyección (En ocasiones el Proyecto no lo requiere).
- . Se conecta la inyectora a uno de los ductos de inyección.
- . Se bombea agua a través del ducto. De esta manera se facilita el posterior paso de la mezcla.
- . Se realiza la mezcla de agua, cemento y aditivo, con las cantidades y proporciones que indique el Proyecto en la cubeta de mezclado durante un mínimo de 2 minutos.
- . Se pasa la mezcla a la cubeta de inyección donde se mantiene agitada en forma automática.
- . Se bombea la mezcla hasta que salga con su propia consistencia por todos los ductos del cable que se inyecta. En ese momento se procede a cerrarlos sin detener el bombeo con lo cual sube la presión. Cuando ésta alcanza 8 kg/cm² o el valor indicado en el Proyecto, se cierra el conducto -

de entrada y se desconecta. El bombeo se puede interrumpir en cualquier momento haciendo reciclar la mezcla a la cubeta de inyección.

- A las 24 horas del inyectado deben revisarse todas las salidas y, si el nivel de cemento está muy bajo, rellenarse manualmente.

En la siguiente página es representada esta descripción.



OBRAS COMPLEMENTARIAS

GUARNICION LATERAL

El propósito principal de la guarnición lateral es la de proporcionar protección a los ocupantes de los automóviles en caso de colisión, así como no provocar en el tránsito una sensación de inseguridad, por la gran altura que tiene el puente.

La guarnición es de concreto armado con una altura de 1.0 m 0.50 m en la base y 0.30 m en la corona.

Será colada en tramos de 9.0 m con el sistema STEEL PLY.

(ver foto 37)

JUNTA DE DILATACION

La junta de dilatación que se establece en el puente, se encuentra localizada en la unión del Estribo No. 5 y la superestructura. Se realizará mediante una junta de 4 cm de espesor con cartón asfáltico (SIKAFLEX O SIMILAR).

(ver foto 38)

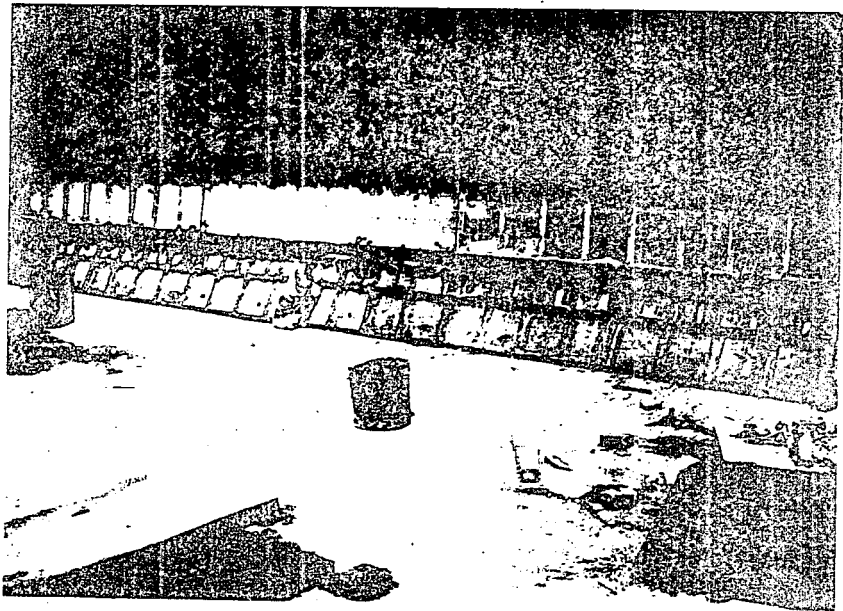


FOTO 37

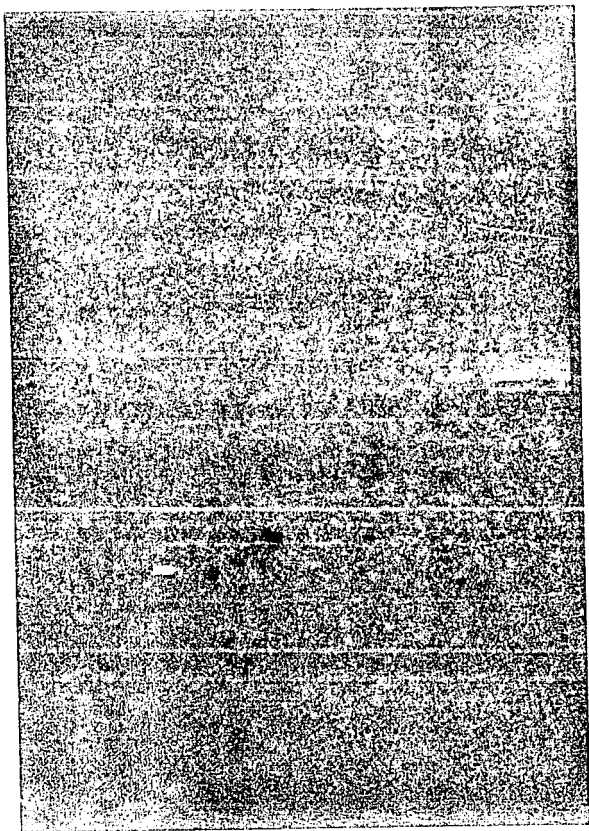


FOTO 38

LOSA DE TRANSICION

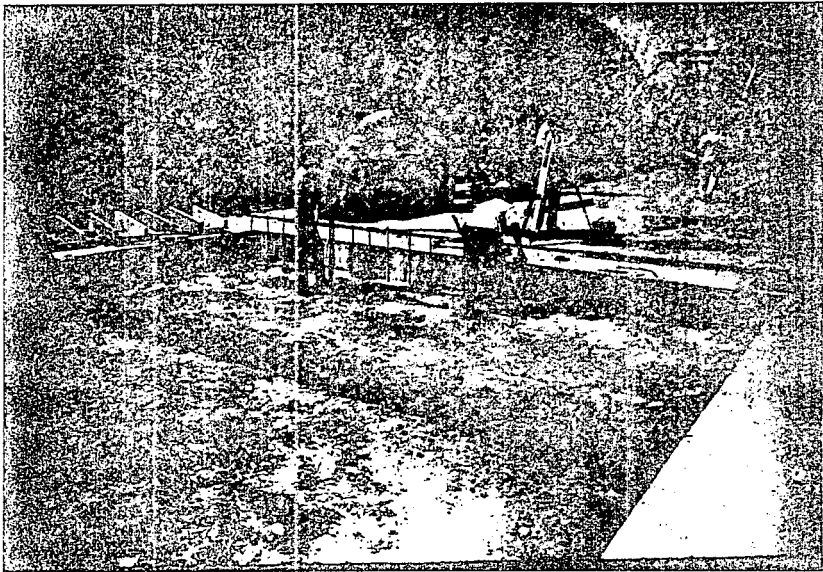
En el caso del acceso a Estribo No. 1 para conectar al puente con el camino de acceso del lado de Acapulco se realizó una losa de transición.

Dicha losa de transición es de 6.0 m de largo por los 20.30 m del ancho del puente. La losa será perfectamente enclada al Estribo No. 1 por medio de una ménsula.

Para comunicar al puente con el lado de acceso de Tierra Colorada (Estribo No. 5), se realizó también una losa de transición, pero en este caso la longitud es de 19.0 m y está apoyada en el -- estribo.

El objeto de la losa es de poder evitar los asentamientos en los "aproxos" debido a los efectos de variaciones en la superestructura y a causa del tránsito de vehículos. (ver foto 39).

FOTO 39



CARPETA ASPALTICA

La carpeta está realizada de un material aglutinante y agregados pétreos.

La finalidad es de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada; que no refleje la luz de los vehículos que circulan; que sea capaz de transmitir los esfuerzos a los que lo sujeta el tránsito, etc.

COLOCACION

Riego de liga 0.5 l/m^2 asfalto rebajado FR-3 aplicandolo en caliente a una temperatura de $\pm 80^{\circ}\text{C}$ con una petrolizadora. Colocación de carpeta asfaltica con agregado máximo de $3/4$ " y cemento asfáltico No. 6 en proporción de entre el 6 y 7% del peso de los agregados, con una extendidora de asfalto entre 90°C y 110°C y compactado con un compactador de rodillo liso y posteriormente con equipo de neumáticos pesados. (ver fotos 40 a la 43).

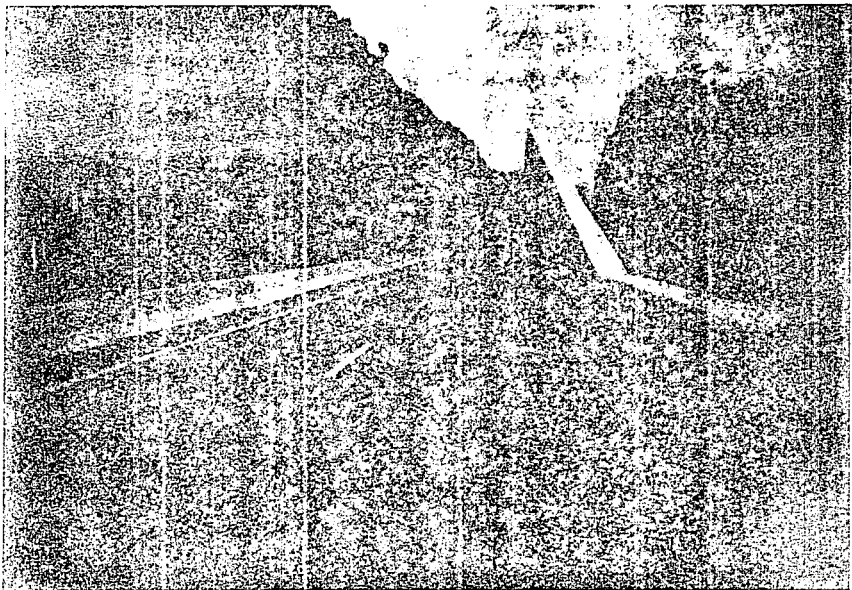


FOTO 40

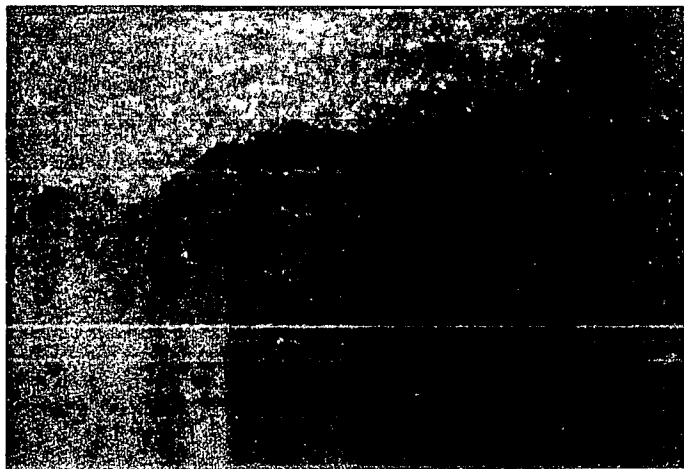


FOTO 51

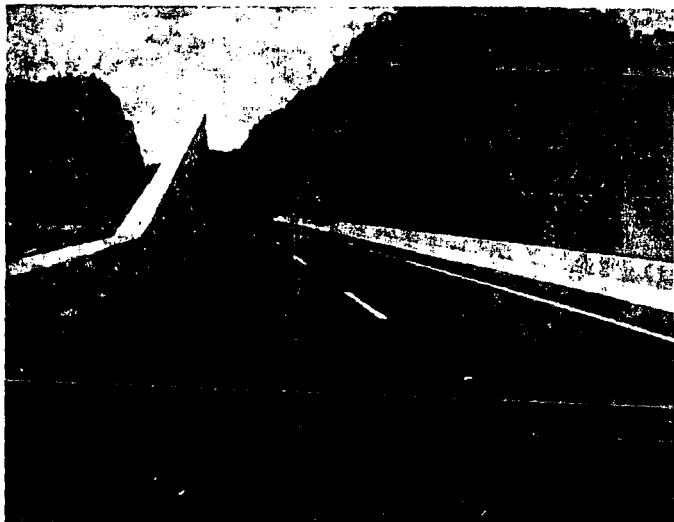


FOTO 42

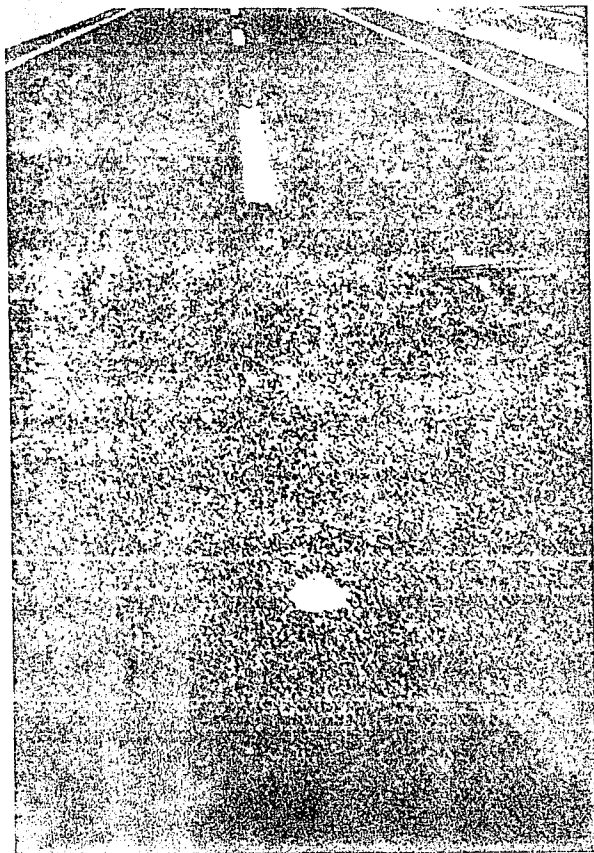


FOTO 43

EQUIPO

PETROLIZADORA

Equipo complementario en los trabajos de pavimentación, que sirve para cargar y regar el asfalto líquido.

Básicamente no es otra cosa que un camión, en cuya parte trasera lleva adaptado de tal manera y sobre un bastidor formado por dos vigas de acero reforzadas con miembros transversales tubulares, un tanque termo con rompe-olas y de forma elíptica, que a su vez se complementa con una barra de riego y una bomba de líquidos pesados, que se colocan en su parte inferior y se accionan por un motor adicional o el del vehículo.

En general el tanque termo que varía en capacidad y tamaño -- según el modelo, está constituido por quemadores de gas o petróleo, cuya función es la de calentar a un par de serpentines que le proporcionan la temperatura al asfalto, los cuales generalmente van -- colocados en la parte trasera del tanque y junto con un termómetro blindado para conocer la temperatura.

La bomba de líquidos pesados, que sirve para la carga del -- tanque por medio de mangueras, y para la recirculación de la mezcla asfáltica dentro del mismo, es esencialmente el componente más importante de la máquina, ya que el riego del asfalto que se hace a -- cierta temperatura producida por los quemadores y a través de la -- barra de riego, es llevado a cabo mediante la presión que produce dicha bomba.

Debajo del tanque de éstas máquinas, se lleva una 5a. rueda articulada al chasis, cuya finalidad es la de accionar un tacómetro que marca la distancia regada e indica la velocidad en m/seg.

La colocación del motor, la bomba, y los controles del operador entre la cabina y la parte delantera del tanque, reducen el peligro de incendio, ya que la bomba queda al frente muy lejos de los quemadores.

Su uso general se hace en carreteras, para el riego de asfaltos en carpetas y bases.

PAVIMENTADORA (finisher)

Máquinas consideradas como elementos esenciales en los trabajos de pavimentación, para la distribución uniforme y por capas de la mezcla asfáltica en la construcción de carreteras y aeropuertos satisfaciendo todos los requisitos para el mezclado en el mismo lugar de trabajo.

La pavimentadora moderna, que es una máquina altamente especializada, está formada por una caja rectangular, sobre la cual van el motor, el tanque de combustible, la tolva alimentadora y los controles para su operación.

El funcionamiento de éstas máquinas que es generalmente de tipo hidráulico, comienza cuando la mezcla asfáltica es desalojada sobre la tolva principal a través de un equipo auxiliar, como puede ser un camión de volteo, para que posteriormente la mezcla sea dirigida por medio de una banda transportadora a base de placas metálicas, hacia una tolva de menor tamaño, donde existe un gusano heli-

coidal que hace recircular la mezcla hasta una plataforma inferior, en la cual por medio de unos quemadores de gas o aceite se evita -- que el asfalto se enfríe.

Finalmente desde la plataforma inferior es distribuido el pavimento, que se controla y se limita mediante unas reglas vibratorias que dimensionan el espesor de la carpeta.

En general la mayoría de éstas máquinas, cuenta con un tanque de agua con capacidad suficiente para permitir que la máquina funcione durante un periodo ininterrumpido de 15 a 20 minutos, así -- como un sinfin de elementos optativos que aumenta su producción.

CLASIFICACION

- a) Pavimentadora sobre neumaticos.
- b) Pavimentadora sobre orugas.

Generalmente las máquinas más pequeñas son las que van montadas sobre neumáticos, mientras que los modelos mayores están dotados de orugas de cara ancha, cuya finalidad es la de reducir la presión sobre el camino y la tendencia de la máquina a romper la subrasante, pero tanto en uno como para el otro caso las características antes descritas son las mismas.

Usuales para la formación de la carpeta asfáltica de carreteras, calles, estacionamientos, aeropuertos, etc.; y en general para todos los trabajos propios de pavimentación.

APLANADORA DE TRES RODILLOS

La aplanadora estandar de tres rodillos, que tiene en la parte posterior un par de rodillos grandes de impulsión, y en el frente uno de dirección más pequeño pero más ancho y a todo lo largo de su eje, normalmente se emplea para confinaciones medias, y aun que varían entre cinco y quince toneladas de peso, es posible poder aumentarlo mediante la colocación de tapas laterales sobre los rodillos traseros, que generalmente se lastran con agua, arena o acero.

Basicamente éstas máquinas, que van apoyadas sobre los rodillos y que están formadas además por la plataforma, los depositos de lastre, el motor, y el tablero de control; son aparatos accionados a base de diesel o por gasolina, y frecuentemente están equipados con limpiadores en cada rodillo, para evitar que el material se pegue a éstos.

Como equipo opcional se cuenta con un sistema de riego por gravedad, que se instala bajo la cubierta frontal y se aplica para humedecer los rodillos, que para ciertos trabajos de pavimentación asfáltica se requieren; un toldo para el operador y en ocasiones también un escarificador son accesorios comunes de éste equipo.

Usuales en la construcción de la mayoría de las superficies bituminosas y en el aplanado de caminos de grava y algunas subrasantes; son muy frecuentes en trabajos ligeros de rellenos y en particular en la compactación de pavimentos bases, sub-bases, caminos y calles.

COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS

Son modelos formados básicamente por una caja lastrable, que constituye el cuerpo principal de la compactadora, y por dos ejes de ruedas uno trasero con llantas motrices y uno delantero de dirección. Frecuentemente el número de llantas en los ejes es variable, aunque el trasero siempre lleva una más que el delantero.

La plataforma como ya se dijo está formada por una caja lastrable, hueca y de acero, pero cuando se trata de una máquina autopulsada, cuenta además con una cabina de controles y de un motor diesel, que permite desarrollar velocidades máximas de 25 km/hr.

Las llantas neumáticas, que se colocan de tal manera que al compactar en línea recta no se crucen las huellas de las delanteras con las de atrás, son de movimiento oscilatorio y de rodadura lisa, excepto en los compactadores grandes que llevan dibujo.

Las cajas de lastre, que emplean arena, grava, agua o preferentemente metal para alcanzar su peso máximo, son totalmente independientes para permitir una distribución uniforme de carga sobre las ruedas cualquiera que sea la cantidad de lastre usado.

Usual en la compactación final de la capa superficial de terracerías, bases, sub-bases y revestimientos.

CONTROL DE CALIDAD EN EL TENSADO

SECUENCIA EN EL HABILITADO Y COLOCACION DE LAS BARRAS ROSCADAS

EN CIMENTACION DE LAS PILAS PRINCIPALES

- 1.- Fuera del agujero, y de preferencia en posición horizontal, se colocará el tramo de tubo engargolado de plástico de 3" de diámetro que va en el extremo final del barreno, en un largo definido en campo por la prueba de tensión (1.50 m su puesto inicial), encamisando la barra roscada DYNIDAG de -- 32 mm de diámetro.
- 2.- Se inyectará lechada en el largo de este tubo engargolado.
- 3.- Se colocará la longitud adicional del encamisado de la barra roscada con tubo liso de plástico de 3" de diámetro, en el largo comprendido por el extremo del tubo engargolado y el lecho superior de la zapata (en el caso inicial 16.5 m), incluyendo los dos pequeños tubos de inyección.
- 4.- Se bajará el conjunto así formado, al interior del barreno.
- 5.- Se efectuará la inyección exterior a todo lo largo del barreno (entre la camisa y la pared del barreno). La presión de esta inyección se determinará en campo, tomando en cuenta las pérdidas de lechada a través de las cavernas o las lentes de material granular. En general se inyectarán, en una sola operación (continua), primeramente y a baja presión los barrenos exteriores; en segundo orden, a mediana presión los barrenos centrales; por último y a la mayor presión, los barrenos interiores. Lo anterior tiene por objeto limitar, en lo posible las pérdidas de la lechada de inyección.

En todas las operaciones anteriores se verificará que la lechada desplace totalmente al agua que pueda haberse acumulado en el interior del barrenado o de los tubos de ademe.

6.- Se asentará el bloque de anclaje prefabricado sobre el lecho superior de la zapata.

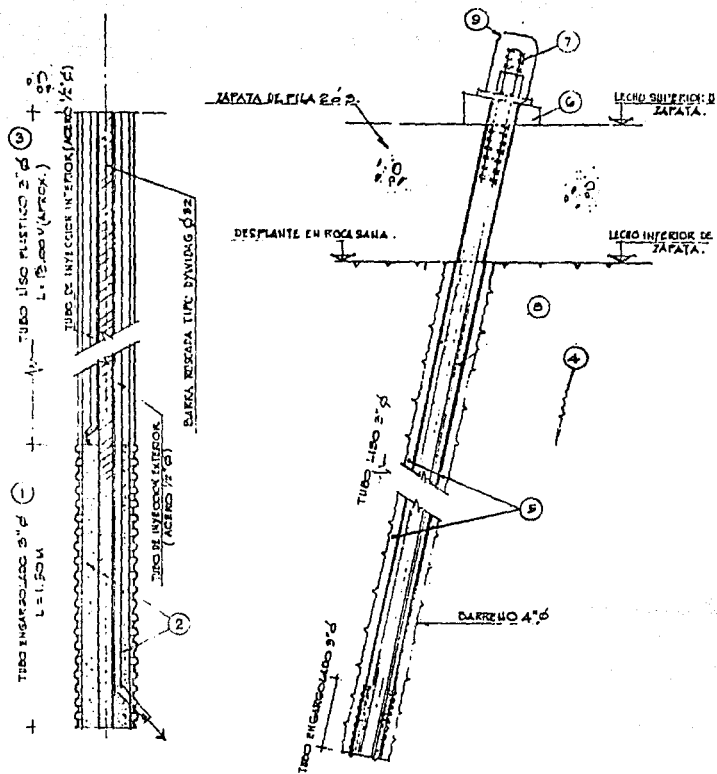
Se colocará la silleta y el gato para el tensado de las barras roscadas tipo DYWIDAG de 32 mm de diámetro.

7.- Se tensará la barra con una fuerza de 60 ton considerando 64 mm como el alargamiento previsto para esta tensión y para una longitud de 16.5 m sin que difiera en $\pm 10\%$.

8.- Antes de proceder a la inyección interior a todo lo largo del tubo liso, se harán pruebas de retensado de las barras, seleccionando al azar una barra de cada diez; en caso de que los resultados sean satisfactorios, se procederá a la inyección a presión del interior del tubo liso 3" de diámetro quedando ahogada la barra roscada; por el contrario, si los resultados no son satisfactorios, se informará a la Residencia de la S.C.T.

9.- Sellará herméticamente con una lechada de cemento sin contracción (con aditivo estabilizador de volumen), utilizando un recipiente cónico de plástico (vaso) como protección de la barra.

(ver fig. # 33 a la #42)



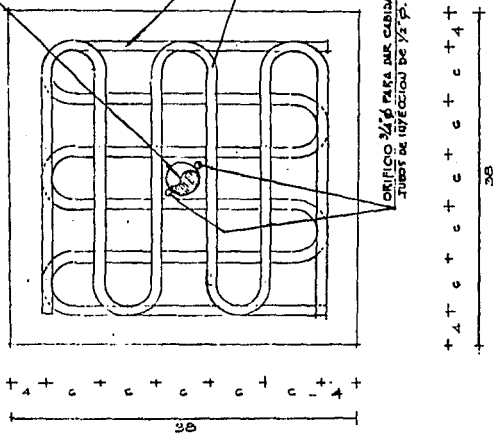
SECUENCIA EN EL HABILITADO Y COLOCACION
DE BARRAS RESACADAS.

FIG 33

DUCTO 36 Ø PARA BARRA ROS.
CADA UNIDAD DE 35 mm.

2 VARS. Ø 30; L = 1.95 M.

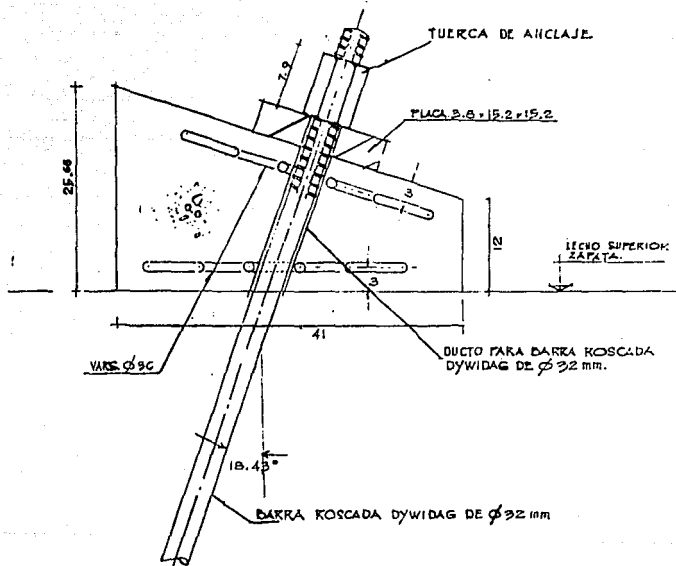
ORIFICIO 3/4" Ø PARA DAR CABIDA A
TUBOS DE INYECCIÓN DE 1/2" Ø.



P L A N T A

BLOQUE DE ANCLAJE PREFABRICADO.

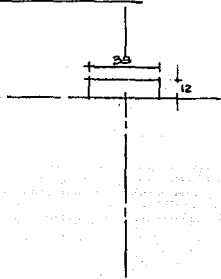
FIG 34



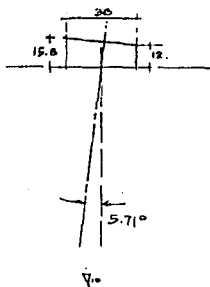
BLOQUE DE ANCLAJE PREFABRICADO
 CONCRETO $f_c = 600 \text{ kg/cm}^2$

Dimensiones del bloque preacabado según viaje del barreno.

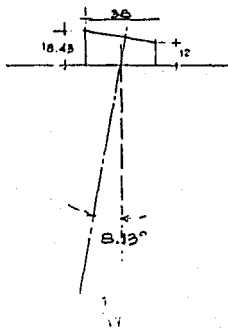
A) Barreno Vertical



B) Barreno 5.71° de "viaje"



C) Barreno 8.13° de "viaje"



D) Barreno 9.46° de "viaje"

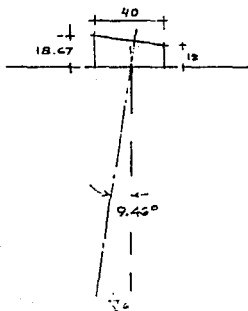
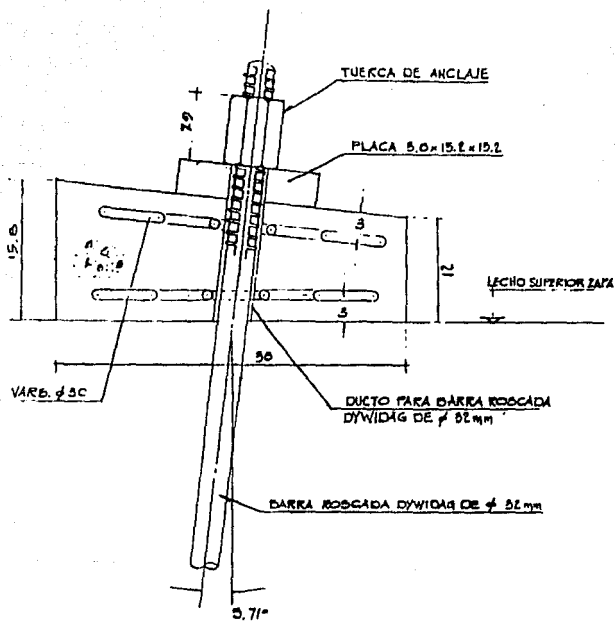
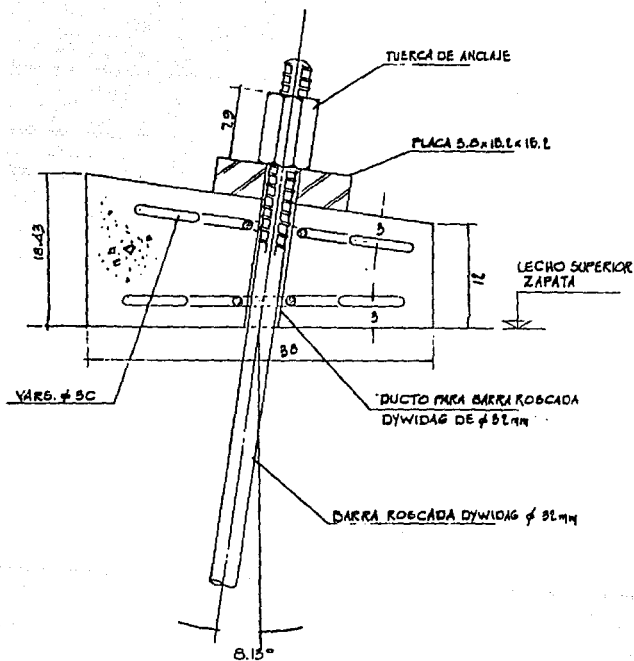


FIG. 36



BLOQUE DE ANCLAJE PREFABRICADO
 CONCRETO $f'_c = 600 \text{ kg/cm}^2$

FIG. 37



BLOQUE DE ANCLAJE PREFABRICADO

CONCRETO $f_c = 600 \text{ kg/cm}^2$

FIG. 38

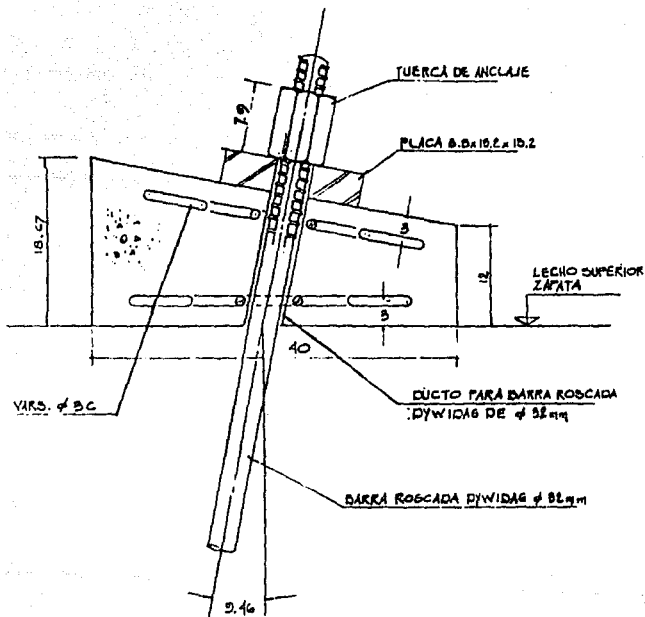
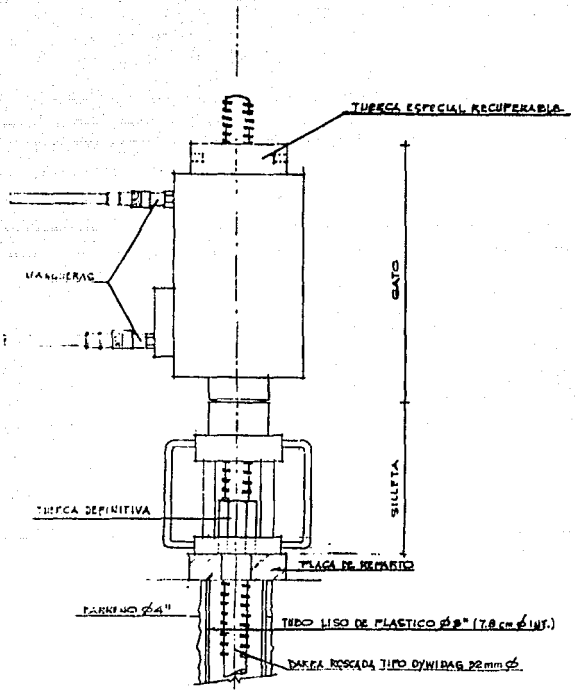
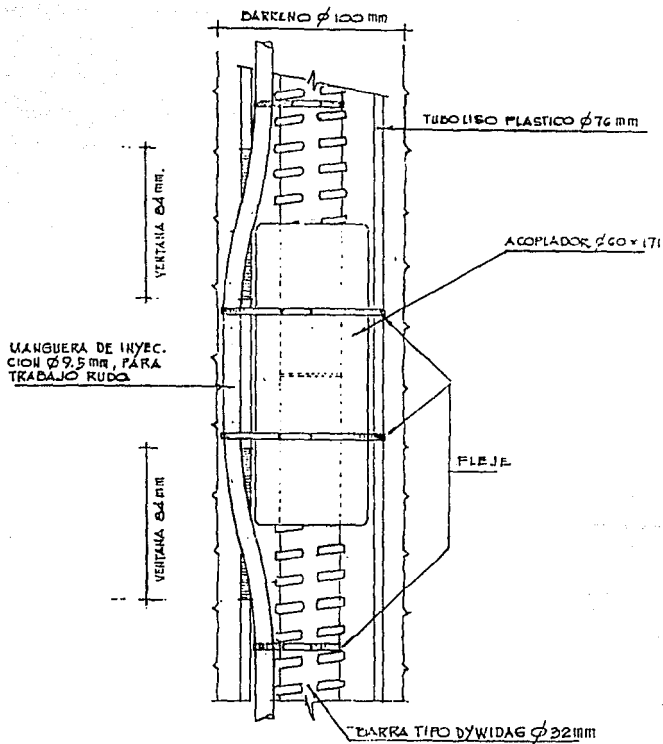


FIG. 39



GATO PARA TENSADO DE BARRAS TIPO DYWIDAG

FIG. 40



DETALLE DEL PASO DE LA MANGUERA DE INYECCION

FIG. 41

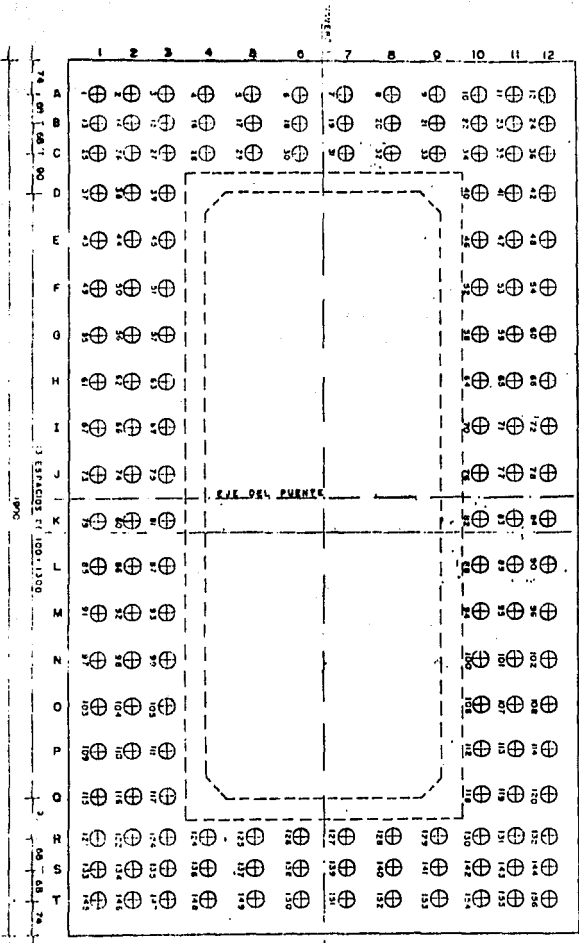


FIG. 42

**TENSADO DE ANCLAS DE ACUERDO AL AVANCE DEL -
DOBLE VOLADIZO DE SUPERESTRUCTURA**

DOVELA		BARRENOS TENSADOS E INYECTADOS							
ANT.	POST.								
3	4	A1 Q1	A12 Q12	B1 R1	B12 R12	C1 S1	C12 S12	D1 T1	D12 T12
4	5	E1 M1	E12 M12	F1 N1	F12 N12	G1 O1	G12 O12	H1 P1	H12 P12
5	6	A2 I1 Q2	A11 I12 Q11	B2 J2 R2	B1 J12 R11	C2 K1 S2	C11 K2 S11	D1 L1 T2	D11 L12 T11
6	7	E2 I2 M2	E11 I11 M11	F2 J2 N2	F11 J11 N11	G2 K2 O2	G11 K11 O11	H2 L2 P2	H11 L11 P11
7	8	A3 I3 Q3	A10 I10 Q10	B3 J3 R3	B10 J10 R10	C3 K3 S3	C10 K10 S10	D3 L3 T3	D10 L10 T10
8	9	A4 F3 N3 S4	A10 F10 N10 S9	B4 G3 O3 T4	B9 G10 O10 T9	C4 H3 P3	C9 H10 P10	E3 M3 R4	E10 M10 R9
9	10	A5 C5 S5	A6 C6 S6	A7 C7 S7	A8 C8 S8	B5 R5 T5	B6 R6 T6	B7 R7 T7	B8 R8 T8

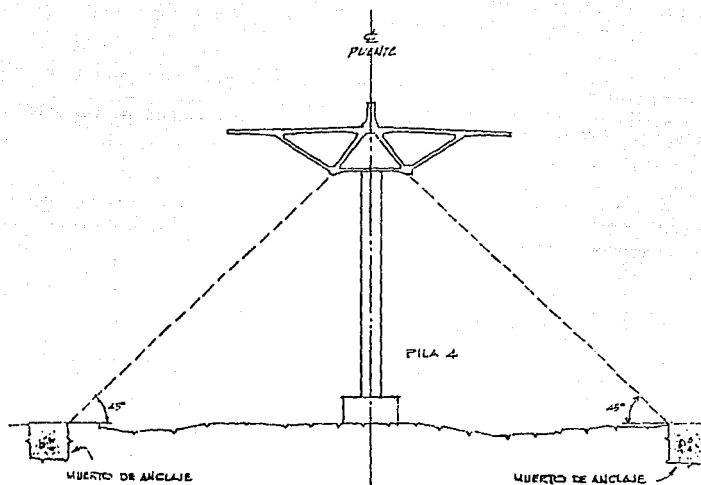
CABLES PARA EVITAR MOVIMIENTO SISMICO

Los cables de presfuerzo que se utilizarán como retenidas para sismo longitudinal durante la construcción, se deberán instalar una vez coladas las dos pilas principales hasta el nivel inferior de la dovela sobre pila.

Estos cables de presfuerzo (12T15), pasarán a través del cuerpo de las pilas principales sin ligarlas y se tensorán en los dos estribos. (ver fotos 20 y 22).

El tensado de los cables de presfuerzo se deberá hacer por ambos extremos aplicando una fuerza de 26 ton en cada cable. Una vez tensados los cables de presfuerzo que trabajarán como retenidas para sismo longitudinal durante la construcción, se procederá a ligar dicho presfuerzo a las pilas principales, el cual se logra mediante un segundo colado en el interior de las mismas.

Las retenidas para evitar el cabeceo de la superestructura se tensorán por el extremo que se sujete a la superestructura (en dovelas #7 y #13 con un cable 1T15), con una fuerza de tensado de 4 ton , debiendo tener cuidado que los cables de aguas abajo y aguas arriba, sean tensados al mismo tiempo para evitar flexiones en la superestructura. (ver figura 43).



RETENIDAS CONTRA SISMO TRANSVERSAL

FIG. 43

PRESFUERZO

Las estructuras presforzadas son obras particularmente vivas, sometidas a grandes esfuerzos iniciales como son los producidos por el presfuerzo, y en las que pueden desarrollarse a lo largo del -- tiempo, fenómenos que atentan contra su seguridad, y que pueden -- evolucionar rápidamente, tales como los de corrosión bajo tensión, fluencia, relajación, etc.

La disminución en la calidad de los materiales prevista en el Proyecto y una mala ejecución de la obra, pueden ocasionar problemas de costosa y difícil reparación.

Por lo tanto, la obra debe ajustarse estrictamente a las dimensiones señaladas en el proyecto, y la calidad de los materiales no debe verse disminuida por un descuidado manejo o almacenamiento.

Es pues imprescindible que la ejecución cuidada y realizada -- con apego a las normas y buena práctica sea considerada como método habitual de trabajo.

PRECAUCIONES PREVIAS A LA COLOCACION DE LAS UNIDADES DE PRESFUERZO

Para su suministro y transporte, los cables se disponen en -- rollos cuyo diámetro le es especificado al fabricante por las normas nacionales e internacionales que rigen para estos materiales, pero nunca en carretes de diámetro de bobina inferior a 600 mm. En cualquier caso, no se admitirá en una misma bobina más de una longitud de fabricación.

Las barras se suministran en tramos rectos.

Siempre será necesario evitar los golpes o cualquier otra causa que pueda dañar la superficie de los cables y barras, debiéndose almacenar clasificados según tipos, clases y lotes de procedencia.

Para evitar los riesgos de oxidación y corrosión, el almacenamiento se realizará en locales cerrados y al abrigo de la humedad.

En el almacén se tomarán las medidas necesarias para impedir que los cables puedan ensuciarse o sufrir cualquier deterioro debida a ataques químicos, operaciones de soldadura realizadas en sus proximidades, etc.

Si por causas especiales, durante un cierto período de tiempo los cables y barras han de estar almacenados a la intemperie, deberán protegerse, tapándolos con una lona y situándolos a una cierta distancia del suelo, sobre una cama de madera.

Después del almacenamiento; se comprobará que los cables y barras se mantienen limpios, sin manchas de grasa, pintura, polvo, tierra, o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación y posterior adherencia. Su estado superficial será siempre objeto de examen, antes de su colocación, con objeto de probar y comprobar que los aceros no presentan síntomas de corrosión ni alteraciones o defectos superficiales aparentes, tales como puntos de soldadura, pliegues o dobleces.

En ningún caso deberán enderezarse cables que presenten dobleces.

COLOCACION DE CABLES Y BARRAS

Al iniciarse la colocación de cables y barras se comprobará que cumplen los requisitos generales de los que se ha hecho referencia, especialmente en lo relativo al estado de la superficie y los defectos aparentes.

Se recomienda que todos los cables colocados en una misma pieza sean de la misma procedencia, tipo, grado, módulo de elasticidad y diámetro. Será la supervisión la que de su última palabra en relación a la dispersión del módulo de elasticidad de los cables dentro de una misma pieza, siendo un $\pm 5\%$ una norma usualmente aceptable.

Todas las operaciones de corte de cables y barras se realizarán utilizando medios mecánicos tales como sierra de disco abrasivo de alta velocidad (pulidora).

Durante la colocación, debe evitarse que cables y barras entren en contacto con superficies o elementos que estén engrasados. En especial, debe impedirse que queden impregnados en los productos usados como desmoldantes.

Queda prohibido realizar, en las proximidades de los cables y barras de presfuerzo, operaciones de soldadura u otras capaces de producir en ellos calentamiento.

Las cuñas de anclaje deberán revisarse en las superficies que van a estar en contacto con los cables, a fin de detectar cualquier posible defecto que pudiese llegar a afectar su efecto "mordaza".

Las tuercas deberán revisarse en su interior y verificar que deslizan adecuadamente en las barras.

Se cuidará la perfecta alineación de los moldes para asegurar se de que en cada sección de la pieza, la posición de cables y barras respecto a la sección de concreto es la prevista en el proyecto.

La tolerancia en alineación de moldes serán:

- Cables de Presfuerzo: ± 1.5 cm en todos los sentidos, cuando la distancia a los paños de los elementos lo permita.
- Barras de Presfuerzo: ± 0.5 cm en todos los sentidos con la misma consideración que el caso anterior.

Se utilizarán dispositivos de sujeción y guía, que aseguren la correcta colocación de las unidades de presfuerzo a lo largo de todo su trazado en el interior de la pieza.

El enfilado de los cables dentro del conducto deberá ser realizado de forma que no se produzcan daños ni en los cables ni en el ducto engargolado. Suele ser regla de buena práctica cabecear con autogena y el correspondiente fundente, dejando uno de los torones más largos para formar una "gasa" de donde poder jalar con un elemento mecánico (malacate). Debe de existir una buena operación - de cabeceo para no dañar el cable por el exceso de calor.

Previo al colado de un elemento postensado deben introducirse en los ductos metálicos engargolados, poliducto en forma de camisa con objeto de evitar que penetre la lechada en el momento del vibrado, que ocasionaría taponos e impediría la inserción de los torones.

El trazo de unidades curvas se dispondrá de la forma más regular posible sin cambios bruscos de dirección y con el número de puntos de apoyo precisos para que la curva resultante sea realmente regular, y continua, y no una sucesión de catenarias.

Debe llamarse la atención sobre el peligro que puede suponer cambiar el sentido de la curvatura de una unidad de presfuerzo; si no se lleva a cabo un estudio completo del proyecto, no se admitirán dichos cambios.

Los ductos se sujetarán a las varillas pasivas, de forma que quede garantizada su inmovilidad, incluida la posibilidad de flotación durante el proceso de colado. La sujeción se hará mediante -- atado con alambres, prohibiéndose el empleo de soldaduras en ductos en los cuales ya estén alojados cables o barras.

Los empalmes de los ductos se realizarán mediante "coples" de diámetro algo superior al de los elementos que se van a unir, y se roscarán a los ductos. Las juntas entre los coples y los ductos se sellarán con cinta adhesiva, prohibiéndose expresamente el empleo de la soldadura.

CABLES DE PRESFUERZO

Se almacenarán los rollos de torones y de alambres en un lugar cubierto y con las especificaciones ya presentadas.

En ningún caso se formarán los cables con torones o alambres procedentes de lotes de fabricación diferentes. Se registrará la procedencia exacta de los torones de cada cable que se forme. Los torones o alambres serán cortados únicamente con sierra. Se prohibirá el uso del soplete.

VERIFICACIONES PRELIMINARES

Antes del colado se efectúan las verificaciones de los siguientes conceptos:

- Posición de los ductos (trayectorias en planta y elevación)
- Impermeabilidad de los ductos y especialmente en las secciones donde los ductos se cruzan o se tocan; y de las partes de unión de los ductos con piezas de anclaje, cada fuga será evitada con cinta adhesiva.
- Fijación de los ductos; los ductos se fijarán con alambres amarrados a grapas o estribos especiales para este uso y dispuestos a cada metro, salvo el primero que será colocado 30 cm delante del anclaje.
- Posición de los ductos de inyección o de purga y verificaciones de la impermeabilidad entre esos conductos y los ductos.

En ningún caso los cables se pondrán en los ductos antes del colado.

Durante el colado se verificarán los mismos puntos anteriores y además se colocarán tubos de plástico en los conductos, para rigidizarlos e impedir la formación de tapones de lechada.

Después del colado, se efectuará la operación siguiente:

- Limpieza de los ductos y de la parte interior de los conos de anclaje para quitar cualquier residuo de lechada de concreto.

TENSADO DE LOS CABLES

Antes de proceder al tensado, se verificará la resistencia requerida del concreto, sobre 5 muestras. La resistencia media del -- concreto será el promedio aritmético de las cinco medidas menos 80% de la desviación cuadrática. Esta resistencia media deberá ser -- mayor o igual a la resistencia indicada en los datos del proyecto.

De la misma manera se verificará la concordancia entre las -- características de los aceros utilizados y los de los aceros previstos en el diseño.

Se verificará también el funcionamiento y el estado de los -- gatos y especialmente, el de los indicadores de presión, que volverán a calibrarse con base a un indicador piloto o maestro, antes de cada fase de tensado.

El tensado de los cables se llevará a cabo según las consignas y procedimientos definidos para cada dovela.

En el caso de que se presente alguna anomalía, se parará el tensado y se informará al ingeniero encargado del control del tensado; además, no se cortarán los torones ni se efectuará la protección de los anclajes, se asegurará el buen funcionamiento de todos los aparatos (gato, bomba, indicadores de presión, etc.). Se analizará el problema y la alternativa de solución.

PROTECCION DE LOS ANCLAJES

Después del tensado, si ha sido satisfactorio, las extremidades de los cables DEFINITIVOS, serán cortados con sierra eléctrica.

Este corte será hecho por lo menos a 5 cm de las cuñas, pero será mayor cuando los torones puedan ayudar al refuerzo del concreto colocado contra el anclaje y si no estorban el colado.

Se realizará la protección de los anclajes definitivos de dos maneras:

Tipo I : Un concreto que será colado en una fase posterior contra el anclaje.

Tal es el caso de los cables de presfuerzo longitudinal de la superestructura, anclados en una junta de la costilla; también es el caso de un anclaje con una caja previgta para concreto de segunda fase. Este tipo de concreto - de sello, será suficientemente fino y tendrá un proporciónamiento adecuado para limitar los efectos de la contracción por fraguado.

Tipo II: En el caso de los anclajes definitivos, colocados dentro del cajón del tablero, se preverá una campana para inyección de lechada al ducto y al cono del anclaje; las par-

tes restantes serán protegidas con resina epóxica, cuidando todas las juntas entre partes metálicas y concreto. La protección de los anclajes definitivos en mogotes se podrá también realizar, colocando un tapón de concreto fino con la misma sección que la del mogote y con un espesor tal, que la extremidad de los torones (cortados a 5 cm de las cuñas) tengan un recubrimiento de por lo menos 3 cm, en este caso se picará el concreto de la cara del mogote, así como las almas interiores, en una longitud igual al espesor del tapón y se aplicará una resina epóxica sobre la superficies picadas y limpias.

En caso de cables provisionales, no se requiere ninguna protección especial a los anclajes. Sin embargo, es importante NO cortar los torones y prever el equipo para destensarlos.

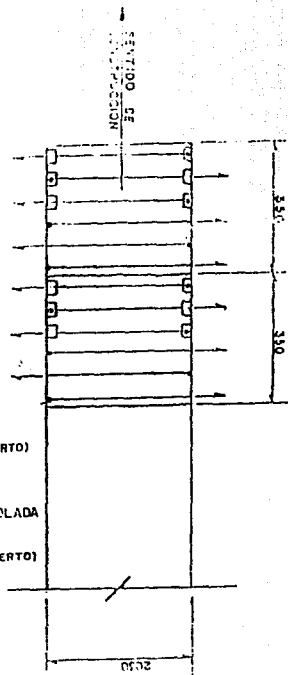
TENSADO

Para la aplicación del tensado deberán cubrirse los siguientes requisitos:

- 1.- Los gatos deberán tener los dispositivos y la capacidad de tensión necesarios para aplicar el tensado de todos los torones en forma simultánea. Inicialmente se hará un tensado; este primer tensado incluyendo el acuñado, será del 20% de la fuerza final de tensado indicado en los planos. Con el cable sujeto mediante este tensado inicial se colocarán las marcas de medida y a continuación se reiniciará el tensado hasta alcanzar simultáneamente el 80% del alargamiento total indicado en los planos y el 100% de la fuerza de tensado; la tolerancia de estos alargamientos y fuerza será de +10% hasta -3% del 80% de los valores indicados en los planos; en caso de no quedar dentro de las tolerancias indicadas, se destensará totalmente el cable y se repetirá la operación de tensado en la forma descrita.
- 2.- Presfuerzo Transversal.- El tensado empezará por los cables con terminación de placas precoladas y continuará después por los cables restantes en forma alternada según el ejemplo mostrado en la figura # 4A.

FIG 44

- ANCLAJE BLOQUEADO (MUERTO)
- ANCLAJE POR DONDE SE TENSARA EL CABLE
- PLACA DE ANCLAJE PRECOLADA
- ◻ PLACA PRECOLADA CON ANCLAJE BLOQUEADO (MUERTO)



3.- Tensado longitudinal.- Para los cables de la costilla central, se acepta tensar cada cable hasta alcanzar la fuerza y el alargamiento de proyecto conforme a lo descrito en el punto 1.

Después del colado se aplicará un curado a la superficie de la losa anterior, ya sea con arena permanentemente húmeda o con un producto de curado de fabricación industrial.

Después del decimbrado las caras aparentes del concreto deberán ser lisas, sin oquedades, despostilladas o falta de lechada superficial; en caso de presentarse defectos como los descritos, se determinará la forma de hacer el resane si éste procede, pero en caso de defectos graves, deberá demolerse la parte defectuosa y volver a colocarse en forma adecuada.

Las caras de concreto que vayan a estar en contacto con un colado posterior se picarán cuidadosamente, si es que no se han realizado llaves de cortante en la junta. Se verificará el estado de la cimbra de contacto y se raspará en caso necesario.

Antes de colocar el refuerzo de la dovela siguiente, se endeizarán las varillas de amarre ancladas en la dovela anterior.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS MATERIALES

Se especifican las resistencias mínimas del concreto de las dovelas a los 28 días, como sigue:

- Nogotes Superiores Precolados	400 kg/cm ²
- Concreto Colado en Sitio	350 kg/cm ²

El acero de refuerzo requiere tener las características siguientes:

- Corrugado, grado duro	Lím. Elástico	4 000 kg/cm ²
	Lím. Ruptura	6 000 kg/cm ²
- Redondo	Lím. Elástico	2 320 kg/cm ²

Los ductos de presfuerzo que se especifican, serán de alguno de los tipos siguientes:

Tipo "F" , flexible: Ductos de lámina engargolada. En este caso, las uniones entre ductos de cables se harán únicamente con coples de radio mayor, debidamente atornillados y sellados con cinta adhesiva, el espesor de la lámina será mayor de 0.5 mm.

Tipo "R" , rígido : Tubos de acero de grado estructural -- (dulce) elaborados por rolado de una lámina de 0.8 a 2.0 mm de espesor y con soldadura eléctrica en la unión.

Para el diseño, fueron tomadas en cuenta las siguientes características de los cables de presfuerzo:

CARACTERISTICAS	TIPOS DE CABLES			
	12T13	12T15	19T15	4T13
Area de un cable (mm ²)	1236.00	1735.00	2747.00	412.00
Límite de ruptura del acero (kg/cm ²)	180.00	185.00	185.00	180.00
Coefficiente K de fricción de desarrollo lineal	.003	.003	.003	.003
Coefficiente M de fricción por curvatura	.20	.23	.23	.20
Corrimiento de los anclajes al anclar (mm.)	6.00	10.00	10.00	6.00
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	19600.00	19600.00	19600.00	19600.00

En todos los casos la fuerza máxima al tensar será de 80% - del límite de ruptura del acero empleado (con posibilidad de incrementarla hasta un 25% en caso de anomalías durante el tensado).

Las características de los aceros, pueden variar ligeramente de las tomadas en cuenta para el diseño (hasta en $\pm 3\%$), pero con la condición de que se puedan lograr las fuerzas siguientes al tensar:

12	T	13	180 ton
12	T	15	255 ton
19	T	15	400 ton
4	T	13	60 ton

INYECCIONES

MODALIDADES DE LA INYECCION Y CONTROLES

Para disminuir los efectos resultantes de una eventual comuni- cación entre ductos, que se cruzan a poca distancia o que puedan to- carse, se inyectarán al mismo tiempo o inmediatamente uno después - del otro.

Las inyecciones se harán por la extremidad más baja de los -- ductos, cuando esto sea posible.

Además de los conductos colocados en las extremidades de los cables por inyectar, se colocarán conductos en las partes altas de los ductos, para que el agua y el aire puedan desalojarse durante el proceso de la inyección. La inyección se realizará con una presión inferior a 15 kg/cm^2 sin variación brusca. Cuando el mortero que salga de los conductos por la parte superior de las purgas -- tenga la misma consistencia que la del mortero preparado para la inyección, se doblarán y se sellarán esos conductos y se proseguirá la operación hasta que un mortero de la misma consistencia salga -- por el conducto de la extremidad. En ese momento se mantendrá la presión a 5 bars, mientras se estrangula el conducto de purga.

Durante toda la operación se verificarán los consumos de mor- tero, a fin de detectar eventuales fugas hacia los ductos vecinos.

Los consumos teóricos son los siguientes:

19	T 15 :	4.45 litros por metro lineal de ducto flexible
12	T 15 :	2.60 litros por metro lineal de ducto flexible
12	T 13 :	1.85 litros por metro lineal de ducto flexible
4	T 13 :	0.85 litros por metro lineal de ducto flexible

Estos valores tienen una tolerancia de más o menos 10%.

Se tomará en cuenta la cantidad que salga por los conductos antes de que sean sellados.

En caso de consumos anormalmente altos, se limpiarán los ductos vecinos con agua a presión, a menos que puedan ser inyectados inmediatamente después.

Los conductos podrán ser cortados 24 horas después de la inyección.

COMPOSICION DEL MORTERO Y PREPARACION

El proporcionamiento exacto del mortero sera definido por -- medio de ensayes y mediciones de laboratorio, teniendo en cuenta la longitud de los cables y la presión de inyección. El proporcionamiento base será:

- Cemento cribado 50 kg
- Plastificante 1 a 1.5 kg
- Agua Se determinará por los ensayes de fluidez y residuación.

La resistencia del mortero después de su endurecimiento, deberá ser mayor o igual a 250 kg/cm^2 .

El mortero será fabricado en una mezcladora mecánica, depositando los componentes en el orden siguiente; agua, cemento y plastificante.

El uso de hielo podrá ser requerido para mantener al mortero en una temperatura aceptable, pero en ningún caso el hielo se pondrá directamente en el mortero a fin de no cambiar el proporcionamiento del agua.

Siempre se tendrá preparada una bomba de repuesto, para que en caso de falla, se sustituya la bomba utilizada.

CONCLUSIONES

Dentro del sistema carretero nacional, los puentes han jugado un papel determinante en el desarrollo de la ingeniería de caminos. Cumplen con el doble propósito de ser obras útiles y estéticas para el progreso de una región.

El reto que presenta la construcción de estas estructuras -- obliga a adentrarse en los antecedentes que se tienen de obras anteriores, para la solución de los problemas que se presentan durante su periodo de ejecución.

En la realización del puente Papagayo se han consolidado innovaciones técnicas y propuestas de proyecto, y considerando la -- accidentada topografía del territorio nacional, con seguridad habrá la necesidad de salvar claros de este tipo en proyectos de infraestructura que pueden ser concesionados.

Los trabajos de mejoramiento del terreno en la zapata de la Pila No. 3 por medio de inyecciones que se usan para la creación de pantallas impermeables en presas, inician su utilización en -- puentes a traves de los anclajes definitivos en las pilas principales, ya que logrando un bulbo de adherencia en cada cimiento permite tener una mejor superficie de apoyo a mayor profundidad que -- se traduce en poder proyectar claros más cortos y cercanos a las -- márgenes de los ríos. Garantizando evitar la socavación en el -- suelo bajo las zapatas, además de no llegar a realizar excavaciones excesivas para la misma.

Un punto muy importante también es el de definir oportunamente los accesos a la obra, debiendo escoger entre las opciones la más idónea. En este caso fue el camino trazado desde el poblado de Palo Gordo y la construcción de obras adicionales para el paso del río donde su costo no sobrepasó el porcentaje de indirectos asignados para ello.

La utilización de la costilla donde se aloja el presfuerzo longitudinal del puente, fue una solución ideal no solo por elevar la estructura y salvar el N.A.M.E. de la futura presa "LA PABOTA" también permitió tener una sección constante de dovelas en doble voladizo, cuyo avance en ciclos de colado fué más rápido, gracias a que no era necesario modular los dispositivos móviles de colado y a la continuidad que representó el no tener que implementar ductos de presfuerzo en las nervaduras exteriores de cada dovela.

Como obra concesionada se logró modular una estructura financiera solvente para poder contar con liquidaciones oportunas que permitieron mantener el avance programado y adquirir toda la ingeniería necesaria para la realización de los trabajos, además de facilitar que el gobierno Federal pudiera canalizar mejor sus recursos en otro tipo de obras, así como para la conservación y mantenimiento de las carreteras actuales.

BIBLIOGRAFIA

Mathivat, J.

"Construcción de Puentes de Hormigon Pretensado por Voladizos Sucesivos"

(México, E.T.A. , 1980)

S.O.P.

"Puentes para Caminos Proyecto Tipo de sus Elementos"

(México, S.O.P. , 1966)

S.C.T.

"Manual para Inspección y Conservación de Puentes"

(México, S.C.T. , 1988)

Tomos I y II

S.C.T.

"Normas Técnicas para el proyecto de Puentes Carreteros"

(México, S.C.T. , 1984)

Tomos I y II

S.A.R.H.

"Diseño de Puentes para Vehículos"

(México, S.A.R.H. , 1988)

Tomos I al V