

47
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"**

FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA
AMPLIACION A CUATRO CARRILES DEL
"PUENTE EL CANAL" DEL LIBRAMIENTO
MEXICO-TUXPAN, EN LA CIUDAD DE TULANCINGO
HIDALGO. MEDIANTE EL CONCRETO
PREESFORZADO PARA DISEÑO DE
ESTRUCTURAS Y PUENTES.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
RAUL LOPEZ TREJO





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCION

RAÚL LÓPEZ TREJO
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 16 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ LARA RUIZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA AMPLIACIÓN A 4 CARRILES DEL PUENTE 'EL CANAL' DEL LIBRAMIENTO MÉXICO-TUXPAN, EN LA CD. DE TULANCINGO HGO. MEDIANTE EL CONCRETO PREEFORZADO PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y PUENTES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México., 21 de agosto de 1995

EL DIRECTOR

M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/ta.

Agradecimiento al C. Ingeniero JOSE LARA QUIE por la ayuda y esfuerzo
mostrado, para la correcta elaboración de esta Tesis Profesional,
como director de la misma.

CON ADMIRACION

Y

RESPECTO

LOPEZ TRUJANO PAUL.

INDICE.

pág.

PRESENTACION

PROLOGO	1
INTRODUCCION AL TEMA	3
CAPITULO 1. ANTECEDENTES HISTORICOS SOBRE EL CONCRETO	
PRESFORZADO	4
1.1- Desarrollo del concreto presforzado	5
1.2- El concreto presforzado	9
CAPITULO 2. TIPOS DE PRESFUERZOS	16
2.1- Clasificación y tipos de presforzados	17
2.2- Etapas de carga	19
2.3- El concreto presforzado comparado con el concreto reforzado	23
CAPITULO 3. MATERIALES EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCCION	
DEL CONCRETO PRESFORZADO	26
3.1- Concreto, requisitos de resistencia	27
3.2- Concreto, características de deformación	29
3.3- Deformaciones laterales	29
3.4- Deformaciones elásticas	29
3.5- Deformaciones por contracción	33
3.6- Concreto, técnicas especiales de manufactura .	33
3.7- Concreto con agregados ligeros	35
3.8- Acero para presfuerzo	36

3.9- Alambres de acero 37

3.10- Resistencia a la tensión y al punto cedente para
alambres de refuerzo 39

3.11- Cables de acero 40

3.12- Materiales auxiliares (Lechados) 41

CAPITULO 4. SISTEMAS DE PRESFORZADO:

ANCLAJES DE LOS EXTREMOS 43

4.1- Sistemas de pretensado y anclajes de los extremos. 43'

4.2- Pretensado, métodos de tensado 44

4.3- Anclajes de pretensado para alambres var acción
de cuñas 46

4.4- Anclajes para pretensado de cables 49

CAPITULO 5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 51

Crecuis de localización 1 52

Crecuis de localización 2 53

ETAPA I 60

ETAPA II 76

ETAPA III 99

ETAPA IV 114

ETAPA V 116

ETAPA VI 116

ETAPA VII 119

ETAPA VIII 125

ETAPA IX 125

ETAPA X 130

ANEXOS 131'

PLANO SO-1 PLANO GENERAL

PLANO SO-2 VIGA TRANSVERSAL INTERIOR DIMENSIONES, REPUERZO
Y PRESFORZADO.

FALLA DE ORIGEN

PLANO E-03	VIGA TRANSVERSAL EXTREMA DIMENSIONES, REFUERZO Y PRESFUERZO.
PLANO E-04	TABLETAS PREFABRICADAS GEOMETRIA, PRESFUERZO Y REFUERZO.
PLANO E-05	AMPLIACION DE LOSA BANQUETAS Y PARAPETOS.
PLANO E-07	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

	PAG.
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	133
APENDICE A	
Definiciones	135
APENDICE B	
CATALOGO DE CABLES DE LA COMPANIA FREYSSINET	137
BIBLIOGRAFIA	143

El concreto preesforzado y el postesforzado en si han adquirido importancia universal en la industria de la construcción.

El concreto preesforzado atravesó por una etapa de investigación y desarrollo en las décadas de los treinta y los cuarenta, y desde 1955 hasta la fecha ha llegado a la fase del diseño y construcción especializadas; en la actualidad, es una herramienta y una técnica que debe verse todo diseñador de estructuras. También es una técnica en la que todo buen ingeniero y contratista debe ser experto y competente.

Debido a su evolución, existen muchos textos excelentes sobre el diseño de concreto preesforzado; desafortunadamente, hay escasa bibliografía que se puede emplear como guía para el ingeniero constructor y el contratista; existen organizaciones especializadas en la subcontratación, pero por razones económicas han tenido que especializarse en una línea muy definida, por ejemplo el postesforzado. Reconociendo la necesidad del preesforzado y las ventajas que ofrecía, grandes complejos industriales de esta rama de la construcción han establecido plantas de preesforzado dentro de sus mismas compañías; sin embargo, por lo general se especializaron en una sola fase de la construcción a base de preesforzado, por ejemplo, en la fabricación de traveses postesforzados, tabletas postesforzadas prefabricadas para puentes.

Quiénes no dominaban las técnicas de ingeniería de la construcción en concreto preesforzado han cometido graves errores y tenido problemas costosos, igual que sucedió en otro tiempo en las prácticas de instalación e en la tecnología del concreto.

En este trabajo se hace una exposición básica pero amplia sobre la tecnología de la construcción en concreto preesforzado y se pre-

FALLA DE ORIGEN

tende que sirva como guía práctica para el contratista, el ingeniero constructor, y el estudiante.

Este trabajo está orientado principalmente al área de construcción; sin embargo, el diseño y la construcción están cada día más relacionadas entre sí; por consiguiente, también se hace énfasis en la integración del diseño y la construcción. A medida que la sociedad vaya requiriendo la construcción de estructuras cada vez más complejas y especializadas, el ingeniero constructor, el contratista y el estudiante deberán poseer los recursos técnicos para efectuar el diseño, no sólo rápida y económicamente, sino también de acuerdo con la idea del diseñador y las necesidades del propietario.

Este trabajo está dedicado a mi madre MARTHA TREJO CASAS y a mi padre RAUL LOPEZ RODRIGUEZ, que me apoyaron siempre con una voluntad indomable de superación y cariño, a mis hermanos MARCO ANTONIO LOPEZ TREJO, y JULIAN DAVID LOPEZ TREJO, quienes siempre tuvieron mucha confianza en mí, y en especial a mi novia hermana ELIZABETH FRANCO GONZALEZ, que siempre me comprendió y alentó en momentos muy difíciles.

CON MUCHO CARINO:

LOPEZ TREJO RAUL.

Con éste trabajo se pretende lograr una adecuada ampliación de los carriles existentes a cuatro carriles, en la obra " Puente el Canal " en la ciudad de Tulancingo Hidalgo del libramiento México-Tuxpan. Desde la parte contratante recae en el H. Ayuntamiento de Tulancingo y el contratista FREYSSINET de México S.A. de C.V.

Beneficiando así vías de comunicación Federales y Estatales, servicios turísticos de la zona debido al alto índice de vehículos que transitan por esa vía, teniéndose así mayores posibilidades de desarrollo económico, industrial, agrícola y turístico.

Tomando en cuenta que las vías de comunicación son de gran importancia para el futuro de México, se tuvo la necesidad de incrementar la capacidad de las mismas para beneficio de la comunidad y del país.

Las principales vías de transporte entre una ciudad y otra influye grandemente en el intercambio agrícola, industrial y cultural de la población, éstas vías son: los ferrocarriles, aeropuertos y finalmente las carreteras.

En el ferrocarril mexicano se cuenta con una red de transporte limitada grandemente, como consecuencia del poco auge que se le a dado sexenio tras sexenio, tanto por su equipo como por su extensión.

En aeropuertos, tenemos grandes limitaciones, debido al alto costo del transporte de materias primas; encareciendo finalmente, el producto al consumidor.

En nuestro país, las más usuales son las carreteras y por consecuencia sus puentes, para facilitar la comunicación entre una ciudad y otra, teniendo facilidades de transportes y haciendo un mejor uso del tiempo.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES HISTORICOS SOBRE EL CONCRETO PREESFORZADO.

DESARROLLO DEL CONCRETO PREESFORZADO.

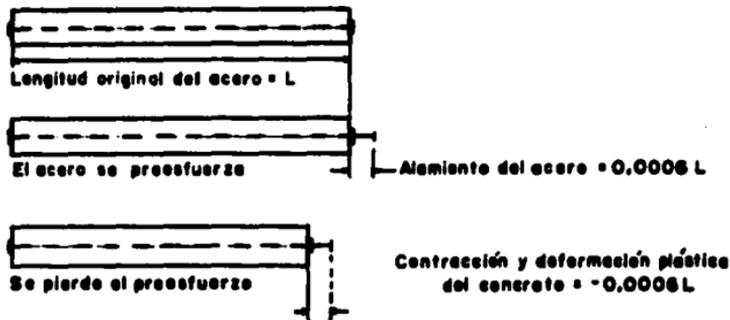
Preesforzado significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o armadura, con el objeto de mejorar su comportamiento y resistencia bajo diversas condiciones de servicio.

El principio básico del preesforzado fué aplicado a la construcción hace siglos, cuando se ataban cintas o bandas metálicas alrededor de duelas de madera para formar los barriles.



Principio del preesfuerzo aplicado a la construcción de un barril

Sin embargo, el mismo principio no fué aplicado al concreto sino hasta 1936, cuando P.H. Jackson, un ingeniero de San Francisco, - California, obtuvo las patentes para atar varillas de acero en vigas artificiales y en arcos de concreto que servirían como lemas-de-pises. Estas aplicaciones estaban basadas en el concepto de que el concreto, aunque resistente a la compresión, era bastante débil a la tensión, y preesforzando el acero contra el concreto podría al concreto bajo un esfuerzo de compresión que podría ser utilizado para equilibrar esfuerzos de tensión producidos por cargas vivas e muertas.



Estos primeros métodos tentados no tuvieron éxito porque el ba je preesfuerzo, produce entonces en el acero, pronte se perdía - como resultado de la contracción y escurrimiento plástico del con- creto. Considérese una barra preesfuerzada de acero estructural or- dinario a un esfuerzo de trabajo de 1265 kg/cm²; si el módulo de - elasticidad del acero es 2 100 000 Kg/cm², el alargamiento unita- rio de la barra está dado por:

$$S = \frac{f}{E}$$

$$= \frac{1265}{2\,100\,000}$$

$$= \underline{\underline{0.0006}}$$

El desarrollo moderno del concreto preesfuerzado se le acredita a E. FREYSINET, de Francia, quien en 1928 empezó usando alambres de acero de alta resistencia para el preesfuerzado. Tales alambres con una resistencia a la ruptura tan elevada como 17 500 Kg/cm², y un - límite elástico de más de 12 650 Kg/cm², se preesfuerzaban hasta cog- ca de 10 600 Kg/cm² creando una deformación unitaria de:

$$\delta = \frac{F}{E}$$

$$= \frac{10\ 600}{2\ 100\ 000}$$

$$= 0.0050$$

pag. 7.

Suponiendo una pérdida total de 0.0009 debida a la contracción y escurrimiento plástico y otras causas, una deformación neta de $0.0050 - 0.0009 = 0.0042$ sería la que quedara en los alambres, la cual es equivalente a un esfuerzo de:

$$F = E \delta$$

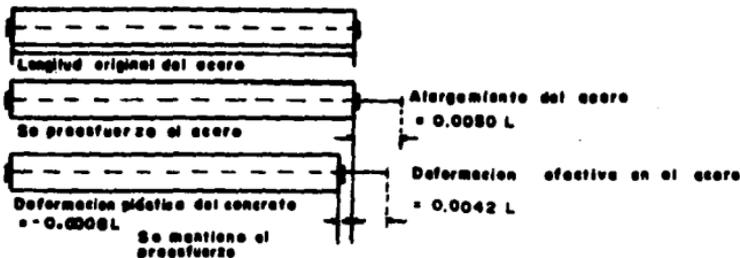
$$= 2\ 100\ 000 \times 0.0042$$

$$= 8\ 860\ \text{Kg/cm}^2$$

Aunque Freyssinet también ensayó el proyecto de preesforzar cuando el acero estaba adherido al concreto sin anclaje en los extremos, la primera aplicación práctica de este método fue hecha por E. Meyer de Alemania. El sistema Meyer consiste en estirar los alambres entre dos pilares situados a varias decenas de metros, poniendo obturadores entre las unidades, colocando el concreto y cortando los alambres después de que haya endurecido el concreto. Este método hace posible el colado de varias unidades entre dos pilares o contrafuertes.

No fue posible la amplia aplicación del concreto preesforzado si no hasta que fueron ideados métodos para tensar y anclajes de los extremos dignos de confianza y económicos. En 1939, Freyssinet produjo cuñas cónicas para los anclajes de los extremos y diseñó gatos de doble acción, los cuales tensaban los alambres y después presionaban los conos machos dentro de los conos hembras para anclarlos.

PRESFORZADO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA A LA TENSION



En 1940, el concreto presforzado comenzó a adquirir importancia aunque no vino a escena realmente hasta 1945. Quizás la escasez del acero en Europa, durante la guerra, de dio ímpetu, puesto que se necesita mucho menos acero para el concreto presforzado que para los tipos convencionales de construcción. Pero también debe comprenderse que se necesitaba tiempo para probar y mejorar el servicio, la economía y la seguridad del concreto presforzado, así como para familiarizar a los ingenieros y constructores con un nuevo método de diseño y construcción.

Si bien Francia y Bélgica encabezaron el desarrollo del concreto presforzado, Inglaterra, Alemania, Suiza, Holanda, Rusia Soviética e Italia rápidamente le continuaron.

En ciertas estructuras es posible presforzar el concreto sin usar cables o tendones para ello. Por ejemplo, el método de Freyssinet, de compensación de arco, induce esfuerzos compensadores en los nervios de el arco por un sistema de gates hidráulicos introducidos en el arco. Tales esfuerzos tratan de neutralizar los efectos de la contracción, asentamiento de los nervios y caída de temperatura en el arco. El puente Fleugastel, cerca de Brest, con tres claros de 186 m cada uno, es un ejemplo de tal aplicación.

Si el presforzado se aplica al acero o al concreto, su último objeto es doble; primero inducir deformaciones y esfuerzos deseados en la estructura; segundo, equilibrar las deformaciones y esfuerzos indeseables. En el concreto presforzado, el acero se prealarga con el fin de evitar un alargamiento excesivo bajo la carga de servicio, mientras el concreto es precomprimido para evitar grietas bajo el esfuerzo de tensión. Así se obtiene una combinación ideal de los dos materiales.

EL CONCRETO PREESFORZADO.

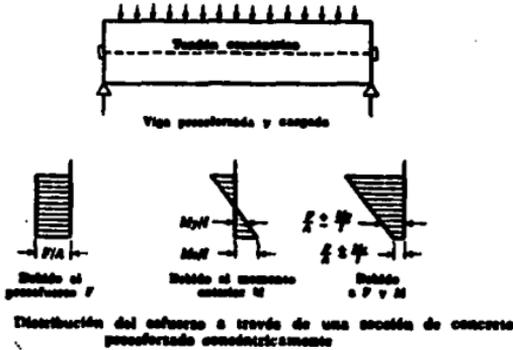
Una de las mejores definiciones del concreto preesforzado es la del comité de Concreto Preesforzado del ACI (American Concrete - Institute) (Instituto Americano de Concreto).

Concreto preesforzado. Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado. En miembros de concreto reforzado se introduce, - comúnmente, el preesfuerzo dando tensión al refuerzo de acero.

Pueden aplicarse tres diferentes conceptos para explicar y analizar el comportamiento básico de esta forma de concreto preesforzado. Es importante que el calculista e diseñador entienda los tres conceptos para que pueda preperccionar y diseñar las estructuras de concreto preesforzado con inteligencia y eficacia. Este se explica como sigue:

PRIMER CONCEPTO. El preesfuerzo transformará al concreto en un material elástico, y es probablemente aún el punto de vista más común entre los ingenieros. Se le acredita a Eugene Freyssinet haber visualizado al concreto preesforzado como esencialmente concreto, el cual es transformado de un material frágil en un material elástico por la precompresión que se le da. El concreto que es débil a la tensión y resistente a la compresión, se le comprime (generalmente, por acero bajo alto esfuerzo de tensión), de modo que el concreto que era frágil sea capaz de soportar esfuerzos de tensión.

Consideremos una viga rectangular preesforzada por un tendón a través de su eje centroidal figura siguiente:



y con carga externas. Debido al pretensarse P , se producirá un esfuerzo uniforme de:

$$f = P/A$$

através de la sección que tiene una área A . Si M es el momento - externo en una sección debido a la carga y al peso de la viga, - entonces el esfuerzo en cualquier punto de ésta sección debido a M es:

$$f = My/I$$

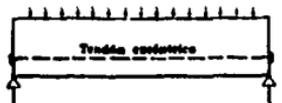
en donde y es la distancia desde el eje centroidal e I es el momento de inercia de la sección. Así la distribución del esfuerzo resultante está dado por:

$$f = P/A \pm My/I$$

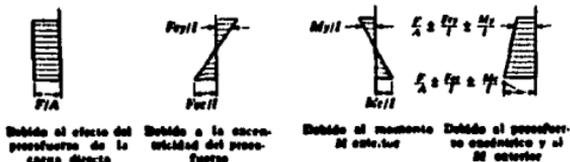
como se muestra en la figura anterior.

La solución es ligeramente más complicada cuando se pone el tendón excéntricamente con respecto al centroide de la sección de concreto, figura siguiente:

FALLA DE ORIGEN



Viga pretensurada y cargada excéntricamente



Distribución del esfuerzo a través de una sección de concreto pretensurado excéntricamente

Debido a un esfuerzo excéntrico, el concreto está sujeto a un esfuerzo así como a una carga directa. El momento producido por el esfuerzo es P_e , y los esfuerzos debidos a este momento son:

$$f = P_e y / I$$

Así la distribución del esfuerzo está dada por:

$$f = P/A \pm P_e y / I \pm M_y / I$$

Como se muestra en la figura anterior.

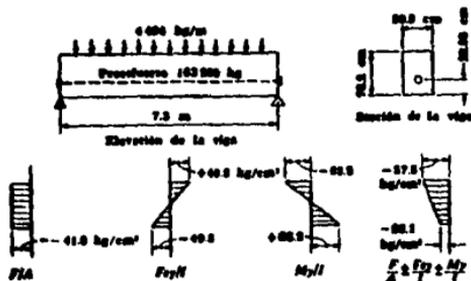
PAGINA DUPLICADA

12

PROBLEMA 1.

pag. 12..

Una viga rectangular de concreto reforzada de 51 cm por 76.2 cm tiene un claro simple de 7.32 m y una carga uniforme de 4 464 kg/m, incluyendo su peso propio. El tendón de pretensado se localiza - como está retrazado y produce un pretensado efectivo de 163.2 ton. Calcular los esfuerzos fibrarios en el concreto en la sección de la mitad del claro.



FALLA DE ORIGEN

PROBLEMA 1.

$51 \text{ cm} \times 76.2 \text{ cm}$

$L = 7.32$

$\gamma = 4\,464 \text{ kg/m}$

Presf = 163.2 ton.

$P = 163.2 \text{ t/m} = \frac{133 \text{ kg}}{1 \text{ t/m}} = 163\,200 \text{ kg.}$

$A = 3896.2 \text{ cm}^2$

$e = 15 \text{ cm}$

$y = 38 \text{ cm}$

FORMULA $f = \frac{P}{A} \pm \frac{Pey}{I} \pm \frac{Wy}{I}$

$w = \frac{\gamma L^2}{8} = \frac{4\,464 \text{ kg/m} (7.32)^2}{8} = 29,898.98 \text{ kg/m} \left(\frac{133 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)$

$= 2,989,898 \text{ Kg./cm}$

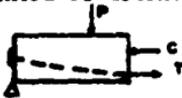
$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{(51) (76.2)^3}{12} = 1,889,415.6 \text{ cm}^4$

$f = \frac{163\,200 \text{ kg}}{3\,896.2 \text{ cm}^2} \pm \frac{(163\,200) (15) (38)}{1,889,415.6 \text{ cm}^4} \pm \frac{2,989,898 (38)}{1,889,415.6 \text{ cm}^2}$

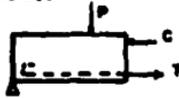
$f_1 = -41.33 + 49.47 - 63.42 = -52.28 \text{ kg/cm}^2$ Fibra superior a compresión.

$f_2 = -41.33 - 49.47 + 63.42 = -27.38 \text{ kg/cm}^2$ Fibra inferior a compresión.

Segundo Concepto. Presfuerzo para la combinación de acero de alta resistencia con concreto. Este concepto considera al concreto presfuerzado como una combinación de acero y concreto, similar - al concreto reforzado, con el acero absorbiendo la tensión y el concreto la compresión, así que los dos materiales forman un par resistente contra el momento exterior



Sección de la viga presfuerzada



Sección de la viga reforzada

Momento interno resistente en vigas de concreto presfuerzadas y reforzadas, respectivamente

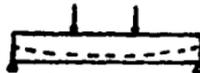
En el concreto presfuerzado, se utiliza el acero de alta resistencia, el cual se tendrá que alargar una gran cantidad antes de que se utilice totalmente su resistencia. Si el acero de alta resistencia se agrega únicamente en el concreto, como el refuerzo ordinario del concreto, el concreto circundante se agrietará seriamente antes de que se desarrolle la resistencia total del acero.

Viga de concreto utilizando acero de alta resistencia



Simplymente reforzada

grietas y deflexiones excesivas



Presfuerzada

sin grietas y únicamente pequeñas deflexiones

Por consiguiente es necesario preestirar al acero con respecto al concreto. Preestirando y anclando al acero contra el concreto producen esfuerzos y deformaciones deseables en ambos materiales; esfuerzos y deformaciones de compresión en el concreto, y esfuerzos y deformaciones de tensión en el acero.

Tercer concepto. Preeforzado para lograr el balance de cargas.- Este concepto visualiza el preeforzado primeramente como un intento de balancear las cargas en un miembro.

En el diseño general de una estructura de concreto preeforzado el efecto del preeforzado se visualiza esencialmente como el equilibrio de las cargas de gravedad para que así los miembros bajo flexión, tales como losas, vigas y vigas maestras no estén sujetos a esfuerzos de flexión bajo la condición de carga dada. Este permite la transformación de un miembro bajo esfuerzo directo y así se simplifica grandemente tanto el diseño como el análisis de las estructuras que serían complicadas de otra manera.

La aplicación de este concepto requiere tomar el concreto como un cuerpo libre y reemplazar los tendones con fuerzas que actúan sobre el concreto.

Tomemos, por ejemplo una viga simple preeforzada con un tendón parabólico así:

P = Fuerza del preefuerzo

L = Longitud del claro

h = Flecha de la parábola.



Viga preeforzada con tendón parabólico

La fuerza uniforme de abajo hacia arriba está dada por:

$$w = 9Ph/L^2$$

Así para una carga uniforme hacia abajo, w , la carga transversal en la viga se balancea, y la viga está sujeta solamente a la fuerza axial P , la cual produce esfuerzos uniformes en el concreto,

$$f = P/A.$$

pag. 15..

El cambio en los esfuerzos por esta condición de equilibrio no
de calcularse fácilmente por las fórmulas ordinarias de mecánica.

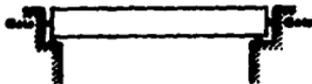
$$f = Mc/I.$$

CAPITULO 2

TIPOS DE PRESUPUESTOS.

Las estructuras de concreto preesforzado pueden clasificarse de diversas maneras, dependiendo de sus características de diseño y construcción.

Preesforzadas exteriormente o interiormente. Algunas veces es posible preesforzar una estructura de concreto ajustando sus reacciones exteriores. Teóricamente una viga simple de concreto también puede preesforzarse exteriormente con la aplicación de gates en los lugares apropiados para producir compresión en las fibras inferiores y tensión en las fibras superiores, evitando así aun el esfuerzo de acero en la viga. Tal idea sin embargo no puede obtenerse fácilmente en la práctica.



Preesforzado de una viga de concreto simple al aplicar gatas contra los costillos

Para una estructura estáticamente indeterminada, como una viga continua, es posible ajustar el nivel de los apoyos, insertando gatas.



Preesforzado de una viga continua aplicando gatas en sus reacciones

Preesforzados lineal e circular. El preesforzado circular es un término aplicado a estructuras circulares preesforzadas, tales como tanques redondos, silos y tubos, en donde los tendones del preesforzamiento están enrollados en un círculo.

Pretenzado y Pestenzado. El término pretenzado se emplea para describir cualquier método de preesfuerzo en el cual se tensan los tendones antes de vaciar el concreto. Es evidente que los tendones deberán estar anclados temporalmente contra algunos cabezales o plataformas de esfuerzo en donde son tensados y se transfiere el preesfuerzo al concreto después de que ha fraguado. En contraste con el pretenzado, el pestenzado es un método de preesfuerzo en el cual se tensa el tendón después de que ha endurecido el concreto, así el preesfuerzo se produce casi siempre contra el concreto endurecido y los tendones se anclan contra él inmediatamente después del preesfuerzo. Este método puede aplicarse a miembros precolados o colados en el lugar.

Tendones anclados en los extremos o no anclados en los extremos.

Cuando los tendones son pestenzados se anclan en sus extremos por medio de artificios mecánicos para transmitir el preesfuerzo al concreto. Tal clase de miembro se llama anclado en los extremos.

Tendones adheridos y sin adherir. Tendones adheridos denotan aquellos que se adhieren al concreto circundante en toda su longitud. Los tendones no anclados en sus extremos son, necesariamente tendones adheridos; los tendones anclados en sus extremos pueden ser adheridos o no adheridos al concreto. En general la adherencia de los tendones pestenzados se logra por la inyección subsecuente de la lechada; si no es adherido, el tendón deberá protegerse de la corrosión galvanizándolo, engrasándolo o por algún otro medio.

Precolado, colado en el lugar, construcción mixta. El precolado implica la colocación del concreto lejos de su posición final, siendo colados los miembros ya sea en una planta permanente o en un lugar cercano al sitio de la estructura, y se levanta finalmente en la localización final. El precolado permite un mejor control

de la producción en masa y a menudo es económico. El concreto colado en sitio requiere más juntas y ciembras por unidad de producto, - pero ahora el costo del transporte y de erección, es una necesidad para los miembros grandes y pesados.

Preesfuerzo parcial o total. Cuando un miembro se diseña para - que bajo la carga de trabajo no existan esfuerzos de tensión, se dice que el concreto es completamente preesforzado. Si se produjerán algunos esfuerzos de tensión en el miembro bajo la carga de trabajo, entonces se dice que el preesforzado es parcialmente.

Para un preesfuerzo parcial se suministran frecuentemente varillas adicionales de acero medio para reforzar la parte en tensión.

ETAPAS DE CARGA.

Para una estructura colada en el lugar el concreto preesforzado tiene que diseñarse para dos etapas por lo menos; la etapa inicial durante el preesfuerzo y la etapa final bajo cargas exteriores.

Para los miembros precolados tiene que investigarse una tercera etapa; la de maniobras y transporte. En cada una de estas etapas - también hay diferentes períodos cuando el miembro o estructura pug de estar bajo diferentes condiciones de carga.

ETAPA INICIAL.

El miembro o estructura está bajo la acción del preesfuerzo, - pero no está sujeto a ninguna carga externa supuesta.

ANTES DEL PREESFUERZO.

Antes de que el concreto se preesfuerce es muy débil para soportar cargas, por lo que debe impedirse la falla de sus apoyos. Debe tomarse en cuenta la contracción del concreto si es que pudiera ocurrir. Cuando es deseable disminuir o eliminar las grietas en el

concreto preesfuerzodo, es muy importante el curado cuidadoso antes de la transferencia del preesfuerzo.

Las grietas por contracción destruirán la capacidad del concreto, para soportar esfuerzos de tensión y pueden ser objetables.

DURANTE EL PREEFUERZO.

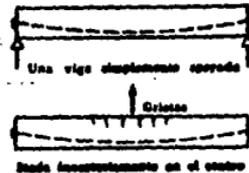
Esta es una prueba crítica para la resistencia de los tendones. Para el concreto, las operaciones del preesfuerzo imponen una pruba severa en la resistencia de apoyo en los anclajes. Puesto que el concreto no tiene edad en este período mientras que el preesfuerzo está al máximo, es posible el aplastamiento de concreto en los anclajes si es de calidad inferior o si tiene burujas e huecos de curado. El orden para preesfuerzo los diversos tendones debe estudiarse previamente.

DURANTE LA TRANSFERENCIA DEL PREEFUERZO.

Para los membres pretensados se consigue la transferencia del preesfuerzo en una operación y en un período corto. Para los membres postensados a menudo la transferencia es gradual, transfiriéndose el preesfuerzo de los tendones al concreto uno por uno. En algunos casos no hay carga externa en el membre, excepte su propio peso. Así el preesfuerzo inicial, aun con una pequeña pérdida impone una condición seria en el concreto y controla frecuentemente el diseño del membre. Por razones económicas, el diseño de un membre preesfuerzodo a menudo, toma en cuenta el peso del membre mismo para mantener el efecto de camadura (curva alabea) del preesfuerzo. Este se hace con la suposición de una condición dada de apoyo para el membre. Si esa condición no se realiza en la práctica puede aparecer la falla del membre. Si la viga es colada y preesfuerzodo en terreno suave sin pedestales (apoyos) adecuados en los extre-

mes, puede estar ausente el momento positivo esperado y el presfuerzo puede producir esfuerzos excesivos de tensión en las fibras superiores de la viga, resultando una falla.

Descubrimiento y retensado. Algunas estructuras de concreto son retensadas, esto es, presfuerzadas en dos o más etapas. Deben estudiarse entonces, los esfuerzos en las diferentes etapas del tensado.



Falla de una viga debida al manejo poco cuidadoso

Etapas intermedia. En esta etapa intervienen el transporte y la erección. Ocurre solamente para miembros precolados cuando son transportados al lugar y erguidos en posición. Es altamente importante asegurar que los miembros estén apoyados y manejados apropiadamente todo el tiempo. Por ejemplo una viga simple, diseñada para ser soportada en los extremos, se romperá fácilmente si se levanta por el centro, figura anterior.

Etapas final. Esta es la etapa en la que se le aplican a la estructura las cargas reales de trabajo. El diseñador debe considerar varias combinaciones de cargas vivas sobre diferentes porciones de la estructura con cargas laterales, como las fuerzas producidas por el viento y los sismos, y con cargas de deformación como las producidas por el asentamiento de los apoyos y los efectos de temperatura. Para las estructuras de concreto presfuerzadas a menudo es necesario investigar su agrietamiento y sus cargas de ruptura, su comportamiento bajo la carga real de sustentación además de la carga de trabajo.

Carga de sustentación. La flecha o deflexión de un miembro preesforzado bajo su carga real de sustentación (la cual consiste a menudo en la carga muerta solamente) es a menudo el factor principal en el diseño, puesto que el efecto del escurrimiento plástico por flexión agrandará finalmente su valor. Es deseable limitar la flecha o deflexión bajo la carga de sustentación.

Carga de trabajo. Diseñar para la carga de trabajo es una comprobación de los esfuerzos y deformaciones excesivas, sin embargo, un ingeniero familiarizado con la resistencia de las estructuras de concreto preesforzado puede diseñar a menudo los tipos y proporciones convencionales solamente con la base de los cálculos de la carga de trabajo.

Carga de agrietamiento. El agrietamiento en un miembro de concreto preesforzado significa un cambio brusco en la adherencia y - en los esfuerzos cortantes. Algunas veces es una medida de la resistencia a la fatiga.

Carga de ruptura. En general la resistencia a la ruptura de una estructura está definida por la carga máxima que pueda soportar antes del colapso. Sin embargo antes de que se alcance esta carga, - pueden haberse desarrollado fallas permanentes de algunas partes - de la estructura. Aunque cierta resistencia más allá del punto crítico (deformación permanente) puede servir como garantía adicional contra el colapso total.



EL CONCRETO PREESFORZADO COMPARADO CON EL CONCRETO REFORZADO.

La diferencia más notable entre los dos es el empleo de materiales de mayor resistencia para el concreto preesforzado. El trazar forzar el acero y anclarlo contra el concreto produce deformaciones y esfuerzos deseados que sirven para reducir o eliminar las grietas en el concreto.

El uso de tendones curvos ayudará a soportar algo del esfuerzo cortante de un miembro. Además, la precompresión en el concreto - tiende a reducir la tensión diagonal.

En el concreto preesforzado se requiere concreto de alta resistencia para armonizar con el acero de alta resistencia a fin de - obtener proporciones económicas.

UTILIDAD.

El diseño de concreto preesforzado es más adecuado para estructuras de claros grandes y para aquellas que soporten cargas pesadas, principalmente debido a las resistencias más elevadas de los materiales empleados. Las estructuras de concreto preesforzado -- son más esbeltas y, por consiguiente, más susceptibles a un diseño artístico. Producen mayores claros cuando es necesario; no se agrieta tan bajo las cargas de trabajo y, cuando pudieran aparecer grietas bajo las sobrecargas, se cerrarán tan pronto como se elimine la carga, a menos que la carga sea excesiva.

En cuanto se refiere a la utilidad, el único defecto del concreto preesforzado es su falta de peso.

SEGURIDAD.

La seguridad de una estructura depende más de su diseño y construcción que de su tipo. Hay una prueba parcial, tanto para el acero como para el concreto, durante las operaciones de preesforzamiento. Para muchas estructuras y durante el preesforzamiento, tanto el a

cero como el concreto están sujetos a los esfuerzos más altos que existirán en ellos durante su vida de servicio. Por consiguiente si los materiales pueden soportar el preesforzado, seguramente poseen la resistencia suficiente para las cargas de servicio.

Cuando están diseñadas adecuadamente por los métodos convencionales actuales, las estructuras de concreto preesforzado tienen capacidades de carga (sobrecarga) similares y quizás ligeramente superiores a las del concreto reforzado. Para los diseños usuales deflexionan apreciablemente antes de la ruptura, proporcionando así una amplia advertencia antes de que suceda el colapso. La habilidad para resistir las cargas de choque e impacto y las cargas repetidas de trabajo es tan buena en el concreto preesforzado como en el concreto reforzado. La resistencia a la corrosión es mejor que la del concreto reforzado para la misma cantidad de recubrimiento, debido a la ausencia de grietas. Si aparecieran grietas la corrosión puede ser más seria en concreto preesforzado. Con respecto a la resistencia al fuego, el acero de alta resistencia es más sensible a las altas temperaturas; pero para la misma cantidad de recubrimiento mínimo, los tendones preesforzados pueden tener un promedio mayor de recubrimiento debido a la aulitud y curvatura de los tendones individuales.

Los miembros de concreto preesforzado requieren más cuidado en el diseño, construcción y erección que aquellos de concreto ordinario, debido a la mayor resistencia, ala sección menor y, algunas veces, a los aspectos delicados de diseño involucrados. Si bien la construcción de concreto preesforzado ha sido practicada solamente desde las postrierias de los años 1940, es posible concluir de la experiencia que la vida de tales estructuras puede ser tan larga e mayor que la de concreto reforzado.

ECONOMIA.

Desde un punto de vista económico, es evidente, desde luego, ---

que cantidades menores de materiales, acero y concreto, se requieren para soportar las mismas cargas vueltas que los materiales son de mayor resistencia. También hay un ahorro definido en los estribos, puesto que el esfuerzo cortante en el concreto presfuerzo se reduce por la inclinación de los tendones y la tensión diagonal se disminuye aún más con la presencia del presfuerzo.

El peso reducido del miembro ayudará para economizar las secciones; la menor carga muerta y profundidad de los miembros resultará en un ahorro de materiales de otras preparaciones de la estructura. En los miembros precolados, una reducción de peso ahorra costos de maniobras y transportes.

CAPITULO 3

MATERIALES EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CONCRETO PREESFORZADO.

CONCRETO, REQUISITOS DE RESISTENCIA.

Generalmente se requiere un concreto más fuerte para el trabajo preesforzado que para el reforzado. La práctica actual en los Estados Unidos pide una resistencia a los cilindros de 28 días, una resistencia de 290 a 350 kg/cm² para el concreto preesforzado, mientras el valor correspondiente para el reforzado es de 175 kg/cm² - aproximadamente.

Por varias razones es necesaria una resistencia más alta en el - concreto preesforzado. Primera, a fin de minimizar su costo, los - anclajes comerciales para el acero del preesfuerzo se diseñan basándose en concreto de alta resistencia. Después, el concreto de resistencia alta a la compresión ofrece alta resistencia a la tensión y al corte, así como a la adherencia y al empuje, otro factor es que - el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas - por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del preesfuerzo.

La experiencia ha demostrado que una resistencia de 290 a 350 -- kg/cm² resultará la mezcla más económica para el concreto preesforzado. El costo del concreto de 350 kg/cm² generalmente es un 15% -- mayor del de 175 kg/cm², mientras que tiene una resistencia 100% -- mayor, la cual bien puede utilizarse y con frecuencia necesitarse - seriamente en las estructuras preesforzadas. Para obtener una resistencia mayor de 350 kg/cm², por otra parte, no sólo costará más, si - no también necesitará un diseño más cuidadoso, así como un control del mezclado, colado y curado del concreto, lo cual no se puede lograr fácilmente en el campo.

Para obtener una resistencia de 350 kg/cm², es necesario usar una relación agua-cemento no mucho mayor de 0.45 en peso. con el objeto de facilitar el colado, se necesitaría un revenimiento de 5 a 10 cm, a menos que se fuera a aplicar el vibrador más tiempo que el --

ordinario. Para obtener un revenimiento de 7.5 cm con la relación agua-cemento de 0.45 se requerirán alrededor de 10 sacos de cemento por metro cúbico de concreto.

Considérese una viga preesforzada simple, por ejemplo. Mientras las fibras superiores están altamente comprimidas bajo fuertes -- cargas exteriores, las fibras inferiores están bajo una alta compresión al transferir el preesfuerzo. Mientras que las secciones en el centro del claro resisten los momentos flexionantes máximos, las secciones en los extremos transportan y distribuyen la fuerza del preesfuerzo. Por lo tanto, en un miembro preesforzado, es más importante asegurar la uniformidad de resistencia, mientras que en el concreto reforzado son relativamente limitadas las secciones críticas. Sería insensato derribar una estructura solamente porque su concreto no alcanzó la resistencia especificada, pero el ingeniero debería tener las precauciones razonables para obtener un -- concreto bueno y resistente.

Es práctica general especificar una menor resistencia del concreto en la transferencia, que su resistencia a los 28 días. Esto es -- deseable con el objeto de permitir una temprana transferencia del -- preesfuerzo al concreto. En la transferencia, el concreto no está sujeto a sobrecargas externas, y la resistencia sólo es necesaria para proteger contra fallas en el anclaje y una deformación plástica excesiva, por consiguiente, se considera suficiente un factor de seguridad menor. Por ejemplo, en el trabajo del pretensado, frecuentemente es suficiente una resistencia de 245 kg/cm² en la transferencia para una resistencia de 350 kg/cm² especificada a los 28 -- días.

La resistencia a la tensión directa en el concreto es una cantidad altamente variable, generalmente fluctúa entre 0.06 f'c y 0.10 f'c, y puede ser nula si han aparecido grietas como resultado de -- contracciones u otras razones. El módulo de ruptura en el concreto se sabe que es más alto que su resistencia a la tensión directa, --

variando desde cerca de 0.15 f'c para 210 kg/cm² hasta 0.10 f'c para el concreto de 421 kg/cm². La resistencia al esfuerzo cortante - directo, no es muy usual en el diseño o cálculo, varía desde 0.50 - f'c hasta 0.70 f'c.

CONCRETO, CARACTERISTICAS DE DEFORMACION.

En el concreto preesforzado, es tan importante conocer las deformaciones como los esfuerzos. Esto es necesario para estimar la pérdida del preesfuerzo en el acero y para tenerlo en cuenta para otros efectos del acortamiento del concreto. Tales deformaciones se pueden clasificar en cuatro tipos; deformaciones elásticas e por plasticidad, elásticas, laterales, y deformaciones por contracción.

DEFORMACIONES LATERALES.

Las deformaciones laterales se calculan por la relación de Poisson. Debido al efecto de la relación de Poisson, disminuye ligeramente - la pérdida del preesfuerzo en el preesfuerzo biaxial. La relación - de Poisson varía de 0.15 a 0.22 para el concreto promediando alrededor de 0.17.

DEFORMACIONES PLASTICAS.

La elasticidad en el concreto es definida como la deformación de pendiente del tiempo que resulta de la presencia de un esfuerzo.

Se presenta una investigación comprensiva realizada en la Universidad de California en un periodo de 30 años. Para probetas de 10 - cm de diámetro cargadas en compresión a 23.2 kg/cm² a los 28 días - de edad y almacenadas después en aire con humedad relativa del 50% y a 21°C los resultados son:

- 1- El escurrimiento plástico continuó en todo el periodo, pero la relación del cambio en las últimas edades fué muy pequeña. Del escurrimiento plástico total en 20 años, del 18-35% sucedió en las primeras dos semanas de la carga, el 40-70% dentro de los tres meses y el 60-83% dentro de un año. Los valores promedio fueron 25, 55, y 76 % respectivamente.
- 2- El escurrimiento plástico aumentó con una proporción agua-cemento más alta y con una relación agua-cemento más baja.
- 3- El escurrimiento plástico del concreto fue apreciablemente mayor para el cemento Portland tipo IV (bajo calor) que para el tipo I normal. Para el cemento tipo IV, el escurrimiento plástico fué mayor para el agregado grueso que para el fino, pero lo inverso fué lo real para el cemento tipo I.
- 4- Los siguientes enunciados se aplican para edades de 28 a 90 días al tiempo de la carga, para esfuerzos de 21 a 94 kg/cm² para -- condiciones de almacenamiento que variaron desde aire a una humedad relativa del 50% hasta la inmersión en agua, y para diámetros de las probetas desde 10 hasta 25.4 cm (de 4 a 10 pulgadas).
 - a)- Tanto más vieja es la muestra el tiempo de cargarla más -- completa es la hidratación del cemento y menor el escurrimiento plástico. Aquellas cargadas a los 90 días tienen menos escurrimiento plástico que las de 28 días, por lo menos un 10% aproximadamente.
 - b)- El escurrimiento plástico por unidad de esfuerzo fué sólo ligeramente más alto en los esfuerzos superiores que en los esfuerzos bajos.
 - c)- La cantidad total de la deformación al cabo de 20 años varió de 1 a 5 veces las deformaciones instantaneas (promediando cerca de 3 veces) mientras que la contracción combinada o hinchazón y escurrimiento plástico variaban de 1 a 11 veces

las deformaciones instantáneas, los valores bajos aparecían para el almacenamiento en el agua o en niebla para agregados calizos.

- d)- El escurrimiento plástico en aire con una humedad relativa de 50% fué aproximadamente 1.4 veces el de aquella con una humedad relativa de 70% y aproximadamente 3 veces el de la almacenada en agua.
- e)- El escurrimiento plástico descendió cuando el tamaño de la muestra aumentaba.

Mientras que en la mayoría de las pruebas se han realizado con -- muestras cargadas axialmente, generalmente se supone que tales datos se pueden aplicar a la plasticidad en la flexión de vigas y losas, considerando cada fibra como un prisma cargado axialmente.

En Europa, el término coeficiente de plasticidad C_c se emplea para indicar la deformación total S_t (deformación instantánea más de formación por plasticidad) después de un período prolongado de esfuerzo constante a la deformación instantánea S_i , obtenida inmediatamente después de la aplicación del esfuerzo, así:

$$C_c = S_t / S_i$$

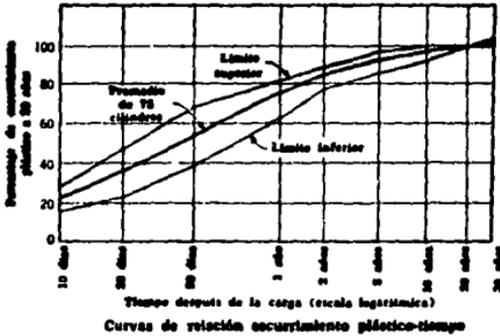
Para diseño, se considerará seguro tomar C_c como 3.0. Para miembros postensados, en donde se aplica después del preesfuerzo, el coeficiente podría ser un poco menor; para miembros pretensados en donde el preesfuerzo se aplica a temprana edad, el coeficiente podría ser un poco mayor.

Este mismo término, coeficiente de plasticidad, es usado a veces para denotar la relación de deformación plástica S_c (excluyendo la deformación instantánea) a deformación instantánea S_i , así:

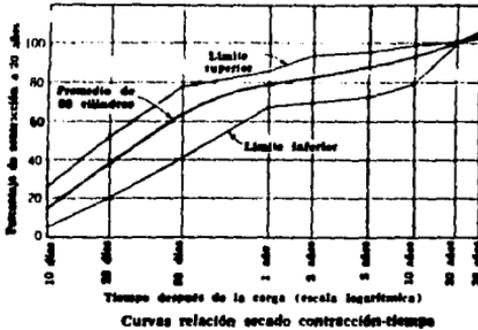
$$C_c = S_c / S_i$$

De la cantidad total de deformación plástica, se puede estimar a grose médo que sucede un cuarto dentro de las dos primeras semanas después de la aplicación del cressfuerzo, dentro de los dos o tres meses, otro cuarto dentro de un año, y la última cuarta parte en el curso de muchos años.

MATERIALES



DISÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREFORZADO



DEFORMACIONES POR CONTRACCION

La contracción en el concreto es debida al secado y a cambios químicos que dependen del tiempo y de las condiciones de humedad, pero no de los esfuerzos. La magnitud de la deformación por contracción también varía con diversos factores, y puede fluctuar desde 0.0000 hasta 0.0010 y más.

En un extremo, si el concreto se almacena en agua o bajo condiciones muy húmedas, la contracción puede ser nula. Aun también puede haber expansión para algunos tipos de agregados, y cementos. En otro extremo, para una combinación de ciertos cementos y agregados, y con el concreto almacenado bajo condiciones muy secas, se puede esperar tanto como 0.0010.

La magnitud de la contracción varía ampliamente, dependiendo de las condiciones individuales. Con el objeto de diseño, un valor promedio de deformación por contracción sería de 0.0002 hasta de 0.0004 para las muestras usuales de concreto empleadas en la construcción del preesforzado. El grado de contracción depende grandemente de las condiciones del tiempo. Las estructuras reales expuestas a la atmósfera muestran cambios mesurables debido a las expansiones, en la contracción del concreto, expansión durante las temporadas de lluvia y contracción durante la sequía. Si se deja seco el concreto, hay razón para creer que la mayoría de la contracción sucederá durante los primeros dos o tres meses. Si siempre está mojado, no habrá contracción.

CONCRETO, TECNICAS ESPECIALES DE MANUFACTURA

La mayoría de las técnicas para manufacturar un buen concreto ya sea simple o reforzado, pueden aplicarse al concreto preesforzado.

Sin embargo deben investigarse para unos cuantos factores peculiares al concreto preesforzado. Primero, no deberá disminuir la alta resistencia requerida; después, no deberán aumentar aprecia---

blemente la contracción y la deformación plástica; no deberán -- producir efectos adversos, tales como la inducción de corrosión -- en los alambres de alta resistencia a la tensión.

La compactación del concreto por vibración, usualmente es deseable y necesaria. Con el objeto de producir concreto de alta resistencia sin usar una cantidad excesiva de mortero, deberán escogerse una relación baja agua-cemento y un revenimiento también bajo.

Tal concreto no se puede celar bien sin compactación. Pero se -- encontrará preferible utilizar, por lo menos, una pequeña compactación para las esquinas y alrededor de los refuerzos y anclajes.

Lo más importante es un buen curado del concreto. Un secado demasiado rápido del concreto puede resultar en grietas de contracción antes de la aplicación del presfuerzo. Solamente por medio de un curado cuidadoso se puede obtener la alta resistencia especificada en el concreto. Con el objeto de apresurar el proceso de endurecimiento, se recurre a menudo en la planta de precolado al curado con vapor; también se puede emplear en el campo cuando la cantidad de -- trabajo involucrado justifica la instalación. Cuando el colado en -- el campo se va a efectuar en un ambiente frío, puede usarse provechosamente el vapor para elevar la temperatura de los ingredientes y del concreto colado con el objeto de que se logre la alta resistencia dentro de un tiempo razonable.

Comunmente se emplea cemento de alta resistencia rápida o curado con vapor. Deberían usarse con cuidado los aditivos para acelerar -- la resistencia. Por ejemplo el cloruro de calcio, el acelerador usado más comúnmente, aun aplicando en cantidades normales, incrementa -- rá la contracción. También hay alguna evidencia de que pueda causar corrosión, lo cual podría ser serio o peligroso para los alambres -- de presfuerzo.

Puede ser ventajoso el emplear aditivos higroscópicos en las mezclas para aumentar la maniobrabilidad del concreto, puesto que -- pueden permitir un colado fácil de concreto de alta resistencia sin

un contenido muy alto de cemento. Frecuentemente se han fabricado bloques de concreto para vigas preesforzadas.

Para las juntas entre los bloques, se emplean dos métodos. Uno es esmerilar la superficie de concreto para un acabe perfecto. Este es usualmente un procedimiento costoso. Otro es poner verteres o lechadas entre ellos. Usando cemento de alta resistencia rápida para las lechadas y aplicando una ligera tensión a los tendones para ajustar las uniones, se puede obtener un buen acabe.

Se aplicará el preesfuerzo total solamente unas pocas días después

CONCRETO CON AGREGADOS LIGEROS.

Desde 1955, aproximadamente, ha venido aumentando la aplicación del concreto ligero en la construcción preesforzada, especialmente en E.U.. La razón principal para emplear concreto ligero es reducir el peso de la estructura, disminuyendo así al mínimo tanto el concreto como el acero requeridos para soportar la carga. Este es importante, especialmente cuando la carga muerta es la porción mayor de la carga en la estructura o cuando el peso del miembro es un factor que se considerará para el transporte o la erección.

Una objeción contra el concreto ligero para el preesforzado es su módulo de elasticidad tan bajo, lo que indica más acortamiento elástico bajo el mismo esfuerzo unitario. Esto significa que hay una pérdida de preesfuerzo ligeramente mayor en el acero.

"El peso unitario del concreto ligero varía considerablemente entre 1441 y 1761 kg/m³. La adición de arena natural fina, podría aumentar un tanto el peso unitario y se sabe también que incrementa la manejabilidad y resistencia de la mezcla." (1)

La contracción del concreto ligero es comparable aparentemente a la del concreto similar de arena y grava. Por lo tanto se concluye que cada agregado ligero debe estudiarse por sí mismo, pero la pre-

(1) Diseño de estructuras de concreto preesforzado T.Y. LIN.,

babilidad es de que no tendrá mas contracción que el concreto de -- arena y grava.

La deformación elástica total en el concreto ligero nuevamente es comparable a la del concreto de arena y grava para prebetas bajo -- el mismo esfuerzo sostenido.

El concreto ligero presfuerzo contiene agregados gruesos de arcilla expandida e bisarra; para los fines, pueden utilizarse agregados expandidos e arena natural, o bien una combinación de ambas.

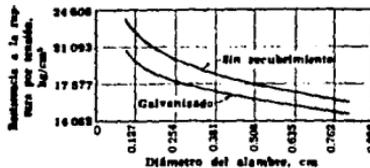
Su peso unitario varía de 1 400 a 2000 kg/m^3 (85 a 120 lb/pie^3).

La resistencia depende bastante de la relación agua-cemento y del factor cemento, pero siguiendo procedimientos estrictos se pueden -- obtener resistencias de 290 a 500 kg/cm^2 (4,500 a 6,500 lb/plg^2); -- estas resistencias y sus propiedades hacen que el concreto ligero -- sea perfectamente adecuado para usarse en el presfuerzo.

ACERO PARA PREEFUERZO.

El acero de alta resistencia es casi el material universal para -- producir el preefuerzo y suministrar la fuerza de tensión en el -- concreto presfuerzo. La aproximación hacia la producción del acero de alta resistencia es por aleaciones. El carbón mineral es un -- elemento extremadamente económico para aleaciones, puesto que es -- barato y fácil de conseguir.

El método más común para aumentar la resistencia a la tensión del acero para el presfuerzo es el templeado en frío de varillas de -- acero de alta resistencia a través de una serie de tintas, mientras más pequeño es el diámetro de los alambres más alta es su resistencia unitaria a la ruptura. La ductilidad de los alambres, sin embargo, disminuye un tanto como resultado del templeado en frío, en la -- figura siguiente se muestra una curva que da la variación típica de resistencia con el diámetro.



Variación típica de la resistencia del alambre con el diámetro

El acero de alta resistencia para el preesforzado toma usualmente una de las tres formas; alambres, cables, o varillas. Para el Pestensado, se usan ampliamente los alambres, los cuales se agrupan -- en cables. Los cables e torones se fabrican en la planta torciendo los alambres todos juntos, disminuyendo así el número de unidades a manejar en las operaciones de tensado. Los cables, así como las - varillas de alta resistencia se utilizan también para el pestensado. Para el pretensado, así se usan exclusivamente los cables de 7 alambres en los E.U. Mientras que la resistencia a la ruptura del acero de alta resistencia se puede determinar fácilmente por ensayos, su límite elástico o punto de fluencia no se puede obtener de una manera tan simple, puesto que no tiene un punto de fluencia ni un límite de proporcionalidad definido.

Los métodos más aceptados comúnmente son probablemente el 0.2% de la deformación permanente y el 1.0% de la deformación.

ALAMBRES DE ACERO.

Los alambres para el preesforzado, generalmente, satisfacen la -- Especificación A-421 de la ASTM (American Society for Testing --- Materials) para Alambre sin recubrimiento aliviado de esfuerzo para el concreto preesforzado. Se hacen barras producidas por el proceso de hogar abierto o de hogar eléctrica. Después de estirados en frío hasta el tamaño, los alambres se alivian de esfuerzo por un trata--

niente de calor continuo para producir las propiedades mecánicas -- prescritas. El análisis de hornada del acero, de acuerdo a la ASTM A-421, tendrá las siguientes clases.

-Carbón	0.72-0.93%
-Manganeso	0.40-1.10%
-Fósforo, máx.	0.040%
-Azufre, máx.	0.050%
-Silicio	0.10-0.35%

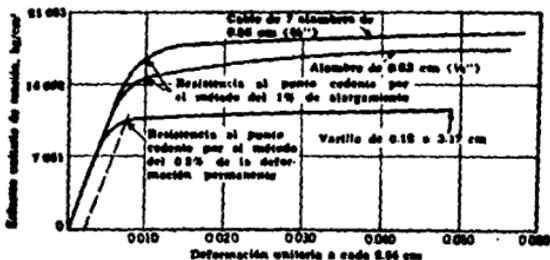
La resistencia a la tensión y la resistencia mínima al punto cedente (medida por el método del 1% del alargamiento total) están prescritas en la siguiente tabla, para los tamaños comunes de alambres.

**RESISTENCIA A LA TENSION Y AL PUNTO CEDENTE PARA ALAMBRES
DE PREESFUERZO.**

Díámetro Nom ulg	Observaciones	Area en cm ²	Resistencia Mín. Tensión Kg/cm ²	Punto de Fluencia mín. Kg/cm ²
0.192	Calibre No. 6	0.18676	17 577	14 060
0.196	5 mm	0.19463	17 577	14 060
0.250	6.2 mm	0.31669	16 874	13 499
0.276	7 mm	0.39596	16 523	13 218

En la siguiente figura se muestra una curva típica esfuerzo deformación para un alambre de 6.2 mm (1/4") aliviado de esfuerzo conforme a la ASTM A-421, con un módulo de elasticidad típico entre 1,9-68 680 Kg/cm² y 2 109 300 Kg/cm². El alargamiento mínimo especificado en 25.4 cm es el 4%, mientras que un alargamiento típico a la ruptura es más bien de 5 a 6%.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO



Curva típica fuerza-deformación para aceros de preesfuerzo

También se muestran en la figura anterior las curvas para una varilla y para un cable de 7 alambres, se consideran suficientemente exactas para el diseño estructural. Para calcular los alargamientos exactos, se aconseja obtener las relaciones exactas esfuerzo-deformación del fabricante o ver ensayos reales de muestras.

Los alambres se suministran en tanberes o bidones. Se cortan a la longitud y se ensamblan, ya sea en planta o en campo. Los diámetros de los tanberes serán tan grandes como sea práctico, por lo menos de 1.5 a 1.8 m. Así que los alambres se pueden enrollar alrededor de ellos con la deformación permanente mínima. Sin embargo, tienen una ligera deformación permanente y requieren de enderezamiento.

Para los sistemas comunes, tales como Freyssinet y el Magnel --- los anclajes se fabrican para los alambres de 5 y 7 mm.

CABLES DE ACERO

Los cables para el pretensado satisfacen, generalmente, la especificación A-416 de la ASTM para "Cable sin recubrimiento de siete alambres aliviado de esfuerzo para concreto pretensado". Mientras que éstas especificaciones eran para la construcción -- pretensada, con adherencia, también son aplicables a la construcción del postensado, ya sea del tipo adherido o sin adherencia. - Estos cables de siete alambres tienen todos un alambre central -- ligeramente mayor que los seis alambres exteriores que lo encierran fuertemente en una hélice con un paso uniforme entre 12 y 16 veces de diámetro nominal del cable.

Los cables de siete alambres utilizados comúnmente para el pretensado satisfacen las especificaciones A-416 de la ASTM, teniendo una resistencia a la ruptura garantizada de $17\,577\text{ kg/cm}^2$.

En la figura anterior se muestra una curva típica esfuerzo-deformación para un cable de 7 alambres de 0.375 mm ($3/8''$) aliviado de esfuerzo, la cual también es típica para cables de todos tamaños. Para cálculos aproximados, se utiliza a menudo un módulo de elasticidad de $1\,993\,370\text{ kg/cm}^2$ ($27\,000\,000\text{ lb/plg}^2$) para el grado -- ASTM A-416 y de $1\,968\,680\text{ kg/cm}^2$ ($28\,000\,000\text{ lb/plg}^2$) para el -- grado 270 K. El alargamiento mínimo especificado del cable es 3.5% en una longitud de calibre de 60.96 cm ($24''$) a la ruptura inicial, aunque los valores típicos usualmente fluctúan alrededor del 6% . Cuando estos cables son galvanizados, son cerca del 15% más débiles.

Para el postensado, a menudo se emplean cables considerablemente más grandes que los de la lista de la tabla anterior, hasta de 42.96 mm ($1\,11/16''$) de diámetro y más. Estos cables tienen una resistencia unitaria más baja, puesto que los alambres son mayores y en número mayor. Cuando no están cubiertos la resistencia a la ruptura es cerca de $15\,462\text{ kg/cm}^2$ ($220\,000\text{ lb/plg}^2$), y cuando --

son galvanizados, alrededor de $14\ 060\ \text{kg/cm}^2$ ($200\ 000\ \text{lb/plg}^2$).

El módulo de elasticidad de tales cables, cuando son prestirados fluctúa entre $1\ 637\ 440$ y $1\ 928\ 060\ \text{kg/cm}^2$ ($24\ 000\ 000$ y $26\ 000\ 000\ \text{lb/plg}^2$ respectivamente).

MATERIALES AUXILIARES - LECHADEO.

Entre los materiales auxiliares especiales requeridos para el concreto presforzado están aquellos para la previsión de conductos apropiados para los tendones. Para el Prestensado no son necesarios tales conductos. Para el postensado, hay dos tipos de conductos, uno para el preesfuerzo con adherencia, otro para aquél sin adherencia.

Cuando los tendones van a tener adherencia, generalmente por lechadeo, los conductos se pueden hacer de aluminio, acero, estaño u otra clase de tubos o láminas metálicas. Para cables pequeños, frecuentemente se emplean tubos de metal en láminas corrugadas. Por ejemplo, el sistema Freyssinet emplea una manguera metálica con diámetros exteriores que varían de 28.58 a 41.28 mm ($1\ 1/8$ a $1\ 5/8$ "), para 3 a 18 alambres, con un espesor de manguera de cerca de 1.6 mm ($1/16$ ").

Cuando los tendones no van a ser adheridos, se utiliza frecuentemente una cubierta de plástico o papel grueso, y se engrasan adecuadamente los tendones para facilitar el tensado y prevenir la corrosión.

Para adherir los tendones al concreto después del tensado (en el caso del postensado), se inyecta lechada de cemento, la cual también sirve para proteger al acero contra la corrosión. La entrada para la lechada dentro del conducto del cable se proporciona por medio de perforaciones en las cabezas de los anclajes y en los conos, o por tubos ahogados en los miembros de concreto. Se puede aplicar la inyección en un extremo del miembro hasta que sale por el otro.

Para los miembros más largos, se puede aplicar en ambos extremos hasta que salga por una ventila central. Puede usarse cemento portland ordinario o bien cemento de alta resistencia a corta edad para la lechada. Se prefiere la arena tosca para adherencia y resistencia, pero es necesaria suficiente finura, considerando el espacio limitado a través del cual tiene que pasar la lechada. Para asegurar una buena adherencia para conductos nuevos, es deseable el lechado a presión; sin embargo, debe tenerse cuidado de que pueda resistirse el efecto de explosión de la presión en las paredes del cable. Existen disponibles, comercialmente, máquinas para mezclar e inyectar la lechada.

En donde se obtiene un espacio mayor entre los alambres, como en el cable Magnel, se utiliza a menudo una mezcla de cemento -- arena en proporción de 1:1 con una relación agua-cemento de 0.5 - en volumen, y una presión de unos pocos kg/cm^2 será suficiente - para cables cortos. En donde el espacio es limitado, como en el cable Freyssinet o Strescon, debería emplearse cemento sólo en la pasta con la misma relación agua-cemento. Cuando se desea ahorrar cemento en un trabajo grande, se puede añadir arena de granos de 0.396 mm. La proporción agua-cemento-arena debería ser - cerca de 1.0:1.3:0.7 en volumen. La presión de la lechada fluctúa entre 5.6 y 7 kg/cm^2 (90 y 100 lb/plg^2). Después que se ha descargado la lechada desde el extremo lejano, ese extremo se obtura y se aplica nuevamente la presión en el extremo de inyectado para compactar la lechada. También es buena práctica lavar los cables con agua antes de comenzar el lechado, removiendo el exceso de agua con aire comprimido.

FALLA DE ORIGEN

PAGINA DUPLICADA

43

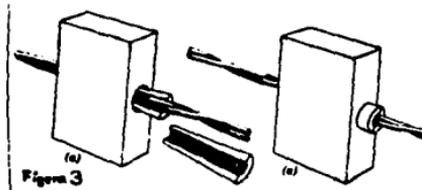
CAPITULO 4

SISTEMAS DE PREEFORZADO: ANCLAJES DE LOS EXTREMOS .

SISTEMAS DE PRETENSADO Y ANCLAJES DE LOS EXTREMOS.

Los artificios para anclazar los alambres de pretensado a los cabezales se hacen usualmente bajo el principio de cuña y fricción. En la figura 3a se muestra una cuña cónica típica cortada hecha de un vasador cónico ahusado. El vasador, perforado axialmente y ahusado, se corta a la mitad longitudinalmente para formar un par de cuñas. Estas mordazas pueden usarse tanto para alambres simples como para cables de alambre torcido. En la figura 3b, se muestra otra mordaza hecha de un vasador cónico en el cual se ha maquinado una superficie plana y dentado posteriormente. El vasador entra dentro de una perforación cónica en un dado y sostiene al cable entre la cara dentada y el dado. Además, existen mordazas de "alivio rápido", las cuales son más complicadas y más costosas, pero producen un gran ahorro en tiempo. Si los alambres van a sostenerse en tensión solamente por periodos cortos, estas mordazas de alivio rápido pueden ser más económicas.

La necesidad de la adherencia para transmitir el esfuerzo entre el acero y el concreto necesita del uso de alambres nuevos para asegurar buenos anclajes. Solamente se usan alambres mayores de $1/8"$ si se curvan a lo largo de su longitud, o si son corrugados.



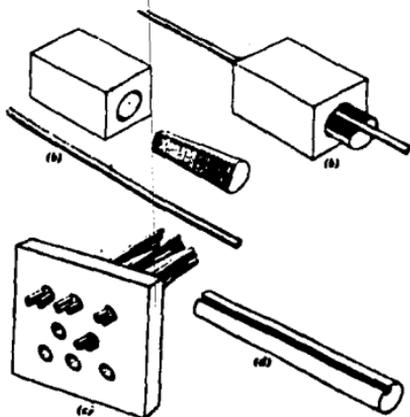


FIG. 3.3. Algunas mordazas típicas para alambres

POSTENSADO, MÉTODOS DE TENSADO.

Los métodos de tensado pueden clasificarse bajo cuatro grupos: (1) preesforzado mecánico por medio de gatos; (2) preesforzado eléctrico por aplicación de calor; (3) preesforzado súbito mediante expansión del cemento; (4) diversos.

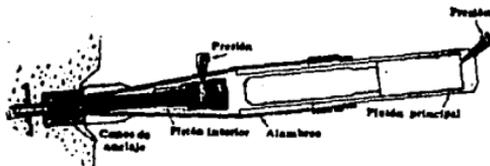
PREESFORZADO MECÁNICO. Tanto en el pretensado como en el postensado, el método más común para esforzar los tendones es el empleo de gatos. En el postensado, los gatos se usan para jalar el acero contra el concreto endurecido, en el pretensado, para jalarlo contra algunos cabezales o moldes. A menudo se usan gatos hidráulicos, debido a su alta capacidad y a la fuerza relativamente pequeña requerida para aplicar la presión.

La capacidad de los gatos varía grandemente, desde cerca de 3 toneladas hasta 100 ton o aún más.

Para algunos sistemas de preesforzado, han sido diseñados especialmente gatos para realizar el trabajo de tensar cables especiales que contienen un número y tamaño dados de alambres.

El gato de doble acción Freyssinet jala hasta 13 alambres o 12 cables a un mismo tiempo (figura siguiente). Los alambres se acusan alrededor de la caja del gato y son estirados por el pistón principal, el cual reacciona contra el anclaje empotrado. Cuando se alcanza la tensión requerida, un pistón interior empuja un tañón dentro del anclaje para asegurar los alambres; la presión en el martinete o pistón principal y en el pistón interior se deja escapar gradualmente y se quita el gato. Cuando los tendones son largos o apreciablemente curvos, deberían ponerse los gatos en los dos extremos.

Los manómetros de los gatos están calibrados, ya sea para leer la presión en el pistón, o para leer directamente la cantidad de tensión aplicada al tendón. Es practica común medir el alargamiento del acero para checarlo con las indicaciones del manómetro.



El gato de doble acción Freyssinet

PRESFORZADO ELECTRICO. El método eléctrico de presforzado evita completamente el uso de los gatos. El acero se alarga al calentarlo con electricidad. Este proceso eléctrico es un método de postensado en donde se permite que el concreto endurezca completamente antes de la aplicación del presfuerzo. Emplea varillas lisas de refuerzo barnizadas con un material termoplástico tal como azufre, o aleaciones con un punto de fusión bajo y enterradas en el concreto como varillas de refuerzo ordinario, pero con extremos sobresalientes roscados.

Debido al alto porcentaje de pérdida de presfuerzo para el acero con un presfuerzo tan bajo, y a otros motivos involucrados en el proceso, se ha encontrado que este método es antieconómico para competir con el presforzado que utiliza acero de alta resistencia a la tensión.

PRESFORZADO QUIMICO. Aquí las reacciones químicas toman lugar en los cementos expansivos y pueden esforzar al acero dentro del, el cual en cambio comprime al concreto. Esto es comúnmente llamado autoesforzado, pero también puede llamarse presforzado químico.

ANCLAJES DE POSTENSADO PARA ALAMBRES POR ACCION DE CUÑAS.

Hay esencialmente tres principios por los cuales los alambres de acero están anclados al concreto.

1. Por el principio de acción de cuñas que producen una mordaza de fricción en los alambres.
2. Por apoyo directo de las cabezas de remaches o pernos formados en el extremo de los alambres.
3. Enrollando los alambres alrededor del concreto.

Dos sistemas populares de presforzado anclan sus alambres por la acción de cuña; el sistema Freyssinet y el sistema Magnel. El sistema Freyssinet emplea cilindros y conos de concreto reforzados con alambres de acero. figura siguiente;

FALLA DE ORIGEN



Un juego de cilindro y cono para el anclaje Freyssinet

Cada unidad de anclaje consiste de un cilindro con un interior cónico a través del cual pasan los alambres, y contra sus paredes se acusan los alambres por un tapon cónico estriado longitudinalmente para recibir a los mismos. El cilindro se ahoga en el concreto en la misma línea de la cara del concreto y sirve para transmitir la reacción del gato así como el preesfuerzo de los alambres al concreto. Después que se completa el preesforzado, se inyecta el mortero a través de una perforación en el centro del tapon cónico.

Los conos de Freyssinet están hechos para alambres de 5 mm (0.196 plf), variando el número de alambres de dos pasando 8, 10, - 12 y hasta 19 por cable, siendo lo más común 12 y 19 alambres. Las dimensiones exteriores de un anclaje de 12 alambres, son de 9.53 cm (3 3/4") de diámetro y de 10 cm (4") de larga, de un anclaje de 19 alambres, cerca de 12 cm (4 3/4") de diámetro y 12 cm - de longitud. También se fabrican conos para alambres de 7mm (0.276") con 12 alambres por cable.

ANCLAJES PARA POSTENSADO DE CABLES.

Para el postensado los primeros anclajes comerciales para cables en los Estados Unidos fueron los del sistema Roebling. El sistema Roebling usa anclajes similares a aquellos largamente empleados para los tensores de cable en los puentes colgantes. Los extremos de los alambres de un cable se dispersan dentro de un cojinete o casquillo y se ahogan con cinc que se vacía en un embudo cónico de tubo de hierro fundido. Figura siguiente. El extremo exterior del tubo tiene rosca tanto en el exterior como en el interior. Durante el preesforzado, se ajusta una varilla roscada del gato al interior del tubo con el objeto de jalar el cable. Después de que se jala el cable hasta el alargamiento y esfuerzo deseados, se aprieta la tuerca al exterior del tubo contra la placa de apoyo, la cual, a su vez, descansa en el concreto. Se ahoga una corta longitud del tubo en el concreto para sostener los accesorios antes del preesforzado y también para transmitir por medio de la adherencia, parte del preesfuerzo de la placa de apoyo al concreto. En el extremo donde no se coloca el gato se utiliza el mismo anclaje apoyando la tuerca en la placa antes del tensado.

Un segundo tipo de anclaje Roebling consiste en un verno largo roscado en el extremo del preesforzado, al cual se ajustan, tanto el adaptador del gato como la tuerca del anclaje. La tuerca se aprieta fuertemente después de aplicar el gato al cable hasta el preesfuerzo deseado. Para ambos tipos, se debe calcular previamente el alargamiento para asegurarse de que la porción con rosca tenga la suficiente longitud para el anclaje.

La CCL (Cable Covers Limited) también incluye los anclajes para 8 y 12 alambres de 7mm (0.276") de diámetro, su anclaje para cables es de especial interés debido a su simplicidad figura 3.22. Por ahora, ofrece solamente el cable de 29.5 mm (1 1/8"), con -

una resistencia a la ruptura de 81.2 toneladas y un preesfuerzo inicial de 60 ton. El anclaje consiste en una pieza profunda esferoidal de grafito, ahogada en el concreto.

Un nuevo anclaje Freyssinet para cables de 317.5 mm. (12 1/2") proporcionará una resistencia a la ruptura de 195.9 ton, y una fuerza efectiva de trabajo de aproximadamente 115 ton.

El sistema Anderson proporcionan anclajes similares para los cables.

El sistema Atlas proporciona el postensado de cables simples empleando una envoltura de gresca figura 3-23. Un cable de 12.7 mm (1/2") dará un preesfuerzo de cerca de 10 ton y se adapta para las mas y componentes similares. Este sistema no requiere huecos alrededor de los anclajes y permite una longitud flexible en el campo para corregir discrepancias de la construcción.

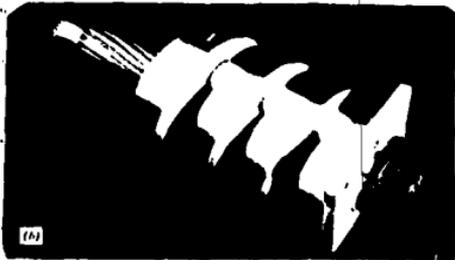
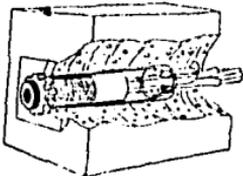


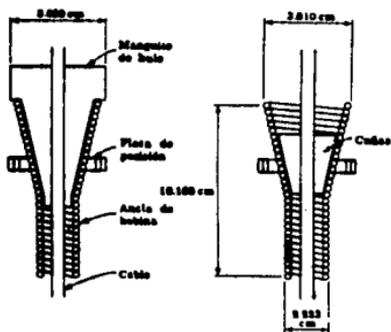
Fig.
3.22



Anclajes CCL para cables. (a) Anclaje para 7 cables. (b) Anclaje para un cable de 28.58 mm (1 1/4")

Anclaje de un extremo para el sistema Rombling

FALLA DE ORIGEN



(a) Antes del ensado

(b) Después del ensado

3-23

El anclaje Atlas

CAPITULO 5.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO





TULANCINGO

A 110 km del D.F., por la Carretera Federal 132. Caseta de cobre " A ". Tiempo aproximado 1:30 hrs. En autobús, Central del Norte. Cuenta con arquitectura colonial, como la catedral y la casa de Maxi miliano. Cuenta con una zona arqueológica que se llama Huasticalco.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

El procedimiento constructivo se definió después de haber estudiado, las diferentes opciones de solución ante la problemática -- que presentaba ya, la capacidad de tránsito; con dos carriles existentes de 365 cm, cada uno. Estas opciones para la solución de dicho problema, comprenden:

- a).- La construcción de un puente nuevo, paralelo al ya existente.
 - b).- Ampliación a cuatro carriles en el actual puente en el -- Km 1+650 del libramiento de la ciudad de Tulancingo Hgo., mediante el concreto preesforzado.
 - c).- Robustecer las columnas y hacer la correspondiente ampliación con materiales como el concreto y el Acero de Refuerzo convencionales.
- a).- La primera propuesta para la solución del problema, se contó con la idea de realizar un puente paralelo a éste, pero fué desechado rápidamente debido al alto costo que requería -- éste, y las correspondientes modificaciones del camino, y de su terracería para su entronque.
- b).- La segunda propuesta consistió en una adecuada ampliación mediante la utilización del concreto preesforzado, teniéndose las ventajas de que si se utiliza el postensado, podemos cubrir los claros mas esbeltos lo que son los estribos y pilas con elementos precolados como lo son las Tabletas. Estas tabletas son aligeradas, debido a que requieren de poco acero de refuerzo y una disminución de concreto, debido a la presencia del sonotubo ahogado en estas.

Por ello no afecta grandemente la incorporación de estas a la carga muerta del puente. De igual forma se efectúan las vigas postensadas entre pilas y estribos.

c).-

En esta tercera propuesta se tuvo la idea de reforzar los pilares y estribos, de tal forma que resistiera la carga del concreto y del acero de refuerzo para dicha ampliación es decir para soportar la carga viva y la carga muerta. Teniéndose, una serie de problemas económicos debido a la gran cantidad de cimbra requerida para el correspondiente colado in situ, alta cantidad de acero de refuerzo, mas mano de obra, y mayor tiempo etc.

Tomándose como una mejor solución la del inciso B); la cual corresponde a la ampliación a cuatro carriles del puente existente mediante la utilización de elementos precolados como lo son las Tablitas prefabricadas, coladas a un costado de el puente. Además de otros elementos colados in situ, como son las vigas transversales preesforzadas para los estribos y las pilas.

Los datos tomados en cuenta para la realización del Proyecto fueron:

a).- Datos hidráulicos.

En éstos encontramos el gasto promedio de la corriente del río $Q=400 \text{ m}^3/\text{seg}$, el gasto parcial por debajo del puente. Así también las velocidades, la velocidad del agua en promedio es de $V=2.4 \text{ m}^3/\text{seg}$. Generandose sobre elevaciones hasta de 0.1 m.

- b).- Datos de capacidad de carga del suelo
- c).- Capacidad de carga última de los estribos y pilares etc.

Una vez realizados los cálculos y análisis para la ampliación. Se presentó la siguiente secuencia de actividades para obtener una mayor eficiencia rápida, economía, y seguridad de los trabajadores como lo es la obra misma. Teniéndose en "10 etapas" lo que es el procedimiento constructivo.

Se muestra a continuación:

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

ETAPA I.

- 1.- Demoliciones en capiteles de columnas.
- 2.- Perforaciones de $\phi=7.5$ cms, paso de cables de presfuerzo longitudinal estribos presforzados.
- 3.- Escarificado con una rugosidad mínima de 6 mm, en áreas - de contacto con el concreto nuevo.

ETAPA II.

- 4.- Cimbrar, armar y colar la viga entre columnas, previendo antes la colocación del ducto para el monitorón de los estribos presforzados.
- 5.- Aplicación de un aditivo de adherencia para concreto exigente y concreto nuevo.
- 6.- Colocación de cables de presfuerzo.

ETAPA III.

- 7.- Tensado de la viga cuando el concreto haya adquirido su resistencia de proyecto.
- 8.- Armado de Tabletetas prefabricadas.

ETAPA IV.

- 9.- Adecuación de muros de contención en ejes 1 y 6.
- 10.- Escarificado con rugosidad mínimo de 6mm, en áreas del - contacto del muro de contención con el concreto nuevo.
- 11.- Aplicar aditivo de adherencia para concreto existente y -- concreto nuevo.

ETAPA V.

- 12.- Cierre de Circulación en un carril para realizar trabajos colocando señalamientos.

ETAPA VI.

- 13.- Retiro del parapeto metálico.
- 14.- Demolición de Banqueta existente.
- 15.- Descubrir el refuerzo de la losa en el extremo y doblar - éste hacia arriba momentáneamente.

ETAPA VII.

- 16.- Montado de tabletas postensadas
- 17.- Desdoblado del refuerzo extremo de la losa
- 18.- Habilitado del nuevo refuerzo de losa sobre tabletas pre- viendo el refuerzo de anclaje de banquetas y guardaciones correspondientes..

ETAPA VIII.

- 19.- Colocación de la sobrelosa en tabletas y diafragmas.

ETAPA IX.

- 20.- Colocado de banquetas y guarniciones.
- 21.- Colocación del parapeto metálico.
- 22.- Tensado de estribos presforzados. (verticales)

ETAPA X.

- 23.- Abrir la circulación en el carril y cerrar el otro.
- 24.- Repetir los pasos de las etapas VI a la IX, para el otro carril.

ver plano E-37.

FALLA DE ORIGEN

ETAPA NUMERO UNO.

Una vez asignado el proyecto, se procede a realizar una inspección de las áreas de ubicación del puente, para organizar las zonas donde se procederá la fabricación de las tabletas prefabricadas;-- las áreas donde se levantará lo que será una bodega, y de la ubicación de los equipos, materiales y vehículos como camionetas de carga que tengan acceso a la obra, También una inspección de lo que es ya el puente, revisando los estribos 1 y 6 y las pilas 2,3,4, y 5 para marcar con pintura, las zonas para demoliciones en capiteles de columna. Y de estribos.



Puente " El canal " al principio de la ampliación.



Acceso al puente por la margen derecha, en dirección a México.



Vista del estribo número 6 del " PUEBTE EL CANAL."



Acceso al puente por la margen derecha, en dirección a México.



Vista del estribo número 6 del " PUNTE EL CANAL."

Después se calculó con ayuda de los planos E-02, para viga transversal interior (pilas) y E-03 para viga transversal extrema, -- (estribos), lo que es demoliciones en capiteles de columnas, perforaciones de $\phi=7.5$ cm, para el paso de cables del preesfuerzo -- longitudinal.

Escarificado con rugosidad mínima de 6mm, en áreas de contacto con el concreto nuevo. Además perforaciones $\phi=5$ cm, para anclaje de varillas en estribos y pilas.

El cálculo comienza con un análisis primero de estribos y después de pilas.



Demolición en capiteles de la viga transversal interior. (PILA No. 5).

FALLA DE ORIGEN

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

DEVOLICIONES EN CAPITELES

ESTRIBO: 1 y 6

Cálculo de áreas.

$A = b \times h$, donde: $b = 0.3$ y $h = 0.8$

$$A = 0.3 \times 0.8$$

$$A = 0.24 \text{ m}^2$$

Cálculo de volumenes.

$$V_{\text{cuadrado}_1} = 0.06(0.24) = 0.014 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cuadrado}_2} = 0.10(0.24) = 0.024 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{triangulo}_1} = ((0.24 \times 0.3) / 2) = 0.036 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{triangulo}_2} = ((0.24 \times 0.3) / 2) = 0.036 \text{ m}^3$$

Volumen total.

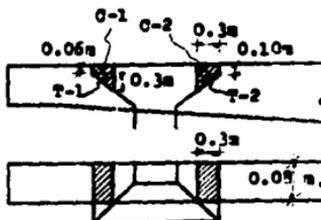
$$V_t = ((V_{c1} + V_{t1}) + (V_{c2} + V_{t2})) \times 2$$

$$V_t = ((0.014 + 0.036) + (0.024 + 0.036)) \times 2$$

$$V_t = 0.220 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL

PLANO E-03.



C-1 Cuadrado número 1

C-2 Cuadrado número 2

T-1 Triangulo número 1

T-2 Triangulo número 2

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PILAS, DEMOLICION EN CAPITALES

PILAS: 2,3,4,5

AREA DEL SEMICIRCULO

$$A = h/6m (3h^2 + 4m^2) ; h=0.3 \text{ y } m=1.5$$

$$A = (0.3 / (6 \times 1.5)) (3(0.3)^2 + 4(1.5)^2)$$

$$A = 0.309 \text{ m}^2$$

VOLUMEN DE TRIANGULOS Y

RECTANGULOS.

$$V1 = 0.309(0.1277) = 0.039 \text{ m}^3$$

$$V2 = (0.309 \times 0.25) / 2 = 0.039 \text{ m}^3$$

$$V3 = 0.309(0.1415) = 0.044 \text{ m}^3$$

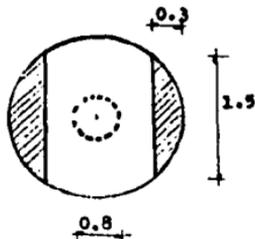
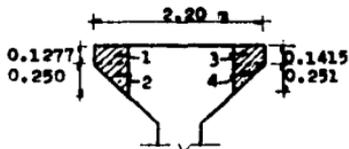
$$V4 = (0.309 \times 0.251) / 2 = 0.039 \text{ m}^3$$

VOLUMEN TOTAL

$$Vt = 0.039 + 0.039 + 0.044 + 0.039$$

$$Vt = 0.160 \text{ m}^3 \times 2 \text{ columnas} = 0.32 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.

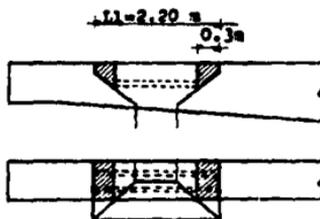


PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES $\#7.5$ cm PARA PASO
DE CABLES.

ESTRIBOS: 1 y 6

Cálculo de la longitud de
perforaciones $\#7.5$ cm.
 $L = (L_1 - 2(\text{desviaciones})) \cdot 4 \text{ perf./est.}$
 $L = (2.20 - 2(0.30)) \cdot 4$
 $L = 6.4 \text{ ml.}$



VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES $\phi=7.2$ cm PARA PASO
DE CABLES.

PILAS: 2,3,4,5

Longitud de cables en la parte
superior.

$$L = 1.6 \text{ m}$$

Longitud de cables en la parte
inferior.

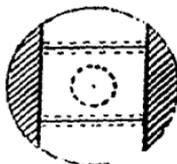
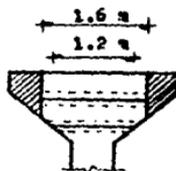
$$L = 1.2 \text{ m}$$

LONGITUD TOTAL

$$L_t = ((2 \times 1.6) + (2 \times 1.2)) \times 2 \text{ columnas}$$

$$L_t = 11.2 \text{ ml.}$$

Donde este valor, corresponde con el
resumen de materiales del plano
E-02.



LOPEZ TREJO RAUL

FALLA DE ORIGEN

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES β -5cm PARA ANCLAJE
DE VANILLA.

ESTRIBO: 1 y 6

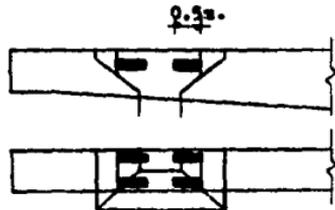
Cálculo de la longitud de la
perforación β -5cm.

$L = (\text{Longitud de perforación}) \times \text{nerf.}$
4 P/O columna.

$L = (0.5 \times 8)$

$L = 4 \text{ m.}$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES $\phi=5$ cm PARA ANCLAJE
DE VARILLAS.

PILAS: 2,3,4,5

Longitud de perforación para an-
claje de varillas.

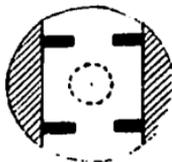
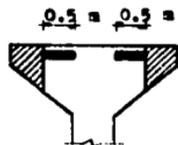
$L = 0.5$ m

LONGITUD TOTAL

$L_t = (4 \text{ perforaciones} \times 0.5) \times 2 \text{ col.}$

$L_t = 4$ m

Donde este valor corresponde con el
resumen de materiales del plano
E-02.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

CAPITEL DE COLUMNAS, ESCARIFICADO

ESTRIBOS: 1 y 6

$$At = (2A_1 + A_2) \cdot 2 + (A_3 + 2A_4)$$

$$At = \text{Area total}$$

$$A_1 = b \cdot x \cdot h + ((b+B)h)/2$$

$$A_1 = 0.42 \times 0.42 + ((0.1 + 0.42)/2) \cdot 0.4$$

$$A_1 = 0.176 + 0.104$$

$$A_1 = 0.280 \text{ m}^2$$

$$A_2 = ((b+B)/2) \cdot h$$

$$A_2 = ((0.92 + 1.64)/2) \cdot 0.4$$

$$A_2 = 0.492 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \cdot x \cdot h = 0.09 \times 0.9$$

$$A_3 = 0.064 \text{ m}^2$$

$$A_4 = b \cdot x \cdot h = 0.09 \times 0.4$$

$$A_4 = 0.032 \text{ m}^2$$

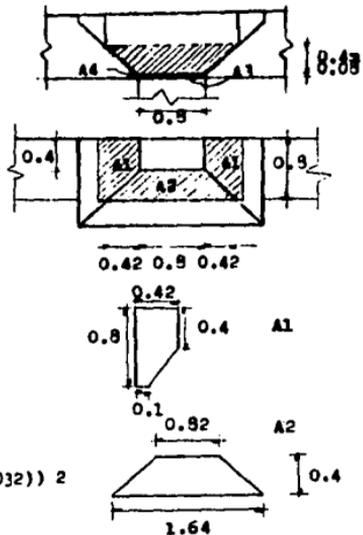
$$At = (2(0.28) + 0.492) \cdot 2 + (0.064 + 2(0.032)) \cdot 2$$

$$At = 2.104 + 0.256$$

$$At = 2.36 \text{ m}^2$$

Desde este valor corresponde con el
resumen de materiales del plano

E-03.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

CAPITEL DE COLUMNAS, ESCARIFICADO.

FILAS: 2,3,4,5

Cálculo del área total del
escarificado.

$$A1 = (2(1.0 \times 0.667)) + (((1.0 + 0.8) / 2) \times 0.104) \times 4 \text{ cel.}$$

$$A1 = (1.334 + 0.374) \times 2$$

$$A1 = 3.417 \text{ m}^2$$

Cálculo del perímetro de la columna.

$$P = \pi \times D$$

$$P = \pi \times 0.8$$

$$P = 2.513 \text{ m}$$

Cálculo del área de columna.

$$A2 = 2.513 (0.225) \times 2 \text{ columnas}$$

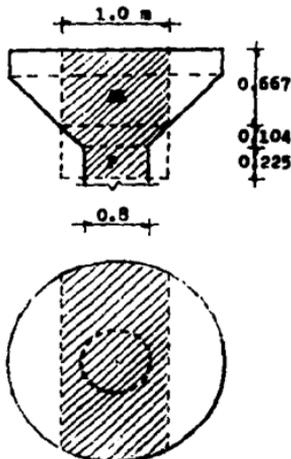
$$A2 = 1.130 \text{ m}^2$$

AREA TOTAL

$$At = 1.130 + 3.417$$

$$At = 4.547 \text{ m}^2$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

MURO DE CONTENCION, ESGARIFICADO

ESTRIBO: 1 y 6

A_t = Area.- Acan.

A_t = Area total

Arec. = Area del rectangulo

Acan. = Area de caviteles

Arec. = Ancho del puente x altura
del esgarificado

$$Arec. = 13.5 \times 0.902 \text{ m} = 12.19 \text{ m}^2$$

Acan. = $Arec_1 + Arec_2 + Atrav.$

$$Arec_1 = ((0.06 \times 0.10) / 2) \times 2.2 = 0.176 \text{ m}^2$$

$$Arec_2 = (0.08 \times 0.5) = 0.064 \text{ m}^2$$

$$Atrav. = ((2.20 \times 0.90) / 2) \times 0.76 = 1.140 \text{ m}^2$$

$$Acan. = 0.176 + 0.064 + 1.140 = 1.380 \times 2 \text{ celug}$$

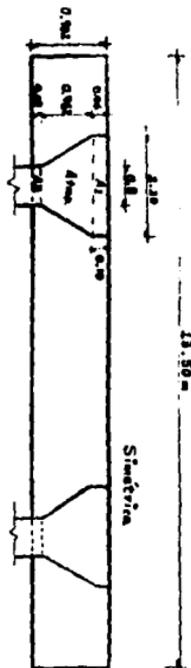
$$nms = 2.760 \text{ m}^2$$

AREA TOTAL DE ESGARIFICADO EN MURO

$$A_t = 12.19 \text{ m}^2 - 2.76 \text{ m}^2 = 9.42 \text{ m}^2$$

Donde este valor corresponde con el
resumen de materiales del plano

E-03.



Una vez terminados los cálculos, y pintadas las áreas para demoliciones, se indica en obra, la ubicación exacta de perforaciones y escarificado, en pilas y estribos. Teniéndose después la tarea de evaluar todo el equipo requerido ante la labor de amoliación. Este equipo consistió primeramente en materiales para levantar una bedega de lámina. Como un segundo punto son cimbras falsas (cimbra falsa tubular), para apoyo de trabajadoras en actividades como demoliciones, perforaciones, escarificado y en el armado del acero estructural. También se tiene la necesidad de cimbras de madera (triblay, velinas, barretes, tablas, duelas, chafalanes, etc.) para el revestimiento del acero de refuerzo. El apoyo principal del acero de refuerzo consistiría en rieles de acero apoyados a su vez sobre cables de acero sujetos en el parante metálico del puente, nivelado con la ayuda de gatos mecánicos. Como un tercer punto se refiere a los materiales convencionales (martillos, flexómetros, palas, claves, etc.). Además de equipos más especiales como son: revolvedoras pequeñas, compresora eléctrica para alimentar a un conjunto de trencueles, perforadoras con broca de diamante y unidades eléctricas de iluminación. Necesitándose previsionalmente de una planta eléctrica diesel, para la constante abastecimiento de corriente trifásica requerida por el equipo empleado, este hasta que fuésemos provistos de este servicio por la C.F.E.

Este debido a que dichas actividades se realizarían las 24 hr. del día. Especialmente la actividad de perforación en capiteles.

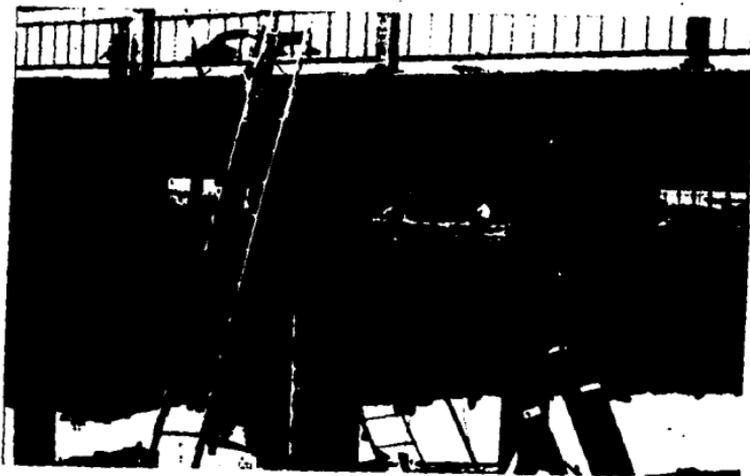
Teniéndose la relación de todo el equipo necesario, se manda pedir a la planta PREYSSINET DE MEXICO.

Ya contando con todos los recursos materiales, se comienza a la ejecución en obra de las actividades calculadas anteriormente.

FALLA DE ORIGEN



Vista del estribo No. 1. Perforación para base de cables 12T13.



Vista de la pila No.5. Perforación para base de cables 12T13.

Terminados estos trabajos, comenzamos con el enjambreado de varillas de 5/8" en capiteles tanto de estribos como de pilas, con la ayuda de resinas epóxicas.

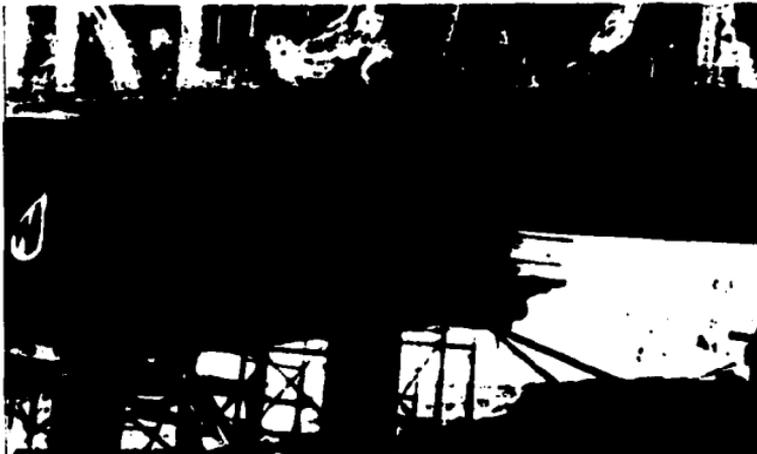


Después se determina abrir las ventanas de la losa para el colado de la viga transversal, cada una en su lugar indicado. Las cuales son - del orden de 0.4m x 0.4 x 0.5. Una vez terminada esta actividad se - cierra la misma con piedras fáciles de quitar una vez que se desee - el colado de la viga. Ello para dar oportunidad al armado del acero - de refuerzo y para no limitar el acceso vehicular al puente, ni incre - mentar el bacheo en el mismo. Anteriormente una serie de señales a - lo largo del puente, luminosas y reflejantes indicando precaución.

ETAPA NUMERO DOS.

Previendose ante la segunda etapa, centábase va con aditivos para adherencia, entre el concreto viejo y el nuevo, aditivos estabilizadores de volumen, ductos para moneterón 12T13 y 1T15, con el fin de brindar una adecuada continuidad a la obra.

Esta segunda etapa comenzó con la colocación de los rieles de acero, des por oja, sujetos por cables de acero en los extremos, apoyados a su vez en el paramete metálico, y ajustados con rates en los cables de acero. Ya ajustados, se hace un tendido de velines, triplay con diesel, a lo largo del riel, para la correspondiente nivelación de los tramos. Iniciándose el armado del acero de refuerzo corrugado, puesto que la viga a construir constituye un presfuerzo parcial. Inmediatamente después se hace la colocación de ductos para moneterones 12T13 y 1T15. Colocándose con brecha un aditivo de adherencia entre el concreto nuevo y viejo. Cerrándose en seguida los cachetes de triplay y los barretes para la sujeción de la cimbra. Por último la colocación de los anclajes en los extremos de la cimbra. Revisando antes del colado, los cables de acero, las uniones con la estructura del puente y la estructura misma de los rieles de acero.



Una vez montados estos materiales en obra, se procede al colado en vigas transversales, colocándole al concreto un aditivo estabilizador de veluzen. Colándose primeramente los estribos (extremos del puente) y después en forma secuenciada, de los extremos hacia el centro (en pilas).



Todo ello para llevar un equilibrio en las pesas adicionales en estribos y pilas. Para el colado de vigas transversales, se contó con un concreto de 350 kg/cm^2 con agregados de $3/4"$ y un revenimiento de 8 cm, con la aplicación del vibrador más tiempo que el ordinario y una relación agua-cemento no mucho mayor de 0.45. Este concreto se suministró a base de camiones mezcladora con capacidad de 4 a 5 m^3 de concreto, requiriéndose para la viga transversal extrema (estribo), dos camiones con capacidad de 4 y 4.6 m^3 de concreto, mientras que para la viga transversal interior (pila), se necesitó de tres camiones con capacidad de 4 m^3 de concreto. Conferas se colaba cada una de las vigas se contaba con un riguroso vibrado, con unidades de gasoli-

FALLA DE ORIGEN

na y de personal diestro en esta actividad, sacándose de cada camión mezcladora, cilindros, tanto para el ayuntamiento, para la compañía que suministraba el concreto, llamada " Concretoar Margay S. A. ", y para la compañía Freyssinet de México. Teniendo así un riguroso control el concreto suministrado para cada viga colada.

Ya terminada esta actividad, se censó la etapa del curado con la aplicación de productos químicos.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

COLUMNAS, INYECCION DE RESINA EPOXICA.

FILAS: 2,3,4,5

$$Vel = 8(V_{verf.} - V_{var.})$$

Cálculo del volumen de perforación.

$$V_{verf.} = (((0.529dm)^2 \pi) / 4) 5dm = 1.099 \text{ lt}$$

Cálculo del volumen de la varilla de 5/8".

$$V_{var.} = (((0.15875)^2 \pi) / 4) 5dm = 0.099 \text{ lt.}$$

Cálculo del volumen total.

$$Vel = 8(1.099 - 0.099)$$

$$Vel = 8 \text{ lt.}$$

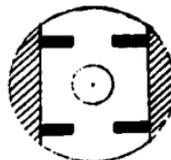
VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.

Diámetro de perf.=0.529dm

Varilla 5/8"(0.254dm)=

0.15875 dm.

5dm = 0.5m



5dm

ϕvar.=5/8" 

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

COLUMNAS, INYECCION DE RESINA EPOXICA.

ESTRIBO: 1 y 6

$$Vel = 8(V_{perf.} - V_{var.})$$

Cálculo del volumen de perforación.

$$V_{perf.} = ((0.529dm)^2 \pi) / 4) 5dm = 1.099 \text{ lt.}$$

Cálculo del volumen de la varilla de

5/8".

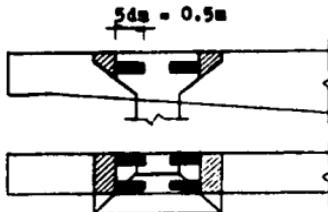
$$V_{var.} = (((0.15975)^2 \pi) / 4) 5dm = 0.099 \text{ lt.}$$

Cálculo del volumen total.

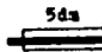
$$Vel = 8(1.099 - 0.099)$$

$$Vel = 8 \text{ lt.}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.



$$\phi_{var.} = 5/8''$$



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

DEMOLICION EN LOSA EXISTENTE.

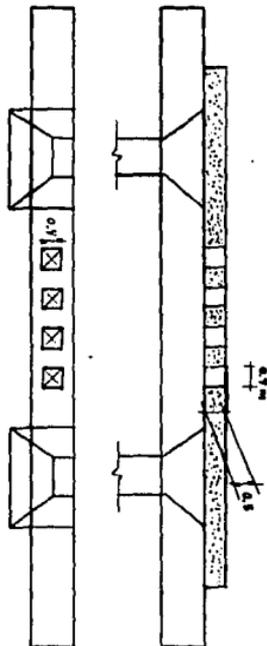
ESTRIBO: 1 y 6

Como se debe de contar con 4 ventanas para el celado, de 0.4 x 0.4 x 0.5 teneses.

Vol= $4(0.4 \times 0.4 \times 0.5)$

Vol= 0.32 m^3

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.



LOPEZ TREJO RAUL

FALLA DE ORIGEN.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

DEVOLUCION EN LOSA EXISTENTE.

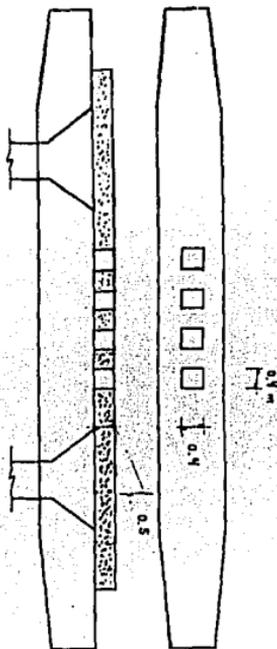
FILAS: 2,3,4,5

Como se debe de contar con 4 ven-
tanillas para el celado, de 0.4 x
0.4 x 0.5m teneses.

$$\text{Vol.} = (4(0.4 \times 0.4 \times 0.5))$$

$$\text{Vol.} = 0.32 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

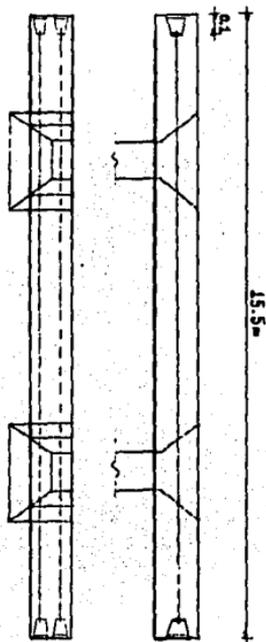
CABLES DE PRESPUERZO, 12T13.

ESTRIBOS: 1 y 6

Longitud de un cable.

 $L = 15.3 \text{ ml}$

Cálculo del peso del cable. (W)

Peso del cable 12T13 = 9.36 kg/ml
(ver anexo B) $W = (15.3 \text{ ml} \times 2 \text{ cables}) 9.36 \text{ kg/ml}$ $W = 286.416 \text{ kg}$ VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

CABLES DE PRESPUERZO; 12T13.

PILAS: 2,3,4,5

Longitud de un cable.

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c = \text{raiz}(a^2 + b^2)$$

$$c = \text{raiz}((3.5)^2 + (0.25)^2)$$

$$c = 3.509 \text{ m} - 0.10 \text{ m (anclaje)} = 3.409 \text{ m.}$$

$$Lc = (3.5 \text{ m} + 2(3.409))4 \text{ cables}$$

$$Lc = 61.272 \text{ ml}$$

Cálculo del peso del cable. (W)

$$\text{Peso del cable 12T13} = 9.36 \text{ kg/ml}$$

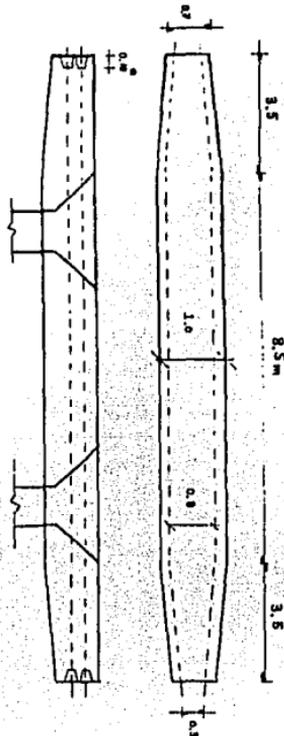
(ver aneclio B)

$$W = 61.272 \times 9.36$$

$$W = 573.506 \text{ kg.}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL

PLANO E-02



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

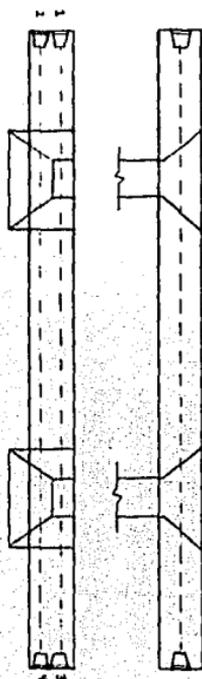
ANCLAJES TIPO 12T13.

ESTRIBO: 1 y 6

Cálculo del número de piezas
de anclajes por viga.

No. = (2cables x 2extremos)

No. = 4 piezas.

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

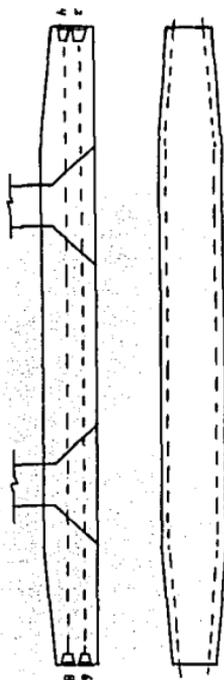
ANCLAVES TIPO 12T13.

PILAS: 2,3,4,5

Cálculo del número de piezas
de anclajes por viga.

No. = (4cables x 2extremos)

No. = 8 piezas.

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES $\phi = 5\text{cm}$, PARA PASO
DE MONOTORONES.

ESTRIBO: 1 y 6

Perforación 1 = 0.30 m

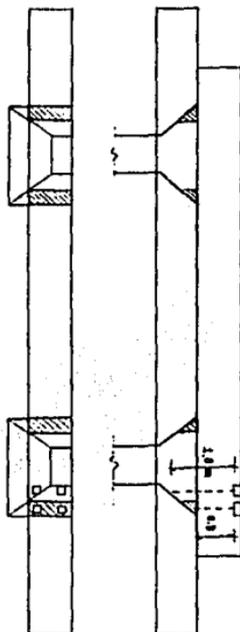
Perforación 2 = 1.00 m

Cálculo de perforación total en
estribo.

$$L_t = (4 \text{ perforaciones} \times 1\text{m}) + \\ (4 \text{ perforaciones} \times 0.3)$$

$$L_t = 5.2 \text{ m}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PERFORACIONES $\phi=5$ cm, PARA PASO
DE MONOTORNES.

PILAS: 2,3,4,5

Perforación 1 = 0.30 m

Perforación 2 = 0.80 m

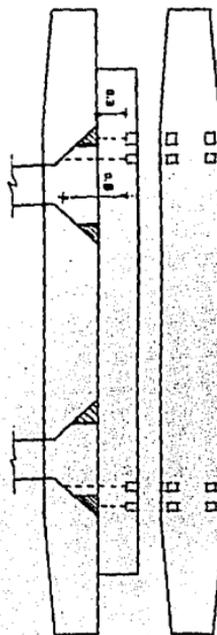
Cálculo de perforación total en
vía.

$$L_t = (4 \text{ perforaciones} \times 0.30) +$$

$$(4 \text{ perforaciones} \times 0.80)$$

$$L_t = 4.4 \text{ ml.}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

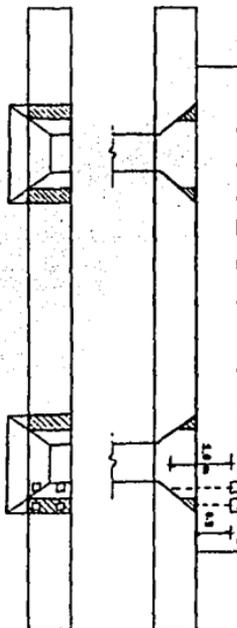
ANCLAJES TIPO LT15.

ESTRIBO: 1 y 6

Cálculo del número de piezas
de anclajes por viga.

No. = (4 perforaciones x 2 extremos)

No. = 8 piezas

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.

LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

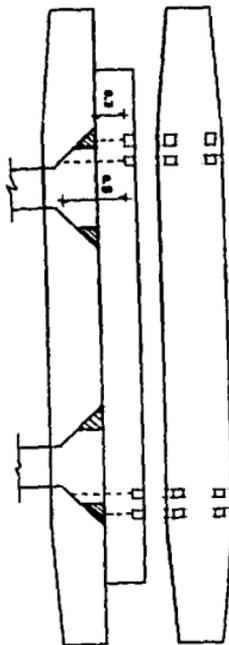
ANCLAJES TIPO 1T15.

PILAS: 2,3,4,5

Cálculo del número de piezas
de anclajes por viga.

No. (4 perforaciones x 2 extremos)

No. = 8 piezas.

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE PREESFUERZO 1T15

ESTRIBOS: 1 y 6

Cálculo de la longitud del
cable 1T15.

$$L_c = 2(L_1) + ((\pi \times D)/2)$$

Cálculo del perímetro total
del cable.

$$L_c = 2(1.06) + ((\pi \times 0.5)/2)$$

$$L_c = 2.91 \text{ ml}$$

Longitud total

$$L_t = 2.91 \text{ ml} \times 4 \text{ cables}$$

$$L_t = 11.64 \text{ ml}$$

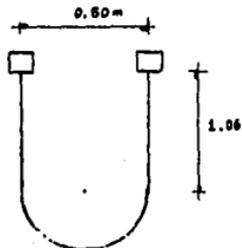
Cálculo del peso del cable. (W)

$$\text{Peso del cable 1T15} = 1.102 \text{ kg/ml}$$

$$W = 11.64 \text{ ml} \times 1.102 \text{ kg/ml}$$

$$W = 12.827 \text{ kg.}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-03.



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE REFUERZO DE $f'_{cs} = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGA TRANSVERSAL EXTREMA.

LISTA DE VARILLAS								
VAR. NO.	DIAM. Ø	CANTIDAD TOTAL	LONGITUD (CM)	COMENTARIOS	A	B	PESO (KG)	
A	Øc	1	410		365	48	18.8	
A	Øc	1	465		315	82	18.8	
B	Øc	2	255		310	46	40	19.8
D1	Øc	2	409		320	16	30	8.1
C	Øc	1	1637		1637	46	—	16.3
C1	Øc	1	1630		1540	46	26.4	
CE	Øc	1	1630		1540	10	16.3	
C9	Øc	2	685		585	50	19.3	
D	Øc	2	690		690	—	—	21.0
E	Øc	2	660		480	40	19.2	
E1	Øc	1	680		680	30	6.8	
F	Øc	2	429		350	46	40	13.4
F1	Øc	2	435		350	46	40	8.6
G	Øc	1	740		660	40	—	11.8
G1	Øc	1	740		660	40	—	7.4
H	Øc	2	180		100	80	8.8	
N	Øc	2	306		71	72	10	31.9
M	Øc	2	310		29	72	10	69.0
M1	Øc	2	314		71	76	10	21.1
K9	Øc	2	218		25	76	10	63.2
H4	Øc	2	214	71	76	10	8.1	
H9	Øc	2	214	71	76	10	8.2	
M2	Øc	2	140	70	70	10	14.0	
H7	Øc	2	150	26	70	10	15.6	
J	Øc	4	225		34	8	5.0	
K	Øc	4	277		42	8	6.2	
					TOTAL: 652.6 KG			

LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE REFUERZO DE $f'c=4,200\text{kg/cm}^2$ EN VIGA TRANSVERSAL INTERIOR.

LISTA DE VARIILLAS

VAR	VAR	ANTALD	CANTIDAD	CRUCIS	a	b	c	PESO
NO	S	VARILLAS	REQUIS					(Kg)
A	3c	1-2000 2-2000 3-2000	210		304	45		25.6
B		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
C	4c	1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
D		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
E	5c	1-2000 2-2000 3-2000	225		310	50		27.0
F		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
G	4c	1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
H	5c	1-2000 2-2000 3-2000	225		310	50		27.0
I		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
J		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
K	2c	1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
L	4c	1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
M	5c	1-2000 2-2000 3-2000	225		310	50		27.0
N		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
O		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
P		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
Q		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
R		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
S		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
T		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
U		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
V		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
W		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
X		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
Y		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
Z		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AA		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AB		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AC		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AD		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AE		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AF		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AG		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AH		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AI		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AJ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AK		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AL		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AM		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AN		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AO		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AP		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AQ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AR		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AS		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AT		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AU		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AV		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AW		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AX		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AY		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
AZ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BA		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BB		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BC		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BD		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BE		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BF		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BG		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BH		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BI		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BJ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BK		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BL		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BM		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BN		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BO		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BP		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BQ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BR		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BS		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BT		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BU		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BV		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BW		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BX		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BY		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
BZ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CA		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CB		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CC		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CD		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CE		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CF		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CG		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CH		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CI		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CJ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CK		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CL		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CM		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CN		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CO		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CP		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CQ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CR		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CS		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CT		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CU		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CV		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CW		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CX		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CY		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
CZ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DA		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DB		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DC		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DD		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DE		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DF		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DG		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DH		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DI		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DJ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DK		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DL		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DM		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DN		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DO		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DP		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DQ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DR		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DS		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DT		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DU		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DV		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DW		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DX		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DY		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
DZ		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EA		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EB		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EC		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
ED		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EE		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EF		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EG		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EH		1-2000 2-2000	225		310	50		27.0
EI		1-2000 2-2000						

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE PREESFUERZO 1T15.

PILAS: 2,3,4,5

Cálculo de la longitud del cable 1T15.

$$L_c = 2(L_1) + (\pi \times D) / 2$$

Cálculo del perímetro total del cable.

$$L_c = 2(0.90) + ((\pi \times 0.7) / 2)$$

$$L_c = 2.90 \text{ ml.}$$

Longitud total

$$L_t = 2.90 \text{ ml} \times 4 \text{ cables}$$

$$L_t = 11.6 \text{ ml}$$

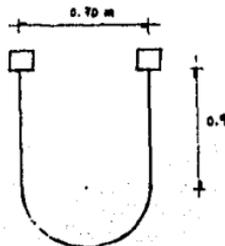
Cálculo del peso del cable. (W)

$$\text{Peso del cable 1T15} = 1.102 \text{ kg/ml}$$

$$W = (11.6 \text{ ml} \times 1.102 \text{ kg/ml})$$

$$W = 12.793 \text{ kg.}$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-02.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

TRABES EN COLUMNAS, VOLUMEN DE CONCRETO. ESTRIBO: 1 y 6

Area del rectangulo.

Area. = $2(A1+A2+A3)$ Simetrica.

Area. = $2(0.9 \times 1.975 + ((0.9 + 0.945)/2)2 + ((0.945 - 0.93)/2)3.975)$

Area. = $2(1.5 + 1.645 + 3.439)$

Area. = 13.168 m^2

CALCULO DEL VOLUMEN EN EL RECTANGULO.

Vol. = $13.168(0.8)$

Vol. = 10.534 m^3

CALCULO DE VOLUMEN EN CAPITALES.

Vol₁ = $0.95 \times 0.4 \times 0.9 = 0.272 \text{ m}^3$

Vol₂ = $((0.79 + 0.414)/2)1.2 = 0.716 \text{ m}^3$

Vol. total = $2 \text{ cel.} (V1+V2)$

Vol. total = $2(0.272 + 0.716)$

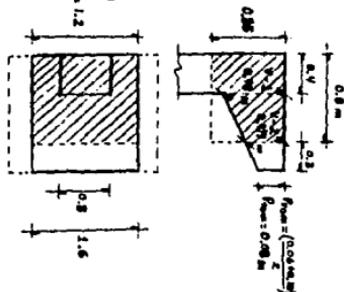
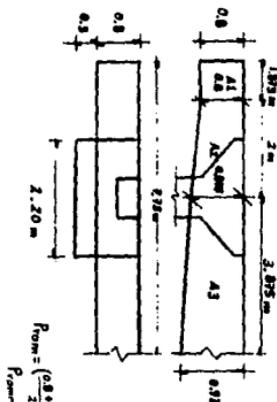
Vol. total = 1.976 m^3

Volumen total de concreto.

Vtc = $10.534 \text{ m}^3 + 1.976 \text{ m}^3$

Vtc = 12.51 m^3

Desde este valor corresponde con el resumen de materiales del plano E-03.



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

TRABES EN COLUMNAS, VOLUMEN DE CONCRETO. PILAS: 2,3,4,5

Vt= Volumen de la trabe

Vc= Volumen columna

$$Vt = V1 + 2V2$$

$$V1 = (1\text{m} \times 1 \times 8.5) = 8.5 \text{ m}^3$$

$$V2 = ((0.7 \times 0.7 + 1 \times 1) / 2) \times 3.5 \text{ m} = 2.61 \text{ m}^3$$

$$Vt = 8.5 + 2(2.61)$$

$$Vt = 13.72 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen de las columnas.

Vcel. = 2Vcilindro + 4Vtrapecio

$$V_{cil.} = (((0.9)^2 \times \pi) / 4) \times 1 \text{m}$$

$$V_{cil.} = 0.5 \text{ m}^3$$

Vtrap. = Vtriangulo 1 - Vtriangulo 2

$$V_{trap.} = ((0.7 \times 0.7) / 2) - ((0.3 \times 0.3) / 2)$$

$$V_{trap.} = 0.20 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DE COLUMNA

$$V_{cel.} = 2(0.5) + 4(0.20)$$

$$V_{cel.} = 1.8 \text{ m}^3$$

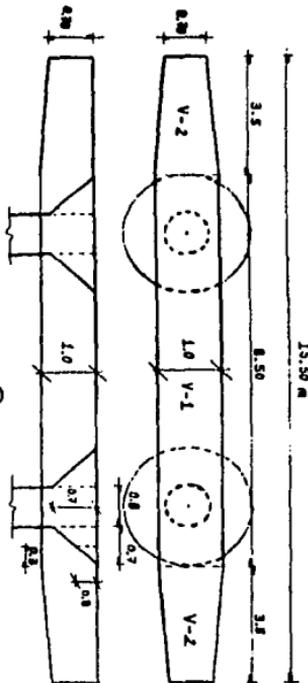
VOLUMEN TOTAL.

$$V_{total} = Vt - V_{cel.}$$

$$V_{total} = 13.72 - 1.8$$

$$V_{total} = 11.92 \text{ m}^3$$

Desde este valor corresponde con el resumen de materiales del plano E-02.



ETAPA NUMERO TRES.

Esta etapa comienza con la elaboración de tabletas preesforzadas, - en donde el caso número uno es la elaboración de plantillas con una - resistencia de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con un espesor de 0.05 m. El caso número dos es el habilitado y armado del acero de refuerzo, dejando aug - ves en la parte superior de los extremos de la tableta, para su corre_g - te mentado de la misma.



Vista de la tableta prefabricada del puente " El crucero "

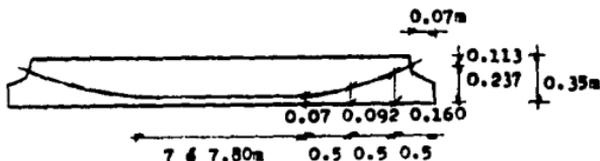
El caso número tres se refiere a la colocación de los ductos para el caso del maneterón 1287, teniéndose mucho cuidado con la forma de la curva en los ductos, respetándose las elevaciones a lo largo de la misma. El caso número cuatro se refiere a la colocación de senetubes ó tubes de cartón cementado de $\phi = 15\text{cm}$ (6"), sellados perfectamente, para aligerar al elemento precolado, colocándose cuatro piezas por cada elemento. El caso número cinco lo constituye el habilitado y armado de la cimbra, teniéndose mucho cuidado de la ubicación exacta de la llave de certante (ver plano E-04). Fase número seis se refiere a lo que es ya el colado en tabletas, con un concreto de $f'c=350\text{kg/cm}^2$ con un revenimiento de 7.5 cm, un agregado de 3/4", una relación agua-cemento de 0.45, requiriéndose alrededor de 10 sacos de cemento por un metro cúbico de concreto, además de un buen vibrado en cada estructura. Estas tabletas se colaron en obra a base de ellas mezcladoras, cuidándose la relación de todos los agregados. De cada tableta se tomaron muestras en cilindros para sus correspondientes pruebas. Pero antes del colado fué conveniente la colocación de arena en los ductos para maneterón 1287, para impedir la penetración del concreto en el mismo, además de la colocación de los anclajes 1287.

Una vez terminado el colado, comienza la etapa de curado, con la aplicación de productos químicos.

FALLA DE ORIGEN

PUENTE "EL CANAL" NUMEROS GENERADORES

ACERO DE PREESFUERZO 12Ø7, EN TABLETAS.



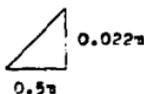
Cálculos para obtener la longitud del preesfuerzo.

$$0.237 - 0.160 = 0.077m$$

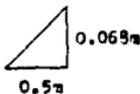
$$0.160 - 0.092 = 0.069m$$

$$0.092 - 0.070 = 0.022m$$

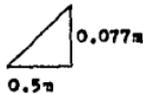
Fórmula: $C^2 = A^2 + B^2$



$$C = 0.5005m$$



$$C = 0.5046m$$



$$C = 0.5059m$$

Longitud del preesfuerzo

$$L_1 = ((0.5005 + 0.5046 + 0.5059)2) + 7m - 0.14 \text{extremos}$$

$$L_1 = 9.992m \text{ (Para tabletas tipo I, II, y III)}$$

$$L_2 = ((0.5005 + 0.5046 + 0.5059)2) + 7.9m - 0.14 \text{extremos.}$$

$$L_2 = 10.692m \text{ (Para tabletas tipo IV y V)}$$

Longitud total = $L_1 + L_2$

$$L_1 = 9.992m \times 4 \text{ cables} \times 3 \text{ tabletas}$$

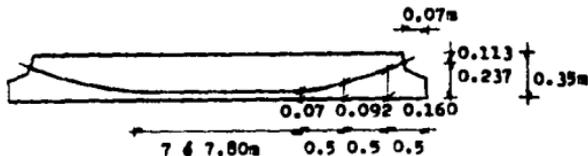
$$L_1 = 316.224m$$

$$L_2 = 10.692m \times 4 \text{ cables} \times 12 \text{ tabletas}$$

LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE PREESFUERZO 12#7, EN TABLETAS.



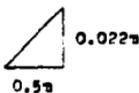
Cálculos para obtener la longitud del preesfuerzo.

$$0.237 - 0.160 = 0.077\text{m}$$

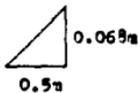
$$0.160 - 0.092 = 0.069\text{m}$$

$$0.092 - 0.070 = 0.022\text{m}$$

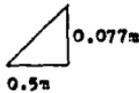
Formula: $C^2 = A^2 + B^2$



$$C = 0.5005\text{m}$$



$$C = 0.5046\text{m}$$



$$C = 0.5059\text{m}$$

Longitud del preesfuerzo

$$Lp = ((0.5005 + 0.5046 + 0.5059)^2) \cdot 7\text{m} - 0.14\text{extremos}$$

$$Lp = 9.992\text{m} \text{ (Para tabletas tipo I, II, y III)}$$

$$Lp = ((0.5005 + 0.5046 + 0.5059)^2) \cdot 7.8\text{m} - 0.14\text{extremos.}$$

$$Lp = 10.692\text{m. (Para tabletas tipo IV y V)}$$

Longitud total = L1 + L2

$$L1 = 9.992\text{m} \times 4\text{cables} \times 9\text{tabletas}$$

$$L1 = 316.224\text{m}$$

$$L2 = 10.692\text{m} \times 4\text{cables} \times 12\text{tabletas}$$

LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

Longitud total

Lt=316.224m-512.736m

Lt= 828.960m

Cálculo del peso del cable tipo 12#7

Peso del cable 12#7= 3.7 kg/ml (ver anexo B)

Peso total= 828.96m x 3.7 kg/ml

Peso total= 3 067.152 kg.

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL

PLANO E-04.

LOPEZ TREJO RAUL

UNAM

TESIS PROFESIONAL pag. 103

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragon.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ANCLAJES 1207 PARA TABLETAS.

Tabletas tipo I, II, y III.

Número de piezas

$N_n = \text{Piezas por tableta} \times \text{Stabletas}$

$N_n = 64 \text{ usas.}$

Tabletas tipo IV y V.

$N_n = 9 \text{ pzas} \times 12 \text{ tabletas}$

$N_n = 96 \text{ usas}$

Total de piezas

$T_n = 64 + 96$

$T_n = 160 \text{ usas.}$

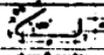
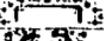
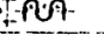
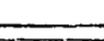
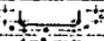
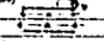
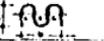
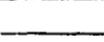
VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO E-04.

LOPEZ TREJO RAUL

FALLA DE ORIGEN

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE REFUERZO DE $f^{\circ}c = 4,200\text{kg/cm}^2$ EN TABLETAS PREFABRICADAS.

LISTA DE VARILLAS								
VAR	#	CANT (pzas)	LONG. (cms)	CROQUIS	a	b	c	PESO (kgs)
PARA UNA TABLETA (0.60x0.80)	A1	6	1080		1204	14	20	84.0
	D1	6	1098		1204	7	20	82.9
	DE	30	140		76	7	20	24.5
	C1	30	170		84	7	10	22.5
	D1	34	145		80	30	10	48.6
	F1	6	94		45	14	30	4.7
	F1	6	90		30	-	-	0.7
	A1	30	85		18	18	6	7.4
TOTAL: 294.2 kg								
PARA UNA TABLETA (1.00x0.80)	D1	10	1150		1101	7	20	114.5
	D4	42	140		70	7	20	28.8
	C1	42	170		84	7	10	71.4
	D1	37	145		80	30	10	52.9
	F1	10	94		45	14	30	9.4
	F1	6	90		30	-	-	2.7
	A1	30	85		18	18	6	7.4
	TOTAL: 321.1 kg							

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

TUBO DE CARTON COMPRIMIDO $\phi = 15\text{cm}$ (6")
EN TABLETAS PREPARADAS.

TABLETAS TIPO I, II, III.

Longitud del sonetube

$L_s = 7.0\text{m} \times 4 \text{ usas.}$

$L_s = 28 \text{ m}$

Longitud total del sonetube para 8

tabletas tipo I, II, y III.

$L_t = 8 \times 28\text{m} = 224 \text{ m}$

TABLETAS TIPO IV y V.

Longitud del sonetube

$L_s = 7.9\text{m} \times 4 \text{ usas.}$

$L_s = 31.2 \text{ m}$

Longitud total del sonetube para 12

tabletas tipo IV y V.

$L_t = 31.2\text{m} \times 12 = 374.4\text{m}$

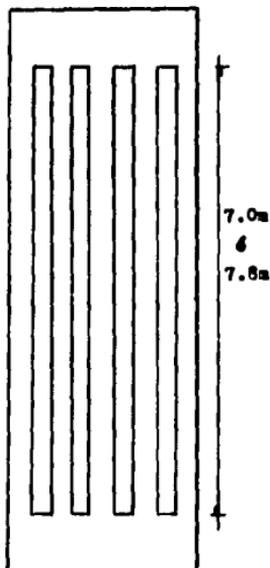
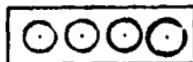
LONGITUD TOTAL DEL SONOTUBO PARA

LOS DOS TIPOS DE TABLETAS.

$L_t = 224 + 374.4 = 598.4 \text{ ml.}$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL

PLANO S-04.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

TABLETAS PREFABRICADAS, VOLUMEN DE CONCRETO.

TABLETAS TIPO I, II, y III.

Cálculo del volumen de concreto.

$$V_0 = 1.5 \times 0.35 \times 10$$

$$V_0 = 3.5 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen del senstubo.

$$V_1 = ((\pi \times D^2)/4) \times 7.0 \text{ m}$$

$$V_1 = ((\pi \times (0.15 \text{ m})^2)/4) \times 7.0 \text{ m}$$

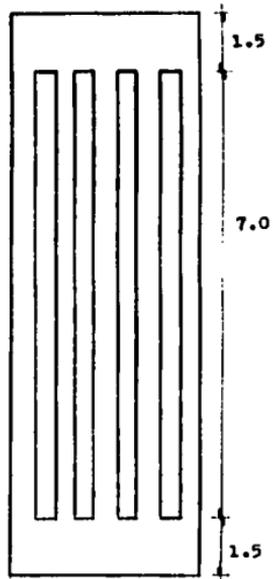
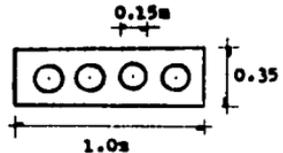
$$V_1 = 0.12 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen total.

$$V_t = V_0 - 4V_1$$

$$V_t = 3.5 - 4(0.12)$$

$$V_t = 3.01 \text{ m}^3$$



LOPEZ TREJO RAUL

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

TABLETAS PREFABRICADAS, VOLUMEN DE CONCRETO.

TABLETAS TIPO IV y V.

Cálculo del volumen de concreto.

$$Vc = 12 \times 0.35 \times 10.9$$

$$Vc = 3.79 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen del sonotubo.

$$Vs = ((\pi \times D^2) / 4) \times 7.8$$

$$Vs = ((\pi \times (0.15)^2) / 4) \times 7.8$$

$$Vs = 0.1379 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen total.

$$Vt = Vc - 4Vs$$

$$Vt = 3.79 - 4(0.1379)$$

$$Vt = 3.230 \text{ m}^3$$

Cada tenemos 9 tabletas del tipo I, II y III

y 12 tabletas del tipo IV y V. Sacamos el

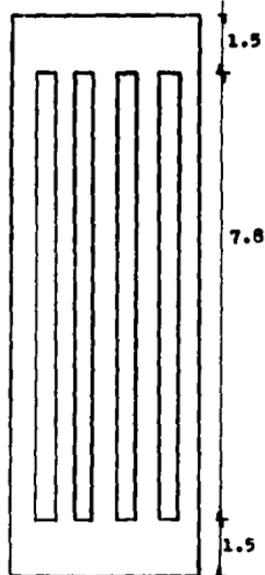
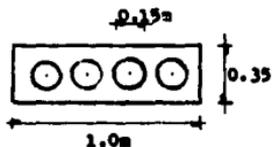
volumen total de tabletas.

$$V_{\text{total}} = (9 \times 3.01) + (12 \times 3.23)$$

$$V_{\text{total}} = 62.94 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL

PLANO E-04.



LOPEZ TREJO RAUL

TENSADO EN VIGAS Y TABLETAS.

Después del celado, a los 21 días, se tiene una resistencia de aproximadamente 90% en miembros celados (vigas é tabletas). Es decir que si nosotros vedimos un concreto de 350 kg/cm^2 para vigas transversales - a los 21 días tiene una resistencia de aproximadamente 280 kg/cm^2 , esta para la transferencia siguiente del esfuerzo (Tensión en la parte superior del elemento y compresión en la parte inferior). A continuación se hace la introducción del acero de esfuerzo en vigas -- transversales, colocándose un juego de 12 cables T 13 por ducto, para la colocación se unen los 12 cables con una cinta de aislar, y se meten en forma simultánea en los ductos.

Para el tensado de la viga, tenemos un cable tipo 12T13, en estribos, tenemos 2 piezas del mismo con una longitud de aproximadamente 15.26m de longitud de servicio. Con un esfuerzo del acero al tensar de 152 kg/mm^2 , un alargamiento de 113 mm, tensado por un lado, todo esto seña la de en el plano E-03. Aquí el calculista nos menciona que en campo debemos de darle al cable un esfuerzo de tensión de 152 kg/mm^2 con el empleo de gates especiales. Estos gates tensan a los cables con una presión en bares realizándose el siguiente cálculo para gates de doble acción Freyssinet.

Por ejemplo ver los datos del esfuerzo en plano E-03. Presentándose se dos piezas de cables 12T13, con un esfuerzo del acero al tensar - de 152 kg/mm^2 . Este esfuerzo lo multiplicamos por el área de la sección del cable 12T13¹ que es de 1.198 mm^2 , $152 \text{ kg/mm}^2 \times 1.198 \text{ mm}^2 = 190,576 \text{ kg}$ este valor se divide entre el área del pistón requerida, en este caso se empleará el gate tipo " 36 " con un área de 300 cm^2 , teniendo en tences: $190.576 \text{ kg} / 300 \text{ cm}^2 = 601.92 \text{ kg/cm}^2$, este valor para convertirlo en bares, presentamos la siguiente igualdad, $1 \text{ bar} = 1.02 \text{ kgf/cm}^2$ por tanto dividimos 601.92 kg/cm^2 entre 1.02 kgf/cm^2 dándonos un resultado de 590.118 bares.

1- Ver valores de cables y gates en Apéndice B.

De igual forma se hace el cálculo para los estribos preesforzados 1T15, contando con cuatro cables por viga, con una longitud de servicio de cada uno igual a 2.5 m. Debiéndose tensar con un esfuerzo de 132 kg/mm^2 , teniéndose un alargamiento de 17 mm. Tensándose por ambos lados. Así el cable tipo 1T15 con un esfuerzo del acero al tensar de 132 kg/mm^2 , multiplicamos este valor por el área de la sección del cable mismo el cual es de 139.17 mm^2 , quedando: $132 \text{ kg/mm}^2 \times 139.17 \text{ mm}^2 = 18\,370.44 \text{ kg}$. Este valor se divide entre el área del pistón de 85.5 cm^2 , el cual corresponde al gato tipo RGH 603, dando por resultado de $18\,370.44 \text{ kg}$ entre 85.5 cm^2 igual a 214.859 kg/cm^2 . Dividiendo este valor entre 1.02 kgf/cm^2 da un resultado de 210.646 bares.

Para la viga transversal interior (Pila) se tiene 4 piezas de cable 12T13 con una longitud de servicio igual a 15.26m. Un esfuerzo del acero al tensar de 152 kg/mm^2 , con un alargamiento de 114.1mm, tensado por un lado, teniéndose: $152 \text{ kg/mm}^2 \times 1\,198 \text{ mm}^2$ (área de la sección del cable) = $180\,576 \text{ kg}$, cuando gato " 96 " tenemos $180\,576 \text{ kg}$ entre 300 cm^2 igual a 601.92 kgf/cm^2 y este valor dividido entre 1.02 kgf/cm^2 tenemos un valor de 590.118 bares.

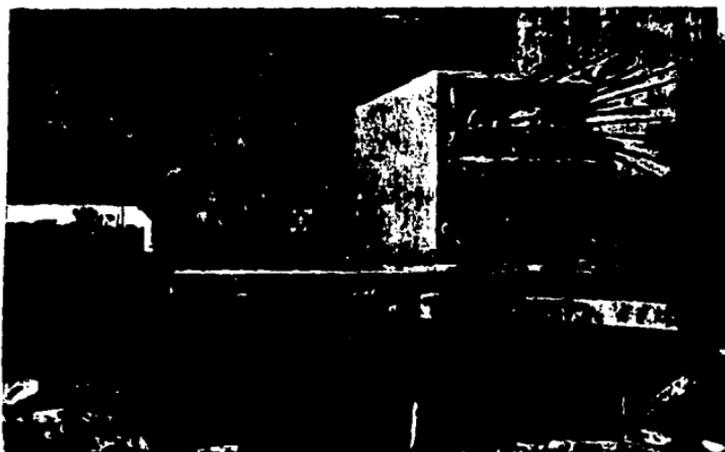
El cálculo en estribos preesforzados 1T15 para pilas, se hace de igual forma como se hizo con los estribos preesforzados 1T15 para viga transversal externa (Estribe).

Ya terminada la transferencia del preesfuerzo, se comenzaron a cortar la puntas de los cables en los anclajes de las vigas transversales, tanto para cables 1T15 y 12T13, en este último se dejaron mangueras para la lechada de cemento, con el fin de confinar los tendones en los ductos del sistema de postensado. Teniéndose además otros varigos propósitos como:

- 1- Confinar el acero de un medio ambiente alcalino, protegiéndolo contra la corrosión.
- 2- Llenar el ducto para que el agua no entre ni se congele dentro del mismo.



Vista del tensado en viga transversal interior (nala No. 5)



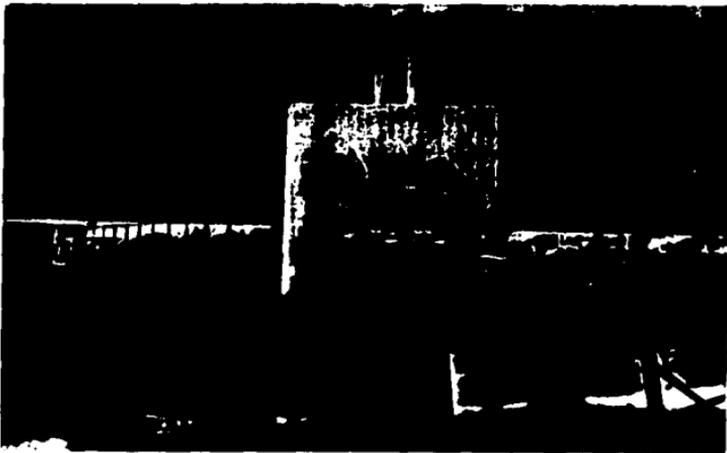
Vista de la viga transversal extrema (estribe No. 6), donde se observa la sujeción de los terrenos por medio de los anclajes 12T13.

- 3- Asegurar la adherencia necesaria entre los tendones y el concreto estructural.
- 4- Complementar la sección transversal del concreto.

Esta lechada se aplicó después de 24 hrs. de la aplicación del prees fuerzo, tiene una relación agua-cemento no mayor de 0.45, debiendo mezclarse perfectamente el relleno con una máquina, para asegurar un mezclado total y obtener un relleno fácil de inyectar.

" Para los ductes más grandes como los 12T13 conviene inyectar prim re un relleno a base de cemento puro y a continuación inyectar el re lleno de arena y cemento. Después del curado inicial (ver lo general de 1 1/2 a 2 hrs.), debe hacerse una segunda inyección de relleno de cemento puro." La bomba para el relleno debe ser de desplazamiento positivo y producir cuando menos una presión de descarga de 10.5 kg/cm².

Por último para la protección de las zonas de anclaje, debemos cubrir totalmente el anclaje del tendón con pintura anticorrosiva e - grasa, para después adherirse en concreto é relleno libre de cloruros.



1- Construcción de estructuras de concreto preesforzado Ben C. Gerwick, Jr. Editorial Limusa.

En el caso de las tabletas prefabricadas, antes de que se colaran se determinó el llenado de los ductos para el preesfuerzo, con arena, con el fin de la no obstrucción del concreto en dichos ductos. Limpiar desec seguidamente (después de 21 días de colado el elemento), con la ayuda de aire a presión. Una vez limpio el ducto se procedió a la introducción del acero de preesfuerzo en los elementos.

Para el tensado de tabletas, se tienen 4 piezas de cable tipo 12~~Ø~~7 con una longitud de servicio de 9.98m por cable, debiéndose tener un esfuerzo del acero al tensar de 132 kg/mm^2 , con alargamiento de 60mm, tensado por un lado.

Para el cable tipo 12~~Ø~~7 tenemos una área de sección del cable de 462 mm^2 teniéndose, $132 \text{ kg/mm}^2 \times 462 \text{ mm}^2 = 60\,994.00 \text{ kg}$, este valor dividido entre el área del pistón del gato empleado, el cual es el "U5" con una área de 157.9 cm^2 teniéndose, $60\,994 \text{ kg}$ entre 157.9 cm^2 igual a 386.464 kg/cm^2 dividiendo este valor entre 1.02 kgf/cm^2 tenemos el valor de 378.896 bares. Siendo este cálculo para las tabletas tipo I, II y III. Para las tabletas tipo IV y V se obtiene la misma cantidad de bares, pero con la diferencia del alargamiento del preesfuerzo debido a que el cable en estos elementos es un poco mayor.

Al finalizar este se procedió a certar las puntas de los cables que sobresalen en los conos de los anclajes, dejándose anteriormente una serie de mangueras para la lechada. Después se empieza la lechada y por último, el ahoque de los anclajes en el concreto.



Vista de tabletas prefabricadas, una vez introducido el acero de pres fuerza, y colocadas las cunas para el presfuerzo.



Vista de la tableta una vez certadas las puntas del acero de presfuerzo.

ETAPA NUMERO CUATRO.

En esta etapa se debe de llevar una adecuación en los turos de contención en los ejes uno y seis. Además de un escurificado con rugosidad mínima de 6mm en áreas del muro de contención con el concreto nuevo. Además aplicar un aditivo de adherencia para concreto existente y el concreto nuevo.

ETAPA NUMERO CINCO Y SEIS.

Una vez terminadas las actividades en los muros de contención en estribos, se procedió a la colocación de señalamientos a unos 300m del puente. Los señalamientos están conformados por letreros reflejantes y señales luminosas, en los dos carriles, a lo largo del puente. Todo esto para el retiro del varapeto metálico existente.



Cabe destacar, que esta tarea se realizó en forma simultánea para los costados del puente, ya que no era conveniente cerrar un carril, debido a la alta demanda vehicular en los puentes. No presentándose problema alguno. Después de esto, se comienza con la demolición de la banqueta existente, descubriendo el acero de refuerzo, debiéndose doblar este hacia arriba momentáneamente. Ver plano E-07.

FALLA DE ORIGEN

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

BARQUETAS, DENSIFICACIONES.

Cálculo del volumen total
 $V_t = (A_t) \text{ longitud del puente}$

Cálculo del área total

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_1 = 0.2 \times 1.45 = 0.29 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0.09 \times 0.45 = 0.036 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0.10 \times 0.90 = 0.090 \text{ m}^2$$

$$A_t = 0.29 + 0.036 + 0.090$$

$$A_t = 0.406 \text{ m}^2$$

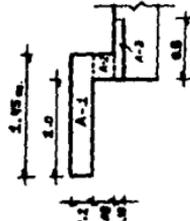
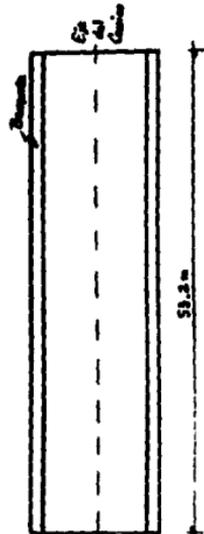
Longitud del puente = 53.2m

Cálculo del volumen total

$$V_t = 0.406 \text{ m}^2 \times 53.2 \text{ m} \times 2 \text{ lados}$$

$$V_t = 43.2 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES DEL
PLANO 80-1.



LOPEZ TREJO RAUL

ETAPA NUMERO SIETE.

Con el cálculo del peso en tabletas tipo I,II,III,IV y V, vedemos estimar la maquinaria adecuada para el montaje de cada elemento pre-esforzado. Llegándose a la necesidad de requerir un tipo de maquinaria como lo es una plataforma y un Pettibone con una capacidad de 50 ton. Esta maquinaria con capacidad tan grande se pidió ver la necesidad que se tenía en el otro puente cercano, llamado puente " EL CRUCERO ", donde también se hacía una ampliación a cuatro carriles, pero con la diferencia de que éste puente, presentaba claros más grandes, teniendo tabletas más grandes y rebustas, con un peso aproximado de 24 ton. Por ello la justificación del empleo de la capacidad gran de de la maquinaria.



PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

MONTAJE DE TABLETAS.

Para tabletas tipo I, II, y III
tenemos un volumen de:

$$Vol = 3.01 \text{ m}^3$$

El peso del concreto de:

$$W = 2.5 \text{ ton/m}^3$$

Tenemos un peso de tableta de:

$$Wt = 3.01 \times 2.5$$

$$Wt = 7.525 \text{ ton.}$$

Para tabletas tipo IV y V

tenemos un volumen de:

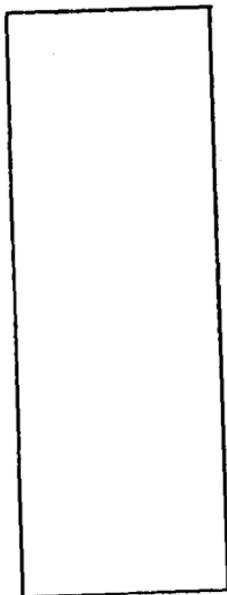
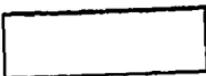
$$Vol = 3.23 \text{ m}^3$$

Cálculo del peso de tableta

tipo IV y V

$$Wt = 3.23 \times 2.5$$

$$Wt = 8.075 \text{ ton.}$$



LOPEZ TREJO RAUL

El programa para el día en que se montaron las tabletas, consistió en una autorización previa del H. Ayuntamiento de Tulancingo Hidalgo, para el cierre completo del libramiento México-Tuxcan, una semana antes del día asignado. Aquí se emplearon medios de comunicación para el aviso oportuno a los usuarios. Marcándose rutas alternas provisionales, atravesando el centro de la ciudad de Tulancingo Hidalgo. Señalándose a los usuarios, el tiempo empleado para el izaje de las estructuras vestensadas, en los dos puentes adyacentes (Puente el Canal y Puente el Crucero), siendo aproximadamente 8 hr. Para la colocación de 20 tabletas en el puente el Canal y de 12 tabletas en el puente el Crucero. Esta actividad comenzó con un trabajo conjunto de maquinaria (plataforma y grúa) en la carga, en el transporte y en el montaje. Colocándose en la plataforma dos tabletas por viaje, con el cuidado de la ubicación de la llave de certante. Siendo de gran importancia la supervisión de un ingeniero civil, para checar los puntos de apoyo de cada tableta.



Estos montajes se hicieron colocando dos tabletas por lado, en forma alternante a los costados del puente, para un equilibrio de pesos en el vicio. Con el cuidado de que para un apoyo entre la tableta y la viga transversal se empleara el mortero con arena ó el grax.



Una vez montadas las tabletas, se colocó con el desdoblado del acre de refuerzo en la losa, para el correcto entrelazado del acero de refuerzo de la tableta en la parte superior, armando de igual forma - el nuevo refuerzo de la losa sobre tabletas, además del acero de la guarnición y bancueta. Delimitando la ubicación de los drenes para aguas pluviales, los puntos para las uniones del caracote nuevo y el gcero de refuerzo de la losa nueva.

FALLA DE ORIGEN

ETAPA NUMERO OCHO Y NUEVE.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

ACERO DE REPUEZO $f'_{cw} = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ EN LOSA, BANQUETA Y PARAPETO.

		LISTA DE VARILLAS						
LOC.	VARS.	DIAM.	CANTIDAD	LONGITUD Metros	CROQUIS	6	9	PESOS
BANQUETA	A1	6C	84	165		80	105	106
	B1	6C	40	145		145	---	57
LOSA	C1	6C	354	164		42	30	3818
	D1	4C	710	260		80	10	1844
LOSA	B7	3C	37	5315		5315	---	9423
	F2	4C	160	74		60	13	170
	A3	4C	710	378		257	15	10589
	A6	5C	710	372		257	15	3012.7
B2	4C	16	5	10		5315	---	820.6
SUMA = 94860 Kg.								

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

VOLUMEN DE CONCRETO EN LOSA; BANQUETAS Y PARAPETOS.

Cálculo del volumen en losa.

$$Vl = 0.10 \times 2.6 \times 53.2 \times 2$$

$$Vl = 27.664 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen en banquetas.

$$Vb = ((0.25 \times 0.5 \times 53.20) + (0.25 \times 0.15 \times 53.20) + (0.20 \times 0.25 \times 53.20)) \times 2$$

$$Vb = 24.206 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen del parapeto.

$$Vp = ((0.7 \times 1.5 \times 0.20) + (1.55 \times 0.20 \times 0.25)) \times 4$$

$$Vp = 1.15 \text{ m}^3$$

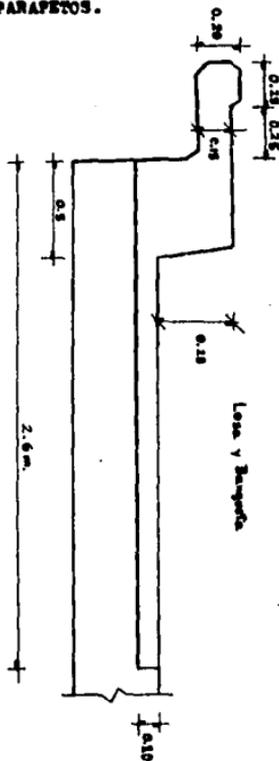
VOLUMEN DE LOSA, BANQUETAS Y PARAPETOS

$$Vlbn = 27.664 + 24.206 + 1.15$$

$$Vlbn = 53.02 \text{ m}^3$$

VER RESUMEN DE MATERIALES EN EL

PLANO E-05.



LOPEZ TREJO RAUL

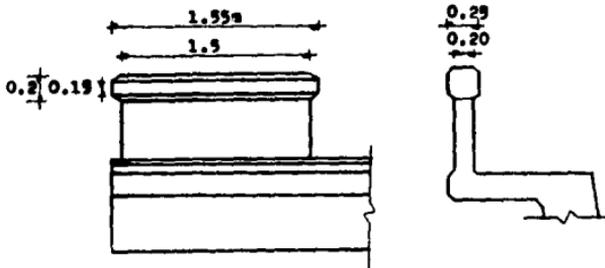
UNAM

TESIS PROFESIONAL pag. 129

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aagen.

PUENTE "EL CANAL"
NUMEROS GENERADORES

PARAPETO



LOPEZ TREJO RAUL

Ya armado el acero de refuerzo, en la losa formada por las tabletas postensadas, se procede al colado de la misma con un concreto de $f'_{c} = 250 \text{ kg/cm}^2$, después del colado de la losa, se arma una pequeña cimbra para el colado de bancuetas y después guarniciones. Esta actividad se realiza de igual forma, en los 2 costados del puente, no existiendo problema alguno.

Se procedió a la colocación del parapeto metálico, soldando las bases con el acero de refuerzo de la nueva losa, para su aplicación posterior de pintura antioxidante, para el parapeto, terminando de esta forma lo que es el procedimiento constructivo.



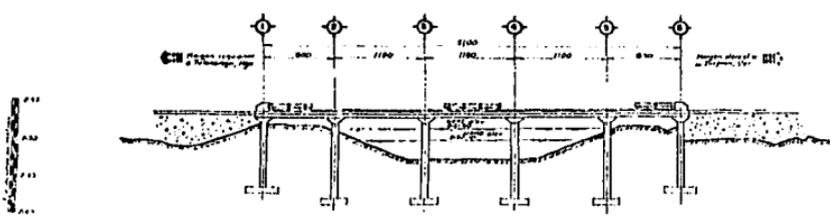
ETAPA NUMERO DIEZ.

Esta etapa se refería a el cierre de un carril, en el cual suuuestamente, ya se había colocado la tableta, se había armado el acero de refuerse para la losa, colocándose losa, bancueta y paravete y por último la colocación del paravete.

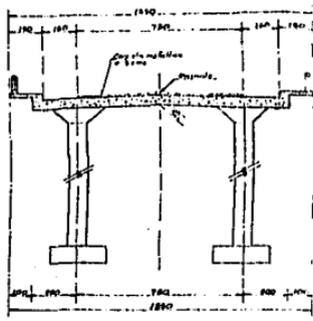
Acuí en obra se suorinió esta etapa, porque no hubo necesidad de mantener todo el tiempo cerrado el carril, sino que tanto el montaje, el colado y la colocación del paravete se realizaren en forma simultanea para ambas costados del puente, presentándose un ahorro económico en montaje, tiempo, y mano de obra.

ANSTOS.

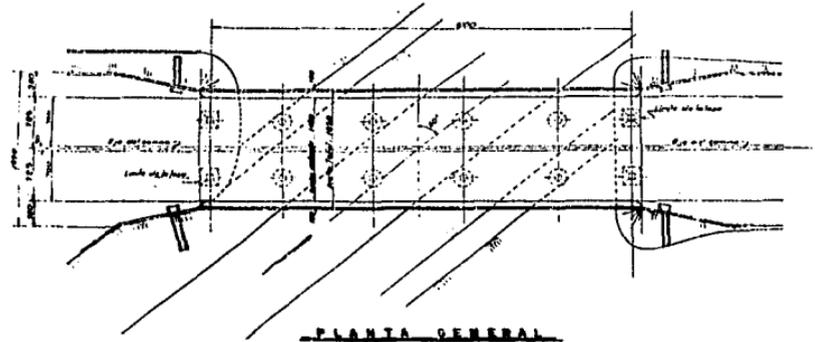
11200 11250 11300 11350 11400 11450



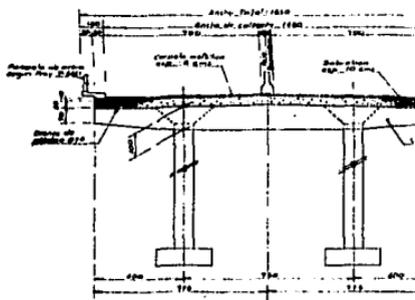
ELEVACION GENERAL



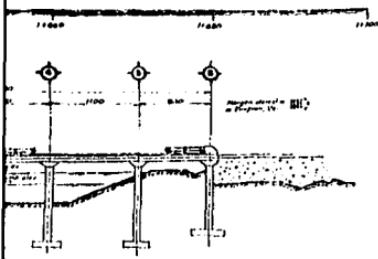
SECCION EXISTENTE



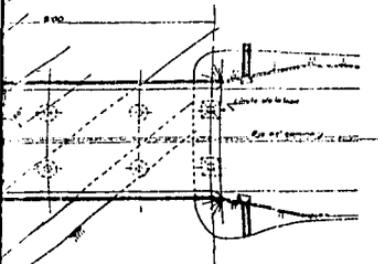
PLANTA GENERAL



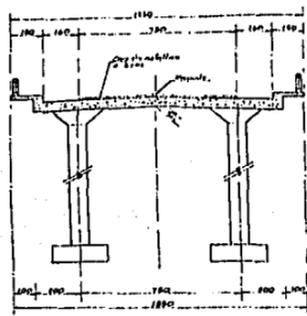
SECCION NUEVA



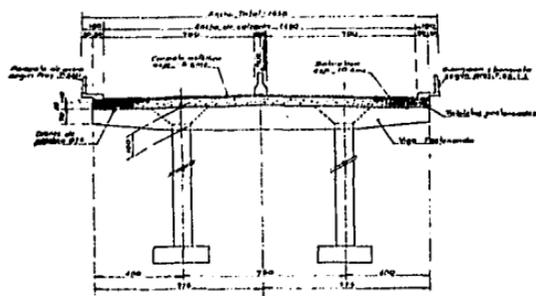
VISION GENERAL



GENERAL



SECCION EXISTENTE



SECCION NUEVA

RESUMEN DE DATOS

1. NOMBRE DEL PROYECTO	PUENTE "EL CANAL"
2. UBICACION DEL PROYECTO	MUNICIPIO DE TULANCINGO, ESTADO DE HIDALGO
3. TIPO DE OBRA	CONSTRUCCION DE PUENTE
4. FECHA DE ELABORACION DEL DISEÑO	1980
5. NOMBRE DEL DISEÑADOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
6. NOMBRE DEL CLIENTE	PRESIDENCIA MUNICIPAL TULANCINGO, HIDALGO
7. NOMBRE DEL EJECUTOR	CONSTRUCCIONES GARCIA
8. NOMBRE DEL ASESOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
9. NOMBRE DEL REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
10. NOMBRE DEL APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCIA
11. NOMBRE DEL DISEÑADOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
12. NOMBRE DEL EJECUTOR DE DETALLES	CONSTRUCCIONES GARCIA
13. NOMBRE DEL ASESOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
14. NOMBRE DEL REVISOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
15. NOMBRE DEL APROBADO DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
16. NOMBRE DEL DISEÑADOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
17. NOMBRE DEL EJECUTOR DE PLANO GENERAL	CONSTRUCCIONES GARCIA
18. NOMBRE DEL ASESOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
19. NOMBRE DEL REVISOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
20. NOMBRE DEL APROBADO DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA

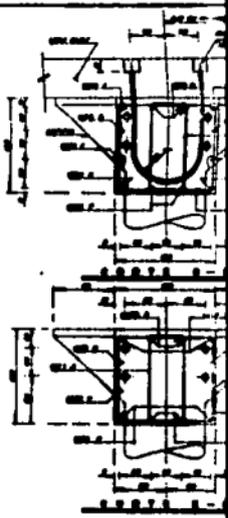
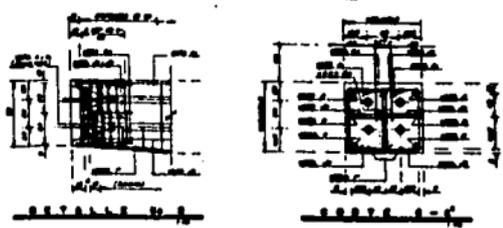
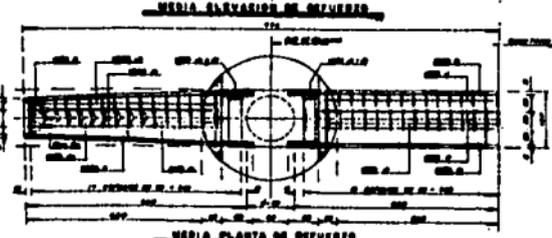
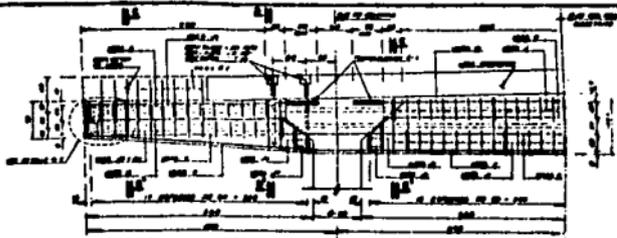
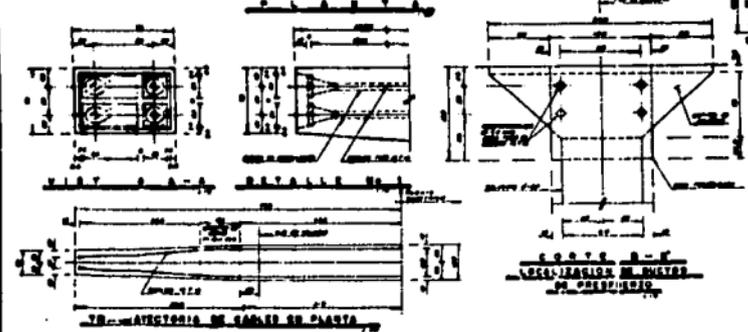
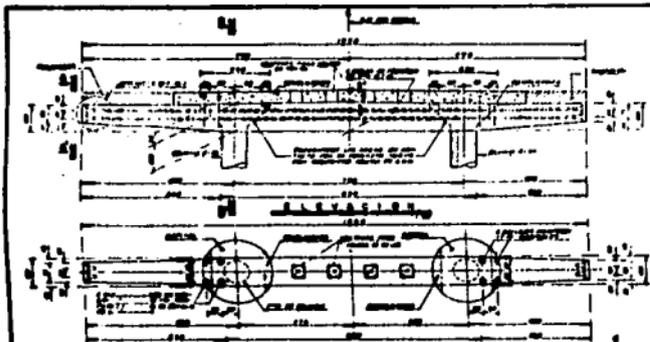
LISTA DE HOJAS DE DISEÑO

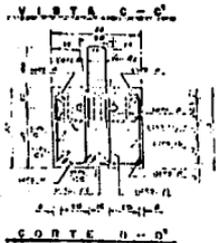
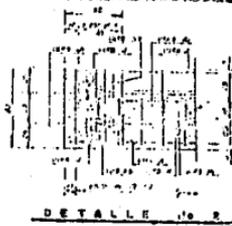
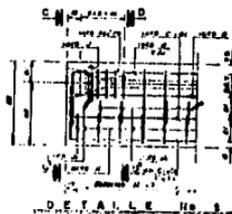
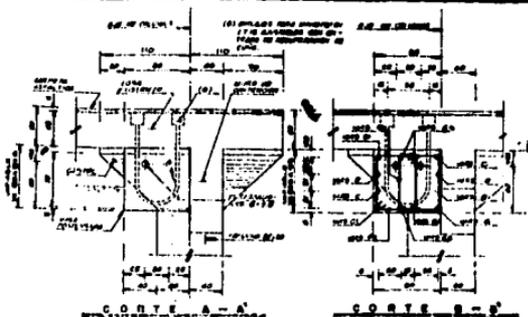
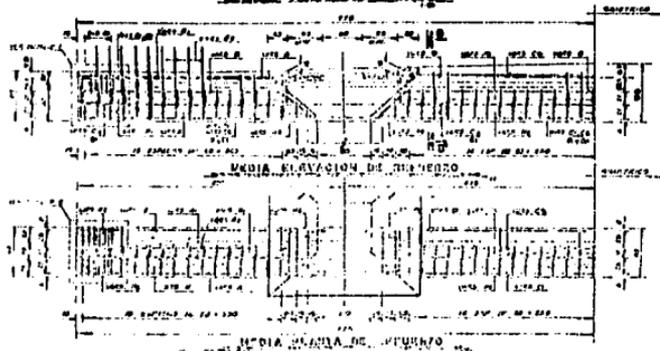
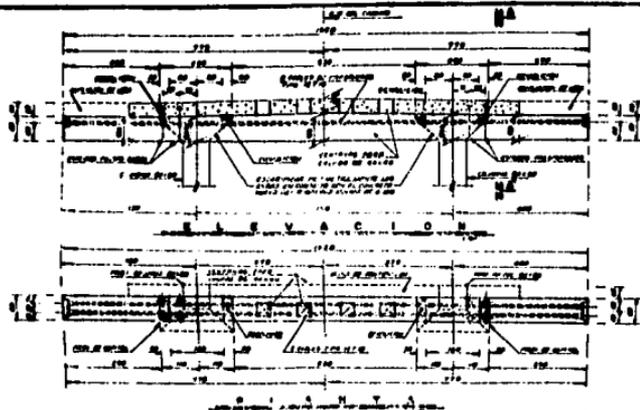
HOJA	DESCRIPCION	FECHA
01	PLANO GENERAL	1980
02	SECCION EXISTENTE	1980
03	SECCION NUEVA	1980

PROYECTO	PUENTE "EL CANAL"
UBICACION	MUNICIPIO DE TULANCINGO, ESTADO DE HIDALGO
TIPO DE OBRA	CONSTRUCCION DE PUENTE
FECHA DE ELABORACION DEL DISEÑO	1980
NOMBRE DEL DISEÑADOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL CLIENTE	PRESIDENCIA MUNICIPAL TULANCINGO, HIDALGO
NOMBRE DEL EJECUTOR	CONSTRUCCIONES GARCIA
NOMBRE DEL ASESOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL DISEÑADOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL EJECUTOR DE DETALLES	CONSTRUCCIONES GARCIA
NOMBRE DEL ASESOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL REVISOR DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL APROBADO DE DETALLES	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL DISEÑADOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL EJECUTOR DE PLANO GENERAL	CONSTRUCCIONES GARCIA
NOMBRE DEL ASESOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL REVISOR DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA
NOMBRE DEL APROBADO DE PLANO GENERAL	ING. JUAN CARLOS GARCIA

PRESIDENCIA MUNICIPAL TULANCINGO, HIDALGO	
TESIS PROFESIONAL	
PUENTE "EL CANAL"	
EN EL PUEBLO DE TULANCINGO, HIDALGO	
PLANO GENERAL	
FECHA	1980
FECHA DE DISEÑO	1980
FECHA DE EJECUCION	1980
FECHA DE APROBACION	1980

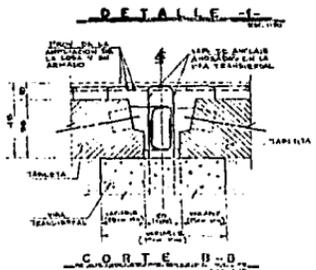
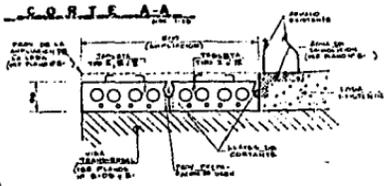
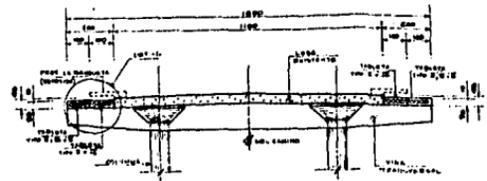
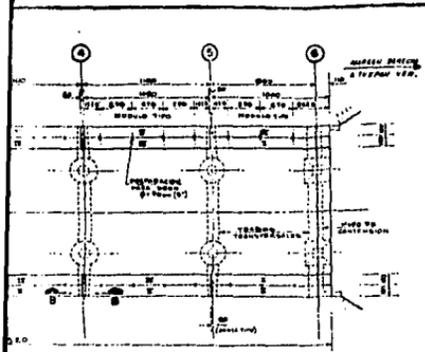
FALLA DE ORIGEN





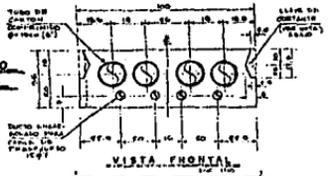
NOTAS

1. Dimensiones en milímetros.
2. Acabados de fachada.
3. Acabados de interiores.
4. Distribución de columnas.
5. Distribución de vigas.
6. Las áreas de concreto en los planos de corte y de elevación están sombreadas.



LOCALIZACION

GEOMETRIA TIPO PARA TABLETAS

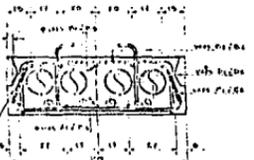


VISTA FRONTAL

NOTA IMPORTANTE:
 1. PARA LAS TABLILLAS TIPO X Y Z SE DEBE USAR UN TIPO DE ACERO PARA ARMADO DE 10 MM DE DIAMETRO.
 2. PARA LAS TABLILLAS TIPO Y Y Z SE DEBE USAR UN TIPO DE ACERO PARA ARMADO DE 12 MM DE DIAMETRO.
 3. PARA LAS TABLILLAS TIPO X Y Z SE DEBE USAR UN TIPO DE ACERO PARA ARMADO DE 10 MM DE DIAMETRO.
 4. PARA LAS TABLILLAS TIPO Y Y Z SE DEBE USAR UN TIPO DE ACERO PARA ARMADO DE 12 MM DE DIAMETRO.

TABLETAS TIPO X Y Z

TABLETAS TIPO Y Y Z

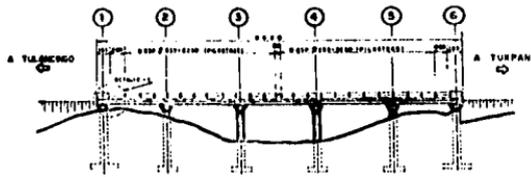


VISTA FRONTAL TIPO

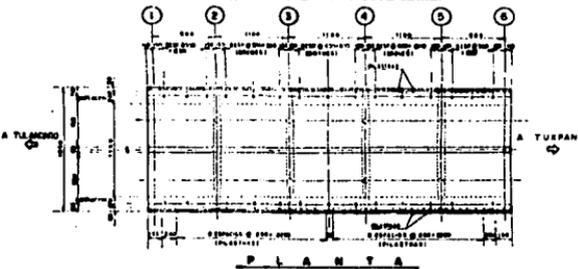
ELEVACIONES

LISTA DE VARILLAS									
NO.	ESPESOR (CM)	LONGITUD (M)	NO. DE VARILLAS	NO. DE BARRAS	NO. DE ANILLOS				
1	10	1000	1000	10	10	10	10	10	10
2	12	1000	1000	10	10	10	10	10	10
3	14	1000	1000	10	10	10	10	10	10
4	16	1000	1000	10	10	10	10	10	10
5	18	1000	1000	10	10	10	10	10	10
6	20	1000	1000	10	10	10	10	10	10
7	22	1000	1000	10	10	10	10	10	10
8	24	1000	1000	10	10	10	10	10	10
9	26	1000	1000	10	10	10	10	10	10
10	28	1000	1000	10	10	10	10	10	10
11	30	1000	1000	10	10	10	10	10	10
12	32	1000	1000	10	10	10	10	10	10
13	34	1000	1000	10	10	10	10	10	10
14	36	1000	1000	10	10	10	10	10	10
15	38	1000	1000	10	10	10	10	10	10
16	40	1000	1000	10	10	10	10	10	10
17	42	1000	1000	10	10	10	10	10	10
18	44	1000	1000	10	10	10	10	10	10
19	46	1000	1000	10	10	10	10	10	10
20	48	1000	1000	10	10	10	10	10	10
21	50	1000	1000	10	10	10	10	10	10
22	52	1000	1000	10	10	10	10	10	10
23	54	1000	1000	10	10	10	10	10	10
24	56	1000	1000	10	10	10	10	10	10
25	58	1000	1000	10	10	10	10	10	10
26	60	1000	1000	10	10	10	10	10	10

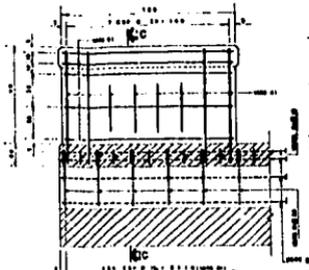
DATOS DE PRESUPUESTO									
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL				
1	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
2	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
3	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
4	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
5	TRABAJO DE CARPINTERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
6	TRABAJO DE ELECTRICISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
7	TRABAJO DE PLUMBERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
8	TRABAJO DE PINTOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
9	TRABAJO DE SIDERISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
10	TRABAJO DE SOLDADOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
11	TRABAJO DE TALLER	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
12	TRABAJO DE VEHICULO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
13	TRABAJO DE MAQUINARIA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
14	TRABAJO DE MATERIAL	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
15	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
16	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
17	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
18	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
19	TRABAJO DE CARPINTERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
20	TRABAJO DE ELECTRICISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
21	TRABAJO DE PLUMBERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
22	TRABAJO DE PINTOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
23	TRABAJO DE SIDERISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
24	TRABAJO DE SOLDADOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
25	TRABAJO DE TALLER	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
26	TRABAJO DE VEHICULO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
27	TRABAJO DE MAQUINARIA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
28	TRABAJO DE MATERIAL	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
29	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
30	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
31	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
32	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
33	TRABAJO DE CARPINTERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
34	TRABAJO DE ELECTRICISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
35	TRABAJO DE PLUMBERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
36	TRABAJO DE PINTOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
37	TRABAJO DE SIDERISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
38	TRABAJO DE SOLDADOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
39	TRABAJO DE TALLER	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
40	TRABAJO DE VEHICULO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
41	TRABAJO DE MAQUINARIA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
42	TRABAJO DE MATERIAL	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
43	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
44	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
45	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
46	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
47	TRABAJO DE CARPINTERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
48	TRABAJO DE ELECTRICISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
49	TRABAJO DE PLUMBERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
50	TRABAJO DE PINTOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
51	TRABAJO DE SIDERISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
52	TRABAJO DE SOLDADOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
53	TRABAJO DE TALLER	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
54	TRABAJO DE VEHICULO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
55	TRABAJO DE MAQUINARIA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
56	TRABAJO DE MATERIAL	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
57	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
58	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
59	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
60	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
61	TRABAJO DE CARPINTERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
62	TRABAJO DE ELECTRICISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
63	TRABAJO DE PLUMBERO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
64	TRABAJO DE PINTOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
65	TRABAJO DE SIDERISTA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
66	TRABAJO DE SOLDADOR	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
67	TRABAJO DE TALLER	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
68	TRABAJO DE VEHICULO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
69	TRABAJO DE MAQUINARIA	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
70	TRABAJO DE MATERIAL	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
71	TRABAJO DE OBRERO	1000	M	1.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
72	TRABAJO DE MAESTRO	100	M	10.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
73	TRABAJO DE AYUDANTE	1000	M	0.50	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
74	TRABAJO DE ALBAÑIL	1000	M	0.50	500.00	500.00	50		



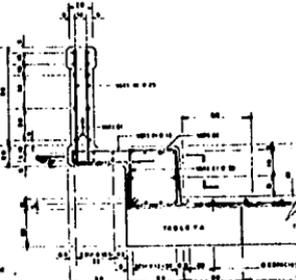
**ELEVACION
POR VISTA DEL CAMINO**



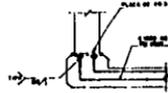
PLANTA



**REMATO DE PARAPETO
REFUERZO**



CORTE C-C



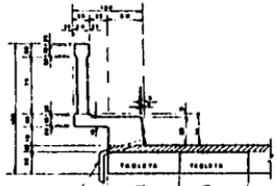
DETALLE - B



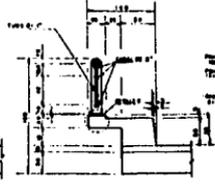
CORTE



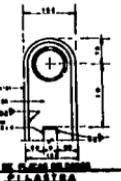
DETALLE - 1



CORTE A-A



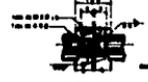
CORTE B-B



DETAJE DE LA ALBERTA



**TIPO CON PILETA CANAL CON ALBERTA
CONEXIONES FIJAS**



TIPO CON PILETA



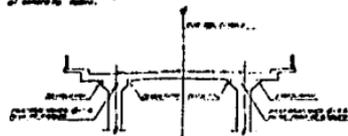
CORTE D-D

CANAL CON ALBERTA

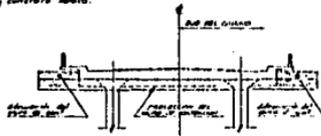
CONEXIONES MOVILES

ETAPA I

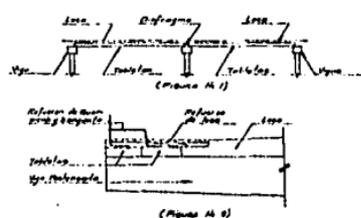
1. Hacer directamente un zapicho de concreto.
2. Hacer, posteriormente, de 10 a 15 cm para el peso de cables de profundos horizontales y cables perpendiculares.
3. Construir con una regularidad máxima de 6 mm las áreas de contacto con el concreto base.

**ETAPA II**

1. Adosar de nuevo de concreto en esp. 1 y 6.
2. Reforzar con una regularidad máxima de 6 mm las áreas de contacto del muro de contención con el concreto base.
3. Hacer un zapicho de concreto para conectar cables y concreto base.

**ETAPA III**

1. Hacer tablas profundas. (Fig. N. 1)
2. Construir el refuerzo del exterior de la base. (Fig. N. 2)
3. Hacer el muro exterior de los cables horizontales, usando el refuerzo de anclaje de barajas y guarniciones correspondientes.

**ETAPA IV**

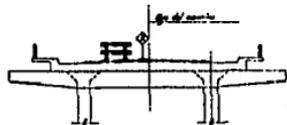
1. Hacer a la altura del corral y corral.
2. Repetir los pasos de las etapas I a III.

**ETAPA V**

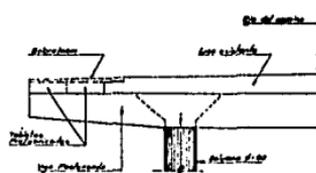
1. Colar, armar y verter la viga entre columnas precediendo a la colocación de la zona de concreto de la columna adyacente.
2. Hacer un zapicho en el fondo de la columna para conectar columnas y concreto base.
3. Colar cables del pedestal.

**ETAPA VI**

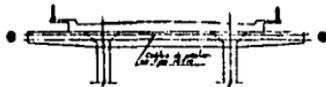
1. Correr la estructura en un solo para realizar trabajos, evitando entablados.

**ETAPA VII**

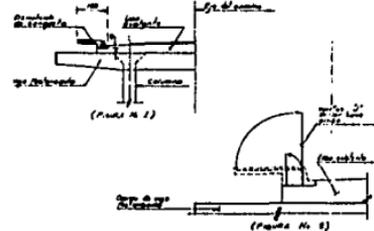
1. Colar la estructura en la base y columnas.

**ETAPA VIII**

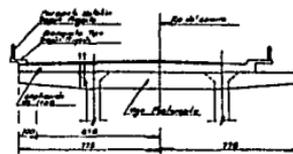
1. Hacer la viga arriba de la columna entre columnas en los frentes de proyección.

**ETAPA IX**

1. Hacer para el refuerzo de la columna de concreto. (Ver Fig. N. 1)
2. Construir el refuerzo de la base en el interior y exterior de la base para el momento. (Ver Fig. N. 2)

**ETAPA X**

1. Colar barajas y guarniciones.
2. Hacer el refuerzo exterior.
3. Hacer el refuerzo profundo.



CONCLUSIONES

Con la realización física de este proyecto, logramos un equilibrio de tránsito deseado en las horas críticas del flujo vial, teniendo una mejor eficiencia en la carga vehicular. Cumpliéndose los objetivos planteados en cada etapa del proceso constructivo. Lográndose una optimización adecuada en los recursos materiales, económicos y humanos para la realización de la obra.

RECOMENDACIONES.

FALLA DE ORIGEN

RECOMENDACIONES QUE SE DEBEN LLEVAR A CABO EN OBRA.

1- Cuidar la relación agua-cemento, así como la de los agregados, en la elaboración del concreto en obra.

2- Verificar que el agua suministrada en la obra sea:

- incolora
- inodora
- inacidada

Es decir que se cuente con agua potable, libre de sales en un 100%.

3- Observar el correcto amasado, que realizan los trabajadores para las muestras de cilindros moldeados en el laboratorio para pruebas de resistencia.

4- Cuidar algunos cilindros en obra, en forma segura, con el fin de igualar las condiciones atmosféricas tanto del frente de trabajo como de las muestras obtenidas. Tenga en cuenta que el propósito es que los resultados obtenidos se asemejen aún más a los resultados esperados en la obra misma.

FALLA DE ORIGEN

APENDICE A.

DEFINICIONES.

- 1- Pretensado y postensado. Cualquier método para preesforzar miembros de concreto en el cual el refuerzo es tensado antes (después) de que se cuele el concreto.
- 2- Preesfuerzo completo y parcial. Grado de preesfuerzo que se aplica al concreto en el cual no se admite (se admite alguna) tensión en el concreto bajo las cargas de trabajo.
- 3- Preesfuerzo circular y lineal. El preesfuerzo circular se refiere al preesforzado de miembros redondos como tanques de almacenamiento y tubos; se denomina lineal al preesforzado en todos los demás miembros.
- 4- Transferencia. La transferencia del preesfuerzo al concreto. En los miembros pretensados, la transferencia se verifica al relevar el preesfuerzo de los macizos de apoyo; en los miembros postensados, después de completar el proceso del tensado.
- 5- Refuerzo adherido y no adherido. Refuerzo adherido (no adherido) en toda su longitud al concreto circundante.
- 6- Refuerzo anclado y no anclado en los extremos. Refuerzo anclado en sus extremos (no anclado) por medio de dispositivos mecánicos capaces de transmitir la fuerza del tensado al concreto.
- 7- Refuerzo preesforzado y no preesforzado. Refuerzos en los miembros de concreto preesforzado, que se alarzan (no se alargan) con respecto al concreto circundante.
- 8- Tendones. Otro nombre para los refuerzos preesforzados, ya sean alambres, varillas o cables.

FALLA DE ORDEN

- 9- Cables. Un grupo de tendones, e el centro de gravedad del acero (c.a.s.), de todos los tendones.
- 10- Cables concordantes y no concordantes. Cables e líneas c.a.s. que producen una línea C ó línea de presión coincidente (no coincidente) con la misma línea c.a.s.
- 11- Carga de trabe, carga de trabajo, carga de servicio, carga de agrietamiento y carga de ruptura. CARGA DE TRABE: El peso de la viga e de la trabe misma, más cualquier peso adicional que este sobre ella en el momento de la transferencia. CARGA DE TRABAJO O CARGA DE SERVICIO: La carga total máxima que la estructura llevará normalmente por especificación e que se supone que llevará. CARGA DE AGRIETAMIENTO: La carga total requerida para que se inicien las grietas en un miembro de concreto reforzado. CARGA DE RUPTURA: La carga total que puede soportar un miembro e una estructura hasta la ruptura total.
- 12- Factor de carga. La relación de la carga de agrietamiento ó de la carga de ruptura a la carga de servicio e de trabajo - (algunas veces sólo se considera la carga viva cuando así se especifica).
- 13- Contracción del concreto. Contracción del concreto debida al secado y a cambios químicos, dependiente del tiempo, pero no directamente del esfuerzo inducido por la carga externa.

FALLA DE ORIGEN

APENDICE B.

CATALOGO DE CABLES DE LA COMPANIA FREYSSINET.

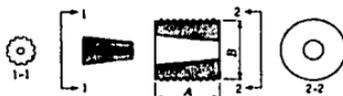
Sistema Freyssinet

(a) Alambres (diámetros 0.196" y 0.276")

Características del cable

Tamaño del cable	12/0.196	18/0.196	12/0.276
Área nominal de acero, pig ²	0.363	0.543	0.718
Resistencia a la ruptura, lb	80 000	135 000	168 800
Carga máxima tensado, lb (80% ruptura)	72 000	106 000	135 000
Carga máxima diseño, lb (60% ruptura)	54 000	81 000	101 100
Peso del cable sin incluir envol- tura, lb/pie	1.23	1.85	2.45
Diámetro recomendado del orificio	1 1/4 pig	1 1/4 pig	1 1/4 pig

Dimensiones del anclaje



Dimensiones de los conos

Tamaño del cable Núm. de alambres/diáme- tros del alambre, pig	A	B
12/0.196	4"	3 1/2"
18/0.196	4 1/2"	4 1/2"
12/0.276	4 1/2"	4 1/2"

FALLA DE ORIGEN

Sistema Freyminet

(a) Alambres (diámetros 5 mm y 7 mm)

Características del cable

Sistema métrico

Tamaño del cable	12/0.50	12/0.50	12/0.70
Área nominal de acero, cm ²	3.335	3.502	4.631
Resistencia a la ruptura, kg	40 815	61 223	79 414
Carga máxima tensado, kg (80% ruptura)	32 652	48 978	61 933
Carga máxima diseño, kg (60% ruptura)	24 489	36 733	45 849
Peso del cable sin incluir envoltura, kg/m	1.830	2.722	3.645
Diámetro recomendado del orificio	2.85	3.91	3.61

Dimensiones de anclaje

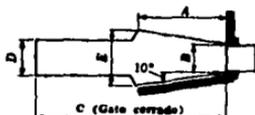
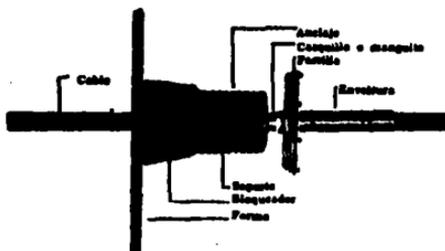


Dimensiones de los arcos

Tamaño del cable Núm. de alambres/diámetros de alambre, cm	A	B
12/0.50	10.16	9.84
12/0.50	12.38	12.38
12/0.70	12.38	12.38

FALLA DE ORIGEN

Vista del armado



Cierros para el gato
(pulgadas)

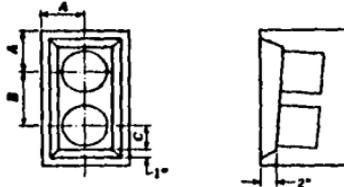
Tipo de anclaje	A	B	C	D	E
12/0.196	11"	4"	23"	5"	6"
18/0.196	17"	5½"	36"	7"	11"
12/0.276					

Cierros para el gato
(centímetros)

Tipo de anclaje	A	B	C	D	E
12/0.49	27.94	10.16	58.42	12.70	15.24
18/0.49	43.18	13.97	91.44	17.78	27.94
γ					
18/0.70					

FALLA DE ORIGEN

Detalles de la zona del extremo



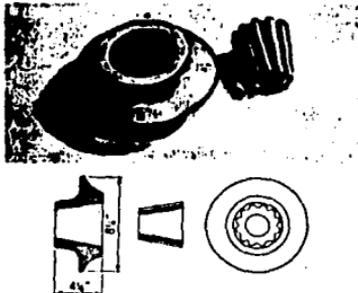
	Pulgadas				Centímetros		
	A	B	C		A	B	C
12/0.196	4"	5"	2 1/2"	12/0.49	10.16	12.70	6.35
18/0.196	5"	6 1/4"	3"	18/0.49	12.70	16.51	7.62
12/0.276	5 1/4"	6 1/4"	3"	12/0.70	13.97	16.51	7.62

(b) Cable (cables de 7 alambres de 1.27 cm)

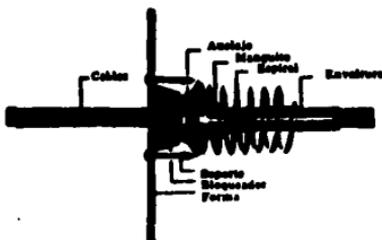
Características del cable

1. Área nominal de acero	1.73 pig ²	11.16 cm ²
2. Resistencia a la ruptura del cable	43,000 lb	195 012 kg
3. Carga máxima de tensado (75% de ruptura)	32,000 lb	146 034 kg
4. Carga máxima de diseño (60% de ruptura)	25,000 lb	117 000 kg
5. Peso del cable (sin incluir envoltura)	5.93 lb	2.68 kg
6. Diámetro recomendado de la perforación (I.D.)	3" pig	6 666 cm

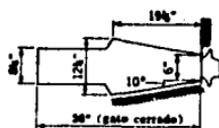
Dimensiones del anclaje



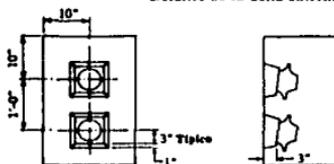
Vista del armado



Claros para el gato



Detalles de la zona extrema



Nota: Todas las dimensiones son mínimas. Para condiciones especiales, consulte con PCD Equipment Corporation.

CARACTERISTICAS DE CABLES Y GATOS EMPLEADOS EN EL PREESTRADO.

Cable tipo	Fase en (kg/m)	Area de la sección (mm ²)
# 36	8.450	1 018.00
# 32	6.660	804.00
12T13 (1)	9.360	1 198.00
12 # 7 (3)	3.700	462.00
1T15 (5)	1.102	139.17
12T15 (2)	13.220	1670.00
10T13	7.800	990.00

GATO	AREA DEL PISTON (cm ²)
RHC 1003	132.90
RC 2	37.20
TITAN	36.84
ROH 306	46.58
ROH 603 (5)	85.50
U 5 (3)	157.80
S 6 (1)	300.00
K 350 (2)	490.00
K 500	765.80
K 1000	1 431.00

FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA.

- **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO.**
T.Y. LIN.
EDITORIAL CONTINENTAL S.A. DE MEXICO.
- **CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO.**
BEN C. GERWICH, Jr.
EDITORIAL LIMUSA.
- **CONCRETO PREESFORZADO**
NARBE Y KHACHATORIAN, GERMAN GURPINKEL.
EDITORIAL DIANA DE MEXICO.
- **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO.**
ARTHUR H. NILSON.
EDITORIAL NORIEGA LIMUSA.

FALLA DE ORIGEN