

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA



CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO DE
ELEMENTOS DE CONCRETO PREEFORZADO

R
08
T(284)

JOSE LUIS GARCES DE MARCILLA BOBES

Guatemala, Marzo de 1973.

T(269)C

B 08

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGA'
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO DE
ELEMENTOS DE CONCRETO PREESFORZADO



INGENIERO CIVIL

Guatemala, Marzo de 1973.

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGA'
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

DL
DB
T(269)C

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano: *Ing. Hugo Quán Má*

Vocal Primero: *Ing. Marco Tulio Samayoa*

Vocal Segundo: *Ing. Rodolfo González M.*

Vocal Tercero: *Ing. Adolfo Behrens*

Vocal Cuarto: *Br. Jorge Luis Cabrera*

Vocal Quinto: *Br. Manuel María Rendón P.*

Secretario: *Ing. José Luis Terrón*

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano en Funciones: *Ing. Marco Tulio Samayoa*

Examinador: *Ing. Roberto Zepeda*

Examinador: *Ing. Guillermo Guzmán Chinchilla*

Examinador: *Ing. Roberto E. Lou Má*

Secretario: *Ing. Eduardo Martínez Balsels*

**TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

A MIS PADRES:

José Luis

y

Montserrat

A MI ESPOSA:

Mayda

A MI HIJA:

Gloria María

CONTENIDO

	<i>Página</i>
I. INTRODUCCION	1
I.1 EL PREEFUERZO	1
I.2 NACIMIENTO DEL CONCRETO PREEFORZADO	1
I.3 APLICACION DE PREEFUERZO A OTROS MATERIALES	2
I.4 CONCRETO PREEFORZADO	3
I.5 D I F E R E N C I A E N T R E P R E T E N S A D O Y P O S T E N S A D O	6
II. PREEFUERZO DE LA PREFABRICACION	9
II.1 BANCOS DE PRETENSION	0
II.2 FORMALETAS Y MOLDES	11
II.3 EQUIPOS DE EXTRUSION	12
II.4 MOVIMIENTO Y TRANSPORTE	13
III. APLICACION EN LOSAS PREEFORZADAS	15
III.1 LOSAS TOTALMENTE PREFABRICADAS	15
III.2 LOSAS PREEFORZADAS IN SITU	20
III.3 CONSTRUCCION MIXTA	21
IV. MUROS DE CONTENCION	25
IV.1 SOTANOS DE EDIFICIOS ALTOS	25
IV.2 MALECONES	25
IV.3 TANQUES DE DEPOSITO DE AGUA	26
IV.4 PREEFUERZO CIRCULAR	27

	<i>Página</i>
V. PREESFUERZO EN EDIFICACIONES INDUSTRIALES	29
V.1 COLUMNAS	29
V.2 VIGAS DE CARGA PRINCIPALES	30
V.3 CUBIERTAS	30
V.4 PAREDES	32
VI. CONCRETO PREESFORZADO EN PUENTES	35
VI.1 COSTO INICIAL	35
VI.2 MANTENIMIENTO	36
VI.3 ESTETICA	36
VI.4 TIEMPO DE CONSTRUCCION	
VI.5 SEGURIDAD CONTRA INCENDIO	37
VI.6 TIPOS GENERALES DE PUENTES DE CONCRETO PREESFORZADO	37
BIBLIOGRAFIA.	41

PROLOGO

Cada día cobra mayor importancia, en nuestro medio, el uso del concreto preesforzado en todo tipo de estructuras e infraestructuras.

Actualmente en Guatemala se están utilizando estructuras y elementos de concreto preesforzado por valor de muchos miles de Quetzales.

En el año de 1971 se calcula que el costo de estructuras con elementos de concreto preesforzado usados en Guatemala alcanzó un total de aproximadamente Q.1,800,000.00. Para 1972 se estima un total de Q.2,400,000.00.

En los años anteriores se ha notado que el uso de dichas estructuras y elementos ha ido aumentando a una rata de crecimiento del 20o/o al 30o/o anual lo cual nos indica que cada día es mayor el número de profesionales de la ingeniería y la arquitectura que se interesan por sus ventajas.

La fabricación en Guatemala de elementos de concreto preesforzado comenzó en el año de 1961 y en diez años se ha perfeccionado a tal grado que es posible utilizar estos elementos en estructuras e infraestructuras sumamente sofisticadas.

Las ventajas que ofrece el preesfuerzo son muchas y muy variadas; entre las más importantes podríamos mencionar: la facilidad de cubrir grandes luces a un costo más económico que con los sistemas convencionales de concreto armado y además, la rapidez y facilidad de erección de las estructuras, lo que redundará en disminución de una serie de gastos indirectos.

Para obtener una mayor versatilidad y economía al usar elementos de concreto preesforzado es necesario tener un criterio amplio sobre las posibilidades que ofrece, los problemas que se pueden presentar y las combinaciones de elementos que podemos usar dentro de una estructura determinada.

Este trabajo pretende, en una forma rápida y sencilla, proveer elementos de juicio básicos para formarse un criterio adecuado sobre las posibilidades de uso del concreto preesforzado.

CAPITULO I

INTRODUCCION

I.1.- EL PREESFUERZO

El preesfuerzo consiste en proveer esfuerzos permanentes a una estructura o elemento estructural, que sirvan para contrarrestar los esfuerzos producidos por las cargas a que estén sometidos en las condiciones de servicio para las cuales se ha diseñado.

I.2.- NACIMIENTO DEL CONCRETO PREESFORZADO

El principio básico del preesfuerzo fue aplicado por primera vez al concreto en el año 1886 por el ingeniero P. H. JACKSON en San Francisco, California, él patentó un sistema de tensar barras de acero y utilizarlas con piedras artificiales y arcos de concreto para losas de pisos. En el año 1888 C. E. W. DOEHRING de Alemania patentó un sistema de concreto reforzado en el cual el acero era tensado antes de que la losa estuviera cargada.

Ambos se basaban en el hecho de que el concreto posee gran resistencia a la compresión pero prácticamente ninguna a la tensión y que al tensar el acero del refuerzo se lograría producir en el concreto un esfuerzo de compresión capaz de contrarrestar los esfuerzos de tensión.

Estos primeros métodos patentados no daban resultado pues se usaba acero estructural ordinario y la tensión producida por el "estiramiento" del acero se perdería con la contracción y el escurrimiento plástico del concreto.

Fue hasta 1928, en Francia que se desarrolló el concreto preesforzado como tal, lo cual se debe a Eugene Freyssinet. El usó alambres de acero de alta-resistencia para el preesfuerzo. Tales alambres con resistencia a la ruptura de hasta 250,000 p.s.i.

y un límite elástico (yield point) mayor de 180,000 p.s.i. se preesforzaron hasta cerca de 150,000 p.s.i. produciendo una deformación unitaria de:

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

$$\delta = \frac{150,000.00}{30,000,000.00}$$

$$\delta = 0.0050$$

asumiendo una pérdida total de 0.0008 debido a la contracción del concreto y otras causas, tenemos una deformación unitaria neta de $0.0050 - 0.0008 = 0.0042$ que permanecerá en los alambres, la cual producirá un esfuerzo unitario de:

$$f = E \delta$$

$$f = 30,000,000 \times 0.0042$$

$$f = 126,000 \text{ p.s.i.}$$

lo cual ya es suficientemente alto como para lograr el efecto deseado.

I.3.- APLICACION DEL PREESFUERZO A OTROS MATERIALES

No sólo para concreto sirve el principio de preesfuerzo. Podemos preesforzar estructuras de madera, vigas de acero, y una gran variedad de miembros y formas.

En cualquier tipo de estructura podemos usar el preesfuerzo para equilibrar los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas en las condiciones de servicio, logrando, en esta forma, usar miembros más esbeltos y económicos. Pero no es sino

en los elementos de concreto, donde encuentra su mejor aplicación debido a las características innatas del concreto de resistir esfuerzos grandes de compresión y no así esfuerzos de tensión.

Podemos definir una estructura preesforzada como "aquella en la cual se han introducido esfuerzos internos de tal magnitud y distribución, que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado dado".

I.4.- CONCRETO PREESFORZADO

La forma más común del concreto preesforzado, en la actualidad, es el concreto cuyos esfuerzos resultantes de cargas exteriores se equilibran por esfuerzos producidos preesforzando los refuerzos colocados en la estructura.

A fin de que podamos utilizar el concreto preesforzado con inteligencia y comprensión, es necesario conocer, al menos superficialmente, el comportamiento de este tipo de estructuras desde dos estados de esfuerzos que expongo a continuación:

1. *El primer estado es considerar el concreto preesforzado, esencialmente, como "una estructura de concreto en la cual los cables proporcionan el preesfuerzo al concreto".*

De esta manera el concreto se visualiza como estando sujeto a dos sistemas de fuerzas: preesfuerzo y carga exterior, con los esfuerzos de tensión debidos a la carga exterior equilibrados por los esfuerzos de compresión debidos al preesfuerzo.

Mientras no existan grietas, los esfuerzos, deformaciones y deflexiones del concreto debidos a los dos sistemas de fuerzas, se pueden considerar separadamente y superponerse.

Consideremos, en su forma más simple, una viga rectangular, simplemente apoyada, con cargas exteriores y preesforzada por un cable colocado en su eje centroidal, Fig.

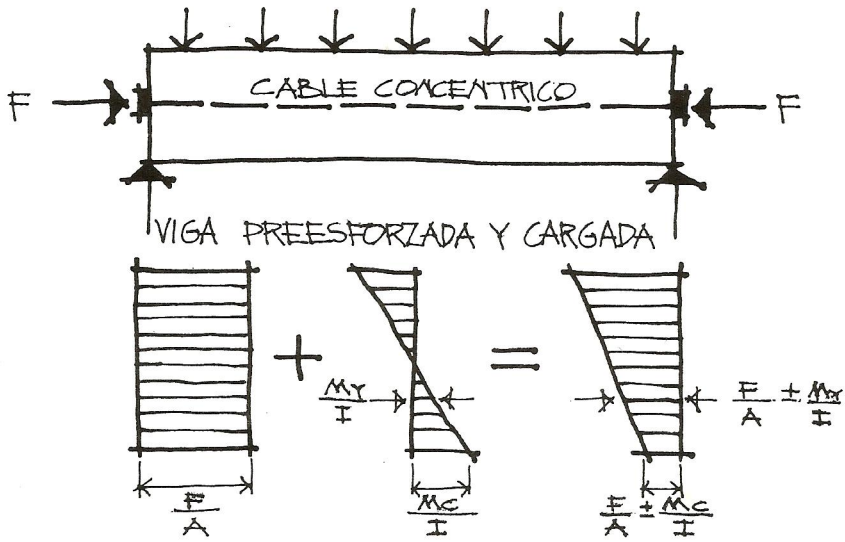


Fig. I.4.1. Distribución de esfuerzos en la sección transversal de concreto preesforzado concéntricamente.

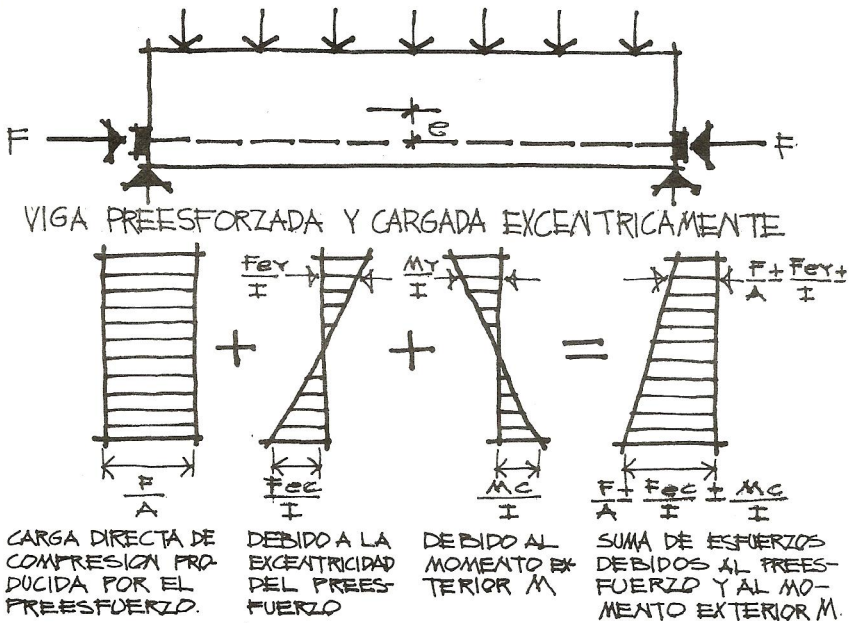


Fig. I.4.2. Distribución de esfuerzos en la sección preesforzada excéntricamente.

y el esfuerzo producido por este momento será:

$$f = \frac{F e y}{I}$$

y al efectuar la superposición de esfuerzos tendremos:

$$f = \frac{F}{A} + \frac{F e y}{I} + \frac{M y}{I}$$

que es la distribución de esfuerzos resultante.

Este estado de esfuerzos nos mantiene la pieza en el rango del análisis elástico y el elemento es perfectamente resistente.

2. **El segundo estado es considerar que “el acero y el concreto actúan conjuntamente, el acero toma la tensión y el concreto la compresión y entre ambos forman un PAR resistente al momento exterior”.**

Esta condición ocurre cuando el concreto ha llegado a esfuerzos de tracción que agrieten el concreto: generalmente ésta es la verificación para el diseño a cargas de ruptura.

Este punto de vista se asemeja al concepto utilizado para concreto reforzado, y la diferencia básica consiste en que el acero de preesfuerzo es de gran resistencia a la tensión y tendrá que alargarse considerablemente antes de que pueda utilizarse toda su resistencia. Por eso, si este acero de alta resistencia se colocara como acero de refuerzo en concreto reforzado común, el concreto tendría que agrietarse bastante antes de que se desarrolle en el acero su resistencia completa. Es por eso que este tipo de acero necesita prealargarse con respecto al concreto.

Teniendo en cuenta lo anterior, notamos que el concreto preesforzado no puede desarrollar milagros más allá de la resistencia de sus materiales.

Aunque debe emplearse mucho ingenio en el cálculo adecuado de las estructuras de concreto preesforzado, no hay absolutamente ningún método mágico que impida la necesidad eventual de equilibrar un momento exterior mediante un PAR interno y ese par resistente interno debe ser proporcionado por el concreto en compresión y el acero en tensión, ya se trate de concreto preesforzado o reforzado.

Una vez percibido este punto de vista se comprenderá fácilmente la semejanza entre el concreto preesforzado y el reforzado.

I.5.- DIFERENCIA ENTRE PRETENSADO Y POSTENSADO

Es creencia muy generalizada que el concreto preesforzado sólo puede ser pretensado o postensado, sin embargo esto no es correcto pues existen otros tipos de preesfuerzo. Aunque generalmente pensamos sólo en el preesfuerzo interno efectuado por medio de cables de acero de alta resistencia, es necesario mencionar que en algunas ocasiones es posible preesforzar una estructura de concreto ajustando sus reacciones exteriores.

Ejemplo de preesfuerzo externo de este tipo puede ser el método de la compensación del arco, en el que un arco es preesforzado con el uso de gatos aplicados a sus estribos.

Existe también, entre otros, el preesfuerzo circular, vocablo este aplicado a estructuras circulares preesforzadas, en que los cables del preesfuerzo se enrollan en círculos, tales como tanques, silos, tubos, etc. De este tipo de preesfuerzo daremos ciertos detalles en el capítulo III.

En este trabajo daremos mayor importancia al preesfuerzo interno y esencialmente hablaremos de pretensado y postensado.

La diferencia básica entre pretensado y postensado consiste en el momento de aplicar la fuerza de preesfuerzo; en el

pretensado la fuerza se aplica al acero antes de fundir el concreto por medio de masivos provisionales y en la postensión se aplica la fuerza después de fundido el concreto y alcanzado su resistencia inicial requerida.

CAPITULO II

PREESFUERZO EN LA PREFABRICACION

En la construcción convencional siempre se ha hecho uso de la prefabricación de elementos, tanto en concreto reforzado como en hierro, madera, etc.

En mayor o menor escala, los constructores y arquitectos desde hace varios siglos, se las han ingeniado para prefabricar ciertos elementos con fines económicos, funcionales y de ahorro de tiempo. Son precisamente estas las causas principales del nacimiento del concreto pretensado.

En esencia, podemos citar 4 factores básicos por los cuales es, en gran parte de los casos, conveniente el empleo del concreto preesforzado en general:

- a) *Economía en los materiales por disminuir las secciones y soportar cargas mayores.*
- b) *Facilidad de cubrir grandes luces.*
- c) *Ahorro considerable de tiempo.*
- d) *Economía de la producción industrial en gran escala.*

II.1.- BANCOS DE PRETENSION

Para fabricar elementos de concreto pretensado es necesario un método de tensado y anclaje de los cables antes de haber fundido el concreto y para esto se usan los llamados "BANCOS DE PRETENSION".

Un banco de pretensión está formado por dos cabezales anclados a una cierta distancia, (puede ser hasta varios cientos de metros en plantas de gran volumen de producción) entre ambos

cabecales se estiran los cables o alambres (Fig. II.1.) mediante el uso de gatos hidráulicos o mecánicos.

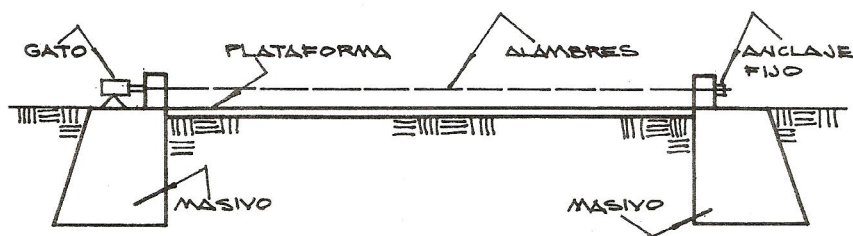


Fig. II.1.1. Banco de pretención. Esquema de los elementos necesarios.

Los cabecales pueden estar anclados en los extremos del banco, independientes de la plataforma (Fig. II.1.1.) o bien unidos a esta. El tipo de plataforma larga con los cabecales en sus extremos puede resultar muy costosa pero, estando propiamente diseñada puede servir para dos propósitos más; Primero: se pueden instalar en la parte media o intercalados uno o más cabecales adicionales y así es posible tensar alambres cortos, reduciendo el costo que implica el desperdicio de alambres cuando no es necesario fundir a todo el largo de la plataforma; Segundo: el diseño también puede hacerse para soportar cargas verticales, lo que permite tensar cables doblados.

Cuando el concreto ha fraguado lo suficiente para soportar el preesfuerzo, se cortan los alambres y el preesfuerzo se transfiere al miembro mediante la adherencia entre el concreto y el acero.

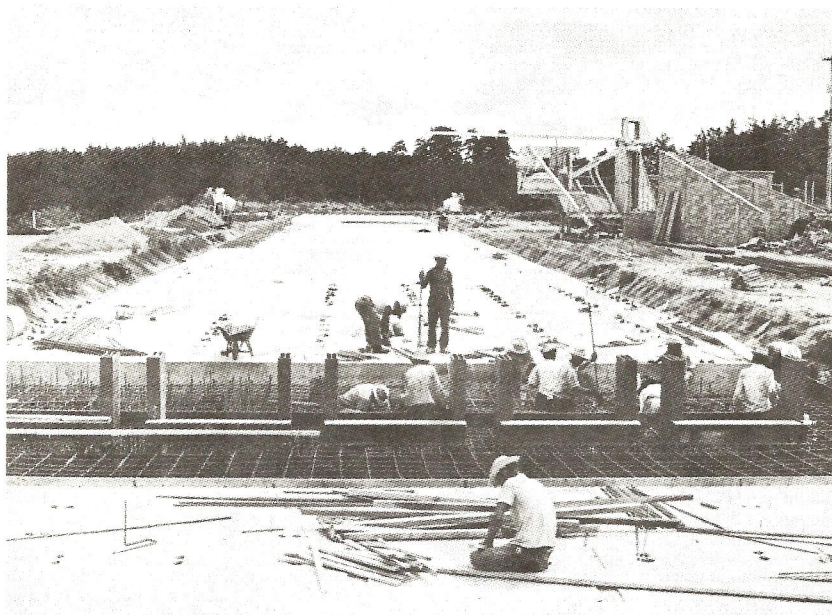
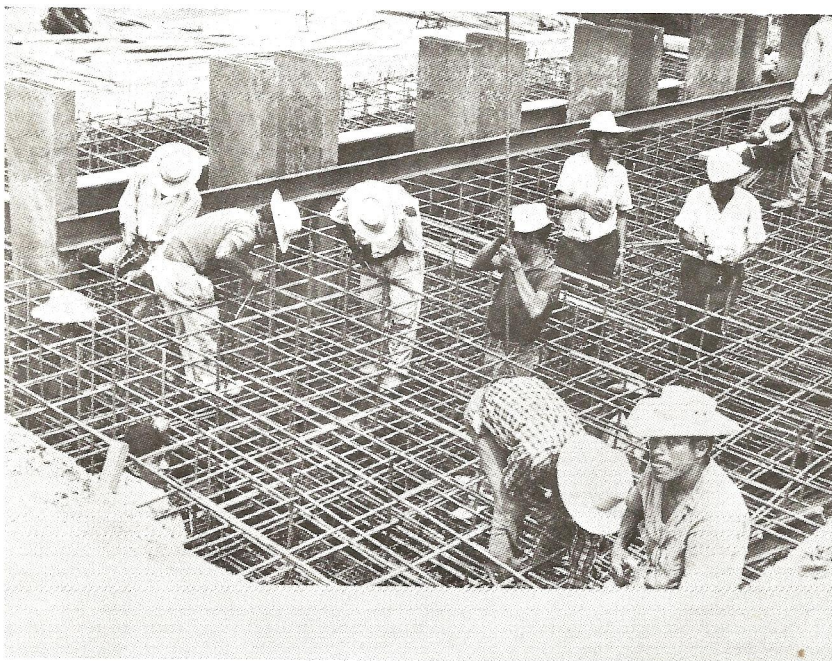


Fig. II.1.2. Vista parcial de la construcción de un banco de preesfuerzo en Guatemala. Armado de los masivos.



II.2.- FORMALETAS Y MOLDES

Hago uso de los términos "formaletas y moldes" pues aunque ambos son utilizados para dar la forma deseada al miembro que se fabrica, la primera es hecha de madera generalmente y servirá para una cantidad de usos relativamente pequeña y por lo general, para miembros con formas especiales y de poco volúmen de producción, los segundos, llamados "moldes" son aquellos hechos de un material más resistente y duradero por ejemplo, acero y que servirán para la producción en serie de miembros con la misma forma.

El uso de moldes es muy conveniente pues aunque su costo inicial es mucho mayor que el de la formaleta, su utilización repetida diariamente hará que este costo inicial sea diluído rápidamente y con el uso continuo llegará a influir en forma casi despreciable en el costo total de los miembros producidos.

Sin embargo, en muchas ocasiones, para determinado proyecto, necesitamos de un tipo de miembro con forma especial en ese caso será necesario construir una o varias formaletas para lograr la forma deseada. En este caso, el costo de la formaleta influirá directamente en el costo total del miembro deseado.

Si este miembro va a ser utilizado en tal cantidad que el costo de dicha formaleta sea de poca influencia, obtendremos costos adecuados, pero si no es ese el caso, es preferible tratar de usar una de las formas para las cuales se dispone de moldes, teniendo la libertad de hacerle ciertas variantes.

Es muy importante, para el buen desarrollo del concreto pretensado, tener un amplio concepto de los factores de costos que influyen en los miembros deseados.

El proceso de repetición en la prefabricación es de los más importantes para la obtención de costos adecuados. Si pretendemos hacer UNA viga con forma especial y de unos 10

metros de longitud, para la cual necesitamos usar un banco de 100 metros por no tener otro a disposición, podemos estar seguros de que nos costará varias veces más cara que si fabricáramos 40 ó 50 de estas vigas.

Generalmente el reuso en más de 100 veces ya justifica el uso de "moldes" en vez de formaletas, ya que éstas últimas generalmente resisten de 8 a 15 usos.

II.3.- EQUIPOS DE EXTRUSION

Para evitar completamente el uso de formaletas y moldes, así como para acelerar enormemente el proceso de fabricación, es muy conveniente este tipo de equipos en la fabricación en serie continua.

Los alambres son tensados en un banco de pretención constituido por los mismos elementos señalados y una vez tensados, todo el proceso de fundición, vibración y compactación es efectuado por una máquina que se desliza a lo largo de los bancos y forma los elementos sin necesidad de moldes.

Hay diversos equipos y sistemas de extrusión pero las características generales de todos son parecidas.

En Guatemala tenemos una planta de concreto preesforzado con equipo de extrusión. Este equipo aparte de las cualidades normales de extrusión, tiene la de que utiliza 3 tipos de mezcla en todos los miembros, un tipo de mezcla se usa para la parte superior del miembro, otra para la intermedia y otra, de más alta resistencia a la compresión en la capa inferior donde están adheridos los alambres de preesfuerzo.

Este equipo es utilizado para producir "planchas" con agujeros longitudinales y de una forma determinada que pueden ser utilizadas como losas de entepiso y techo, muros de contención y otros, de los cuales hablaremos más adelante.

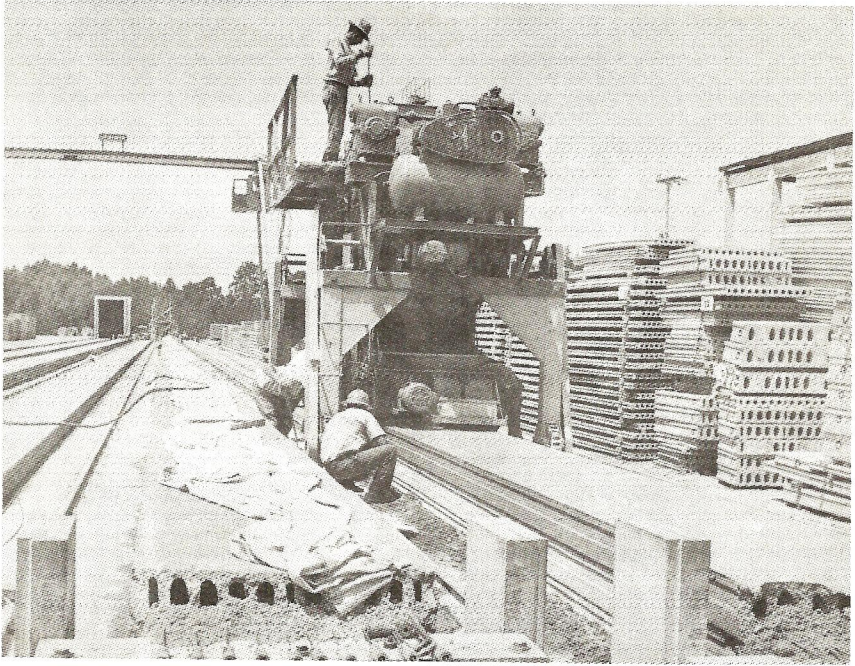
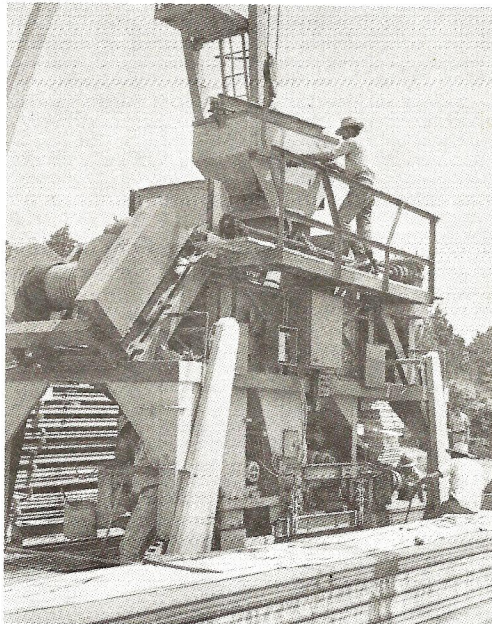


Fig. II.3.1. Equipo de extrusión usado en Guatemala actualmente.



II.4.- MOVIMIENTO Y TRANSPORTE

Todo miembro pretensado en una planta especial de preesfuerzo, deberá ser trasladado al lugar donde será colocado e instalado sobre sus apoyos de trabajo para los cuales fué diseñado.

Es sumamente importante asegurarse de que los miembros se soporten y manejen en forma adecuada cada vez que el caso lo requiera. Por ejemplo, una viga simple, calculada para apoyarse en los extremos, se romperá con facilidad si se levanta por el centro. La forma correcta de manipular un miembro es izándolo por los puntos de apoyo para los que fue diseñado.

Se debe prestar atención a las condiciones de soporte y carga no solamente durante la erección de la pieza misma, sino también cuando se agregan las cargas muertas sobrepuestas. Esto es aplicable muy especialmente para un diseño con voladizo, cuando una carga parcial puede originar una flexión mayor que la carga completa.

Normalmente se efectúa un chequeo para las siguientes condiciones en elementos pretensados:

- a) *Esfuerzos iniciales sin cargas super-puestas*
- b) *Esfuerzos de manipuleo*
- c) *Esfuerzos al límite elástico*
- d) *Resistencia a ruptura*

CAPITULO III

APLICACION EN LOSAS PREESFORZADAS

En la ingeniería moderna, hacemos uso de muchos tipos de losas de concreto reforzado tales como losas sólidas de concreto con refuerzo en un sentido, losas sólidas armadas en 2 sentidos, losas planas (flat slabs) sin necesidad de vigas de carga, losa nervurada en un sentido con vigas de carga en el otro y losa reticular celular (nervurada en dos sentidos); de las anteriores se pueden obtener muchas variantes de acuerdo al sistema constructivo usado.

Todos los tipos de losas mencionados pueden ser diseñados y construídos mediante el uso de preesfuerzo y es conveniente conocer las ventajas y desventajas de cada una para lograr un diseño adecuado constructiva y económicamente.

III.1.- LOSAS TOTALMENTE PREFABRICADAS

En Guatemala se fabrican en serie, actualmente, más o menos 6 formas de losas de este tipo y se podrían fabricar muchas otras formas siempre y cuando el volúmen de producción justifique la inversión en nuevos moldes.

En general, podríamos mencionar como ventajas básicas del uso de este tipo de losas completamente prefabricadas, las siguientes:

- a) **FORMALETA Y PARALEADO:** *es eliminado casi completamente, lo que permite efectuar una serie de actividades tales como construcción de drenajes, nivelación de suelos, colocación o fundición de pisos, limpieza ó repello y cernido de paredes, colocación de ventanas y otras durante la etapa de colocación de las losas sin necesidad de esperar la armadura, fundición y*

fraguado para poder quitar los parales. Esto por supuesto, incrementa la eficiencia produciendo ahorro considerable de tiempo y de gastos indirectos.

- b) **CONSTRUCCION SIMULTANEA EN ESTRUCTURAS DE VARIOS PISOS:** se puede preparar la estructura de carga (columnas, vigas de carga y de rigidez) con anterioridad a la colocación de las losas y luego, en muy poco tiempo, colocar en forma continua todas las losas de los pisos. Por no necesitar tiempo de fraguado es posible trabajar sobre estas losas inmediatamente después de colocadas, levantando paredes, colocando pisos etc. y esto conlleva un ahorro considerable de tiempo y dinero.
- c) **GRANDES LUCES:** generalmente el uso de losas pretensadas nos permite cubrir grandes luces sin columnas intermedias y a un costo, en la mayoría de los casos, más bajo que si usamos concreto reforzado. Quiero hacer notar que por lo regular el preesfuerzo permite cubrir grandes luces ó soportar grandes cargas con un peralte menor que el necesario en concreto reforzado, aproximadamente en un 70o/o.

A continuación expongo las características generales de las losas pretensadas prefabricadas en serie actualmente en Guatemala.

III.1.1.-LOSA PLANA ALIGERADA POR DUCTOS CENTRALES LONGITUDINALES

CARACTERISTICAS:

- Usos: entresijos, techos, muros de contención, paredes.
- Luces económicas: desde 3.00 metros hasta 15.00 metros.
- Módulo: 1.00 metro (a lo ancho de las planchas)

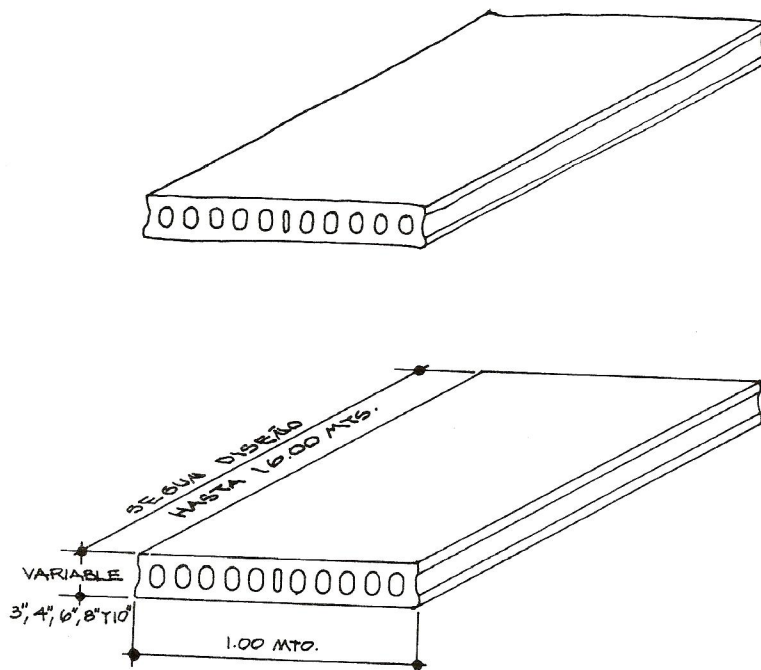


Fig. III.1.1. Piezas pretensadas planas aligeradas por ductos longitudinales.

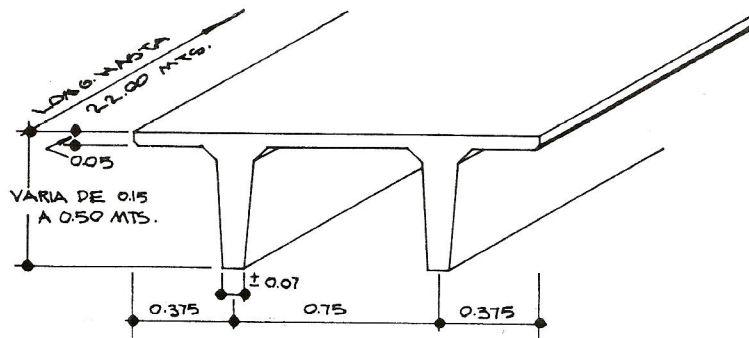


Fig. III.1.2. Pieza pretensada doble "T".

- *Peraltes: 3", 4", 6", 8", 10" en las de 4" ó más de peralte, es posible utilizar un recubrimiento adicional estructural de concreto de 5 cms. fundido en obra.*

- *Aislamiento térmico: el coeficiente de aislamiento térmico (u) según valores que da la ASHVE es para cada peralte:*

3"	peralte	.535
4"	"	.485
6"	"	.432
8"	"	.393
10"	"	.353

- *Resistencia al fuego: Según prueba standard U.L. (Underwriter Laboratories) de los E.E.U.U.*

6"	2 horas
8"	4 horas
10"	4 horas

prueba efectuada para planchas con recubrimiento de 2" de concreto.

- *Permeabilidad: la losa en sí es prácticamente impermeable pero es necesario tener mucho cuidado en la impermeabilización de las juntas entre planchas. Para cada caso específico es conveniente estudiar el tipo de impermeabilización a usarse. Lo más aconsejable es consultar con el fabricante pues en ciertos casos es preferible usar una impermeabilización total de toda la losa.*

- *Formas: ver Fig. III.1.1.*

III.1.2.-LOSAS NERVADAS DOBLE T "TT"

Esta losa consiste prácticamente de 2 nervios con forma de T formando una sola pieza.

CARACTERISTICAS

- *Usos: entrepisos, techos, muros de contención, vigas de carga, paredes.*
- *Luces económicas: de 8 a 22 metros.*
- *Cargas vivas posibles: según diseño.*
- *Módulo: 1.50 metros.*
- *Peraltes: desde 15 cms. hasta 50 cms.*
- *Permeabilidad: igual a la anterior. (ver III.1.1.)*
- *Forma: ver Fig. III.2.2.*

III.1.3.-LOSA SIMPLE T

CARACTERISTICAS

Igual a la anterior con forma de T y ancho de 75 cms.

III.1.4.-LOSAS TIPO CANAL

CARACTERISTICAS

- *Uso: vigas de carga, entrepisos, techos.*
- *Luces económicas: de 13 metros a 22 metros*

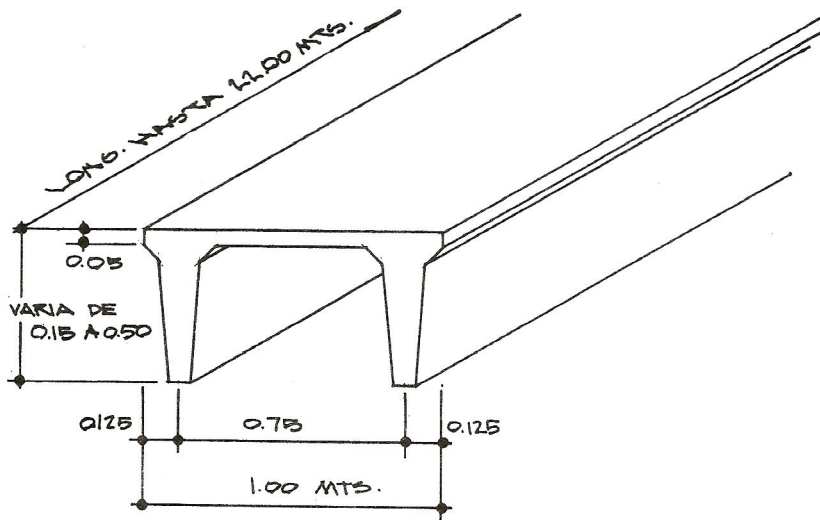


Fig. III.1.3. Pieza pretensada tipo CANAL.

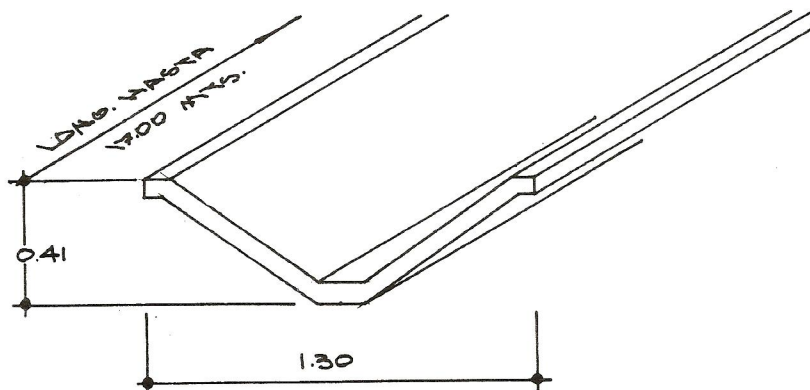


Fig. III.1.4. Pieza tipo placa doblada en V.

- *Cargas vivas posibles: según diseño.*
- *Módulo: 1.00 metro.*
- *Peraltes: de 30 a 50 cms.*
- *Forma: Fig. III.1.3.*

III.1.5.-LOSAS TIPO PLACA DOBLADA EN V

CARACTERISTICAS

- *Usos: losas de techo, canales.*
- *Luces económicas: de 13 metros a 17 metros.*
- *Cargas vivas posibles: según diseño.*
- *Módulo: normal 1.30 metros.*
- *Peralte: 41 cms.*
- *Forma: Fig. III.1.4.*

III.1.6.-LOSAS DE VIGUETAS Y BLOCK

Esta es la que realmente podemos llamar una losa nervurada, está formada por nervios pretensados que se colocan a una distancia determinada entre uno y otro y en el espacio entre ambos se coloca un block de concreto diseñado especialmente para el caso, después de colocados ambos (vigüeta y block) se funde una losa de recubrimiento de 5 cms. de espesor y con refuerzo necesario para temperatura, fraguado y flujo plástico, así como bastones para integrar los elementos prefabricados a la losa final. Tiene la desventaja particular de que si no se arma correctamente la parrilla de temperatura o no se instalan

adecuadamente los bastones, puede producir grietas en la unión entre las viguetas y los blocks; esta grieta puede evitarse repellando con mortero de cemento y arena de río en lugar de usar mezcla de cal y arena amarilla, por supuesto siempre que el refuerzo se haga adecuadamente.

CARACTERISTICAS

- uso: entresijos y techos
- Luces económicas: 2.00 mts. a 7.50 mts.
- Cargas vivas: según diseño
- módulos: 50 cms., 60 cms. y 80 cms.
- Peraltes: 15 cms. y 19 cms. (incluyendo recubrimiento)

En la actualidad se prepara un nuevo banco de pretensión así como un nuevo sistema, sin embargo, por no haber salido al mercado me es imposible describir sus ventajas y desventajas. En realidad es posible hacer una variedad tremenda de formas que se adapten a distintas necesidades.

III.2.- LOSAS PREENFORZADAS IN SITU

En ciertas ocasiones, sobretodo en edificios altos, por razones de rigidez, transmisión sísmica y montaje, es preferible que las losas y vigas sean fundidas en obra monolíticamente. En estos casos usamos el preesfuerzo sirviéndonos de los sistemas de postensión, tanto en las vigas de carga como en los nervios, en el caso de losa nervurada en un sentido, o solo en los nervios en el caso de reticular celular, siempre para obtener las ventajas del concreto preesforzado.

Para losas de los tipos señalados, o sea, fundidas totalmente en sitio, es necesario utilizar el mismo tipo de obra.

falsa y formaletas que se usaría para una losa similar en concreto armado, por esta razón es que el preesfuerzo en este tipo de losas sólo será económico cuando se desee cubrir grandes luces o soportar altas cargas.

Se han realizado losas planas postensadas en obra donde se ha eliminado la necesidad de la obra falsa, siendo las losas fundidas una sobre la otra en el suelo y después de tensadas se levantan por sistemas hidráulicos a su posición final.

Este sistema nunca ha sido usado en Guatemala pues requiere de equipos muy costosos y de una técnica que actualmente no existe en el país. Estas losas han sido designadas con el nombre de "lift slab" en los E.E. U. U.

III.3.- CONSTRUCCION MIXTA

En ciertos casos es aconsejable, por distintas razones, que la losa sea fundida en sitio y a su vez sería conveniente poder evitar la obra falsa y gran parte de la formaleta. Es aquí donde podemos servirnos del preesfuerzo para desarrollar la llamada "Construcción Mixta".

Este procedimiento consiste en prefabricar parte de un miembro y luego de montarlo, fundir el resto del mismo, Fig. III

3.1. Con esto se pueden obtener varias ventajas según el caso, por ejemplo:

1.- Eliminar obra Falsa:

La porción prefabricada se puede diseñar de manera tal que soporte las cargas de trabajo durante la fundición del resto de la losa o del miembro, eliminando así el paraleado parcial o totalmente.

En el caso de una losa nervurada en un sentido se puede diseñar un tipo sencillo de formaleta que se "cuelgue" de la parte

prefabricada de los nervios y que sea fácil de desencofrar sin que sea destruída. Con esto se logra reusar la misma formaleta varias veces y por lo tanto se obtiene rapidez y economía.

2.- Continuidad en todo sentido:

En el caso de vigas contínuas también podemos hacer uso de este procedimiento de construcción mixta prefabricando una porción de la viga en la cual estarán todos los alambres pretensados necesarios y después de colocarla en sus apoyos definitivos, agregar el refuerzo necesario para la continuidad y fundir el resto de la viga. El refuerzo adicional puede ser hecho con bastones de acero estructural o por medio de cables de postensión en cuyo caso, si fuera necesario, se dejarán colocados los ductos en la porción prefabricada.

En el caso de la losa nervurada en un sentido podemos usar el mismo procedimiento, logrando la continuidad de los miembros tal como se describió y la unidad de la losa en el otro sentido al fundir la losa de distribución entre los nervios monóticamente con la porción superior de los miembros, Fig. III 3.1.

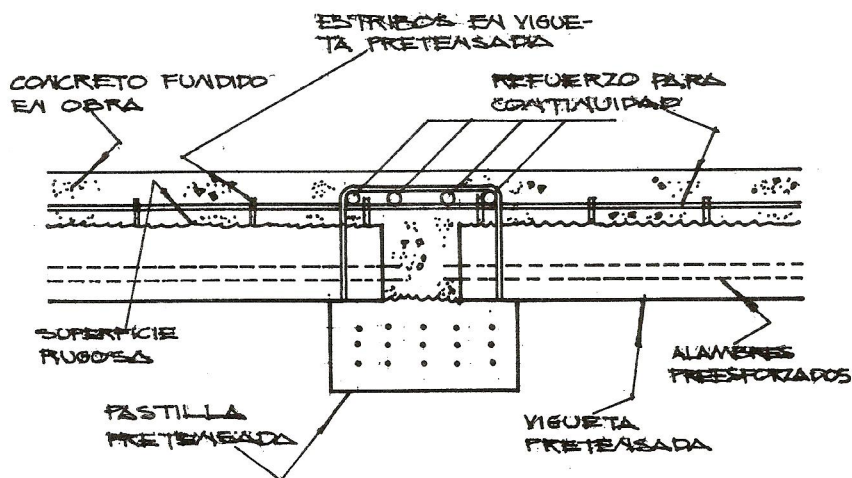


Fig. III.3.1. Construcción Mixta. Detalle de vigas y nervios con "pastilla" pretensada.

Hemos visto las distintas posibilidades que nos ofrece el preesfuerzo para losas.

Sin embargo la conveniencia de cada tipo debe estudiarse con respecto a las condiciones de una estructura determinada, no podemos hacernos la idea de que uno u otro tipo sea el ideal pues cada uno tiene sus ventajas, desventajas y limitaciones.

Debemos por lo tanto, analizar cada caso de acuerdo a sus posibilidades y tratar de llegar a la decisión que nos brinde una estructura adecuada y económica. No siempre el uso del preesfuerzo es la solución más económica y por eso se debe siempre considerar las variaciones de costo debido a las circunstancias especiales que en ciertas estructuras se presentan.

CAPITULO IV

MUROS DE CONTENCIÓN

Entre las variadas aplicaciones del concreto preesforzado, una de las más versátiles es en muros de contención.

IV.1.- SOTANOS DE EDIFICIOS ALTOS

Conocemos muchas formas de hacer un muro de contención para tierra, caso típico de los muros alrededor del sótano de un edificio.

Una forma sencilla de hacer un muro de contención para el sótano de un edificio consiste colocar verticalmente planchas pretensadas usando como apoyo inferior un cimiento diseñado para resistir el empuje actuando conjuntamente con el piso del sótano y como apoyo superior la losa que cubre el sótano (Fig. IV. 1.1.) Esto siempre que el diseño de la estructura lo permita.

En caso de que el diseño de la losa no permita el sistema anterior podemos hacer un muro en voladizo usando piezas pretensadas con forma de doble "T" (TT) colocadas verticalmente y empotradas en un cimiento diseñado al efecto. (Fig. IV.1.2)

IV.2.- MALECONES

En Guatemala se le va dando gran uso al concreto pretensado en la construcción de muros para contener las corrientes de agua en ríos y canales así como la fuerza del mar y la erosión consecuente. Unos de los sistemas más convenientes es usando pilotes pretensados en forma de H los cuales son hincados a la profundidad necesaria y luego se instalan planchas pretensadas colocadas "de canto" entre cada par de pilotes (Fig. IV.2.1).

Este sistema tiene varias ventajas entre las cuales mencionaremos; primero: por ser miembros prefabricados se evita el problema y el costo de la obra falsa para contener el agua mientras se funde el concreto; con este sistema se puede construir el malecón sin necesidad de desviar el agua pues los pilotes son hincados mediante el uso de guías fijas que permiten su colocación en el lugar indicado sin desviaciones; segundo: en caso de producirse erosión en el fondo sobre el que descansan las planchas, solo producirá que estas bajen a medida que la erosión ocurra y como los pilotes están hincados en suelo firme, la estructura no se verá afectada. Debe tenerse especial cuidado de diseñar los pilotes para trabajar con el voladizo producido por la máxima erosión posible. ó anclar en el lado opuesto para evitar el volteo.

Pueden utilizarse, además, otros sistemas tales como piezas empotradas en un cimiento corrido diseñado para el efecto, sistema este que sólo es recomendable en lugares donde la erosión del fondo sea despreciable y que las condiciones existentes permitan la construcción de este cimiento.

El sistema de "Tabla Estacas" en concreto pretensado es sumamente conveniente, por tener elementos económicos y de gran resistencia al ambiente agresivo que generalmente se encuentra en estas condiciones.

Estos elementos son hincados en la forma tradicional del sistema.

IV.3.- TANQUES DE DEPOSITO DE AGUA

En este caso podemos usar como muro de contención cualquiera de los señalados en IV.1. pero es también factible el construir tanques para depósito de agua utilizando únicamente piezas de concreto pretensado, tanto para el fondo y muros como para la losa superior.

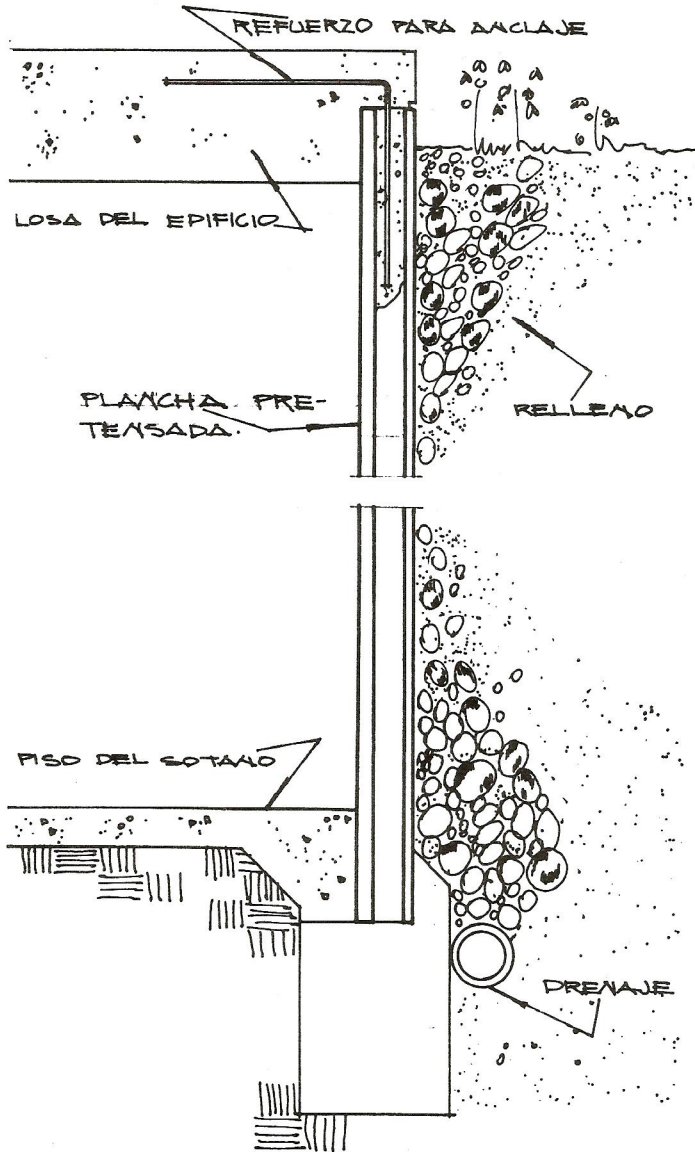


Fig. IV.1.1. Muro de contención con planchas pretensadas apoyadas en la losa y en un cimiento especial.

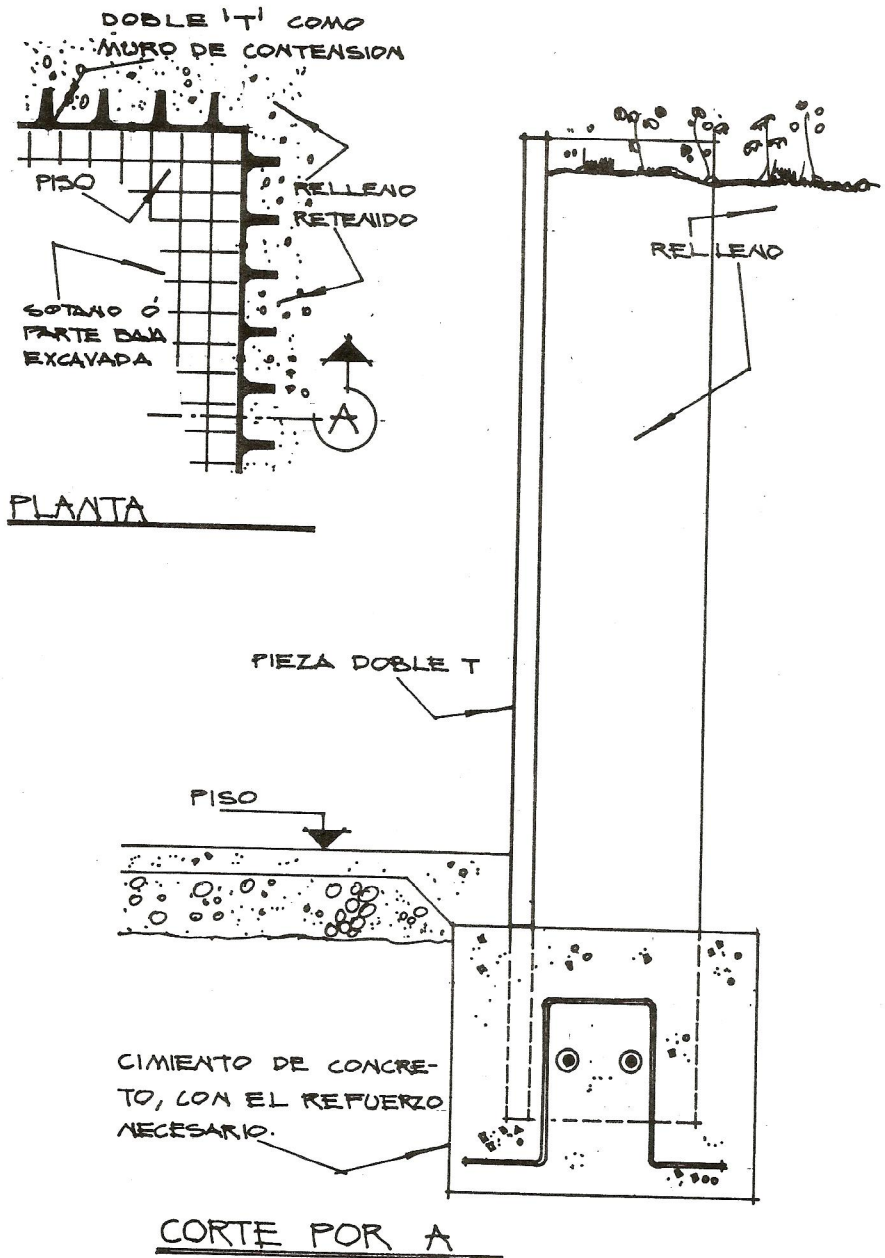


Fig. IV.1.2. Muro de contención de piezas doble "T" en voladizo.

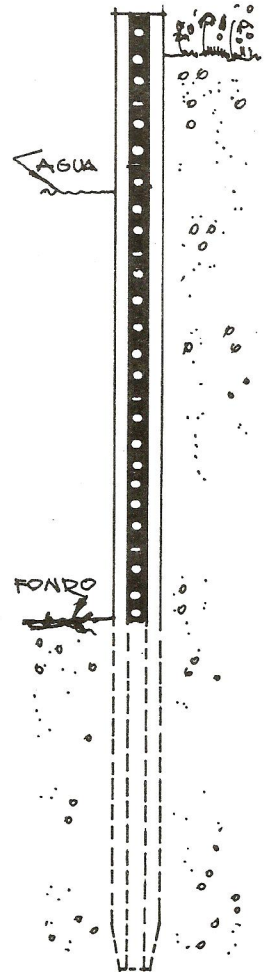
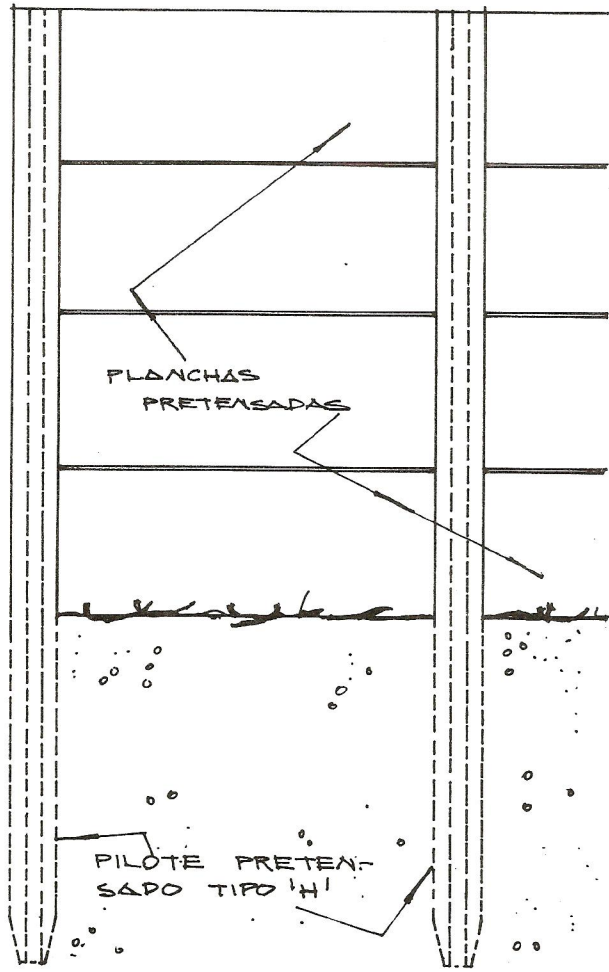
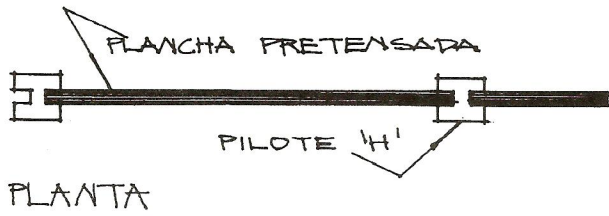


Fig. IV.2.1. MALECON.

En este caso ambas losas de piso y de techo, se diseñarán para resistir la compresión producida por el empuje de la tierra sobre los muros al estar el tanque vacío y a su vez servirán de apoyos a las planchas utilizadas como muros.

El caso anterior es un ejemplo de la posibilidad de construir un depósito de agua, (generalmente para fines industriales) utilizando miembros prefabricados.

Para tanques elevados o enterrados, con forma circular se pueden lograr grandes volúmenes usando el llamado "preesfuerzo circular".

IV.4.- PREESFUERZO CIRCULAR

La expresión "preesfuerzo circular" se emplea para denotar el preesfuerzo de las estructuras circulares, como tubos y tanques donde los alambres para preesforzar se enrollan circularmente. En contraste con esta expresión, el "preesfuerzo lineal" se usa para incluir todos los otros tipos de preesfuerzo, donde los cables pueden ser curvos o rectos, pero no enrollados alrededor de una estructura circular.

Las teorías básicas del preesfuerzo circular son las mismas que las del preesfuerzo lineal. La práctica del preesfuerzo circular difiere del lineal, en que las técnicas de aplicación del preesfuerzo y del anclaje de los cables, son generalmente diferentes.

Para el preesfuerzo circular se han desarrollado varios sistemas. En los Estados Unidos los tanques de concreto preesforzado se construyen, casi en su totalidad, usando el sistema PRELOAD, con sus máquinas de enrollar alambres.

Se han construido tanques con capacidad superior a los 12,000.000.00 de litros cada uno (doce mil metros cúbicos) usando este sistema. Este método consiste en el siguiente proceso:

Primero se construyen las paredes de los tanques empleando concreto o mortero neumático, siendo usado este mortero cuando las paredes tienen espesor menor de 6"; con frecuencia se funden en fajas verticales alternadas que posteriormente se sujetan entre sí. Después de que el concreto de las paredes ha adquirido la resistencia suficiente, se preesfuerzan estas, circunferencialmente, por medio de una máquina autopropulsadora que enrolla los alambres alrededor de las paredes en una operación continua y simultáneamente los preesfuerza y les dá el espaciamiento necesario. Después de terminar el preesfuerzo circunferencial para cada capa, se protege con mortero neumático. Los grandes tanques se construyen generalmente con dos o tres capas de preesfuerzo circunferencial; el preesfuerzo vertical se aplica usando cualquier sistema de preesfuerzo lineal, el que pueda resultar más económico.

Aparte del sistema PRELOAD se han usado otros sistemas, aunque no en forma tan extensa como el que usa la máquina de enrollar.

Uno de los sistemas más usados ha sido el método de FREYSSINET de preesfuerzo lineal, con los cables de longitudes iguales de partes de círculo. Los cables se preesfuerzan desde ambos extremos y se anclan en pilones espaciados uniformemente alrededor del tanque.

La pérdida del preesfuerzo por fricción casi se equilibra alternando los anclajes de los extremos en los tendones adyacentes.

El preesfuerzo circunferencial para tanques, se calcula para resistir la tensión del zuncho producida por la presión del líquido, por lo que, esencialmente, cada faja horizontal de la pared forma un anillo sujeto a la presión uniforme interna. Tal anillo puede considerarse como un miembro de concreto preesforzado actuando bajo esfuerzo de tensión.

CAPITULO V

PREESFUERZO EN EDIFICACIONES INDUSTRIALES

V.1.- COLUMNAS

La primera impresión que nos da la palabra "Columna" es la de un miembro sometido a compresión, sin embargo cualquier miembro de concreto preesforzado está sometido a compresión y no necesariamente tendrá una tendencia a flambeo semejante a la de una columna.

Consideramos un miembro de concreto preesforzado bajo compresión cuando soporta cargas de compresión externas, o sea que un miembro que está comprimido simplemente por su preesfuerzo no está bajo la acción de columna debido a su propio esfuerzo, pero está sujeto a la acción de columna bajo una carga de compresión externa, tal como una columna de cualquier otro material.

Evidentemente el concreto puede soportar mejor las cargas de compresión sin que se precomprima por el acero, y resulta difícil de concebir que los alambres de acero aumenten cualquier resistencia apreciable a un miembro que soporta compresión axial. Sin embargo, muchos miembros bajo compresión, además de soportar cargas directas de compresión, también están sujetos a cargas transversales. La flexión debida a estas cargas transversales puede, más que eliminar los esfuerzos de compresión, producir algo de tensión y en ese caso conviene reforzar el miembro. Algunos miembros para compresión son miembros flexionables y todas las ventajas de preesforzar una viga se pueden aplicar a esos miembros, preesforzándolos.

Considerando un edificio industrial de un piso, las columnas pueden soportar solo cargas verticales ligeras, pero pueden quedar expuestas a flexionarse por las cargas horizontales debidas al viento y al sismo. Es por eso que es factible, en ciertos

casos, preesforzar las columnas para que resistan cierta magnitud de los esfuerzos flexionantes.

Aparte de las ventajas de la prefabricación, un efecto benéfico de preesforzar un miembro que trabajará bajo cargas de compresión, es la reducción de su deflexión bajo cargas transversales. Puesto que la deflexión de una sección sin agrietarse es menor que la de una sección agrietada, una columna de este tipo estando preesforzada es mas rígida que una reforzada.

Esta ventaja de columna preesforzada debe combinarse con la dificultad que representa el detalle del cimiento y la columna prefabricada y así poder determinar, su verdadera justificación económica.

Si la columna es postensada este problema se evita.

V.2.- VIGAS DE CARGA PRINCIPALES

En el caso de edificaciones industriales, generalmente, necesitamos vigas de carga de varias luces.

Estas vigas pueden ser completamente prefabricadas, en cuyo caso se diseñarán las uniones necesarias a las columnas. La dificultad básica de este sistema es que no es fácil lograr acción de marco ni de continuidad y en ciertos casos podría resultar más económico emplear un sistema de construcción mixta o de vigas postensadas fundidas completamente IN SITU; o bien de efectuar la continuidad por cables de postensión integrados a la prefabricación.

V.3.- CUBIERTAS

Las industrias, según su naturaleza, tienen requisitos muy variados para los edificios que albergarán sus instalaciones, no

siempre será el factor "precio" el que defina el tipo de estructura a usarse.

En cierto tipo de industria textil, por ejemplo, es necesario un techo que permita el control térmico del local dentro de una variación de hasta 1°C. Lo mismo ocurre con cierto tipo de laboratorios farmacéuticos y otros.

En otros tipos de industrias se opera con productos químicos cuyos vapores son altamente corrosivos al hierro y por lo tanto se debe considerar un tipo de estructura y cubierta que sea realmente resistente a la corrosión.

Gran parte de las empresas comerciales e industriales desean estructura altamente resistente al fuego por razones de seguridad, primas de seguro contra incendio, etc.

Pero, el problema estriba en que casi la totalidad de dichas instalaciones necesitan luces relativamente grandes sin columnas interiores y como las cubiertas de concreto reforzado convencional son antieconómicas en la mayor parte de los casos, en muchas ocasiones se han visto en la necesidad de adaptar ciertos tipos de recubrimientos o cielos falsos a una estructura de acero que probablemente no es la ideal para sus necesidades.

Como hemos mencionado en capítulos anteriores, una de las mayores ventajas del concreto preesforzado es la facilidad de cubrir grandes luces a un costo relativamente bajo o sea que proporciona al empresario industrial la oportunidad de construir sus instalaciones con el material adecuado para los requisitos mencionados a un costo generalmente aceptable. (Fig. V.3.1.)

En cada caso se deberán estudiar las necesidades para decidir que tipo de cubierta deberá usarse. Por ejemplo, para el caso de una industria que necesite un alto aislamiento térmico y luces libres de hasta 15.00 metros, lo adecuado sería usar un tipo de losa pretensada plana con agujeros longitudinales; si entre los factores que indican el uso de concreto están el de resistencia al

fuego y seguridad ocupando un papel primordial y necesitamos cubrir luces hasta de 17.00 metros, quizá lo aconsejable sería usar el tipo de losa con forma de "PLACA DOBLADA EN V" y si la luz a cubrir fuera mayor, lo adecuado podría ser el tipo DOBLE "T". Por supuesto siempre es necesario analizar varios factores para llegar a una decisión final.

Para las áreas de bodega y manufactura que no presenten exigencias especiales es posible construir un tipo de estructura y cubierta a base de vigas preesforzadas de carga y cubierta de asbesto-cemento ó similar que ofresca óptimas cualidades y a un costo relativamente bajo.

V.4.- PAREDES

Sobre el uso del concreto preesforzado en "muros de contención" ya describí algunas generalidades en el capítulo IV, ese se puede considerar como un caso de paredes de concreto preesforzado. En este artículo nos referiremos a la utilización de miembros pretensados como paredes en edificios industriales.

En este tipo de edificaciones y considerando las formas que se producen en serie en Guatemala, las más versátiles son las planchas pretensadas planas con ductos longitudinales. Este tipo de piezas se colocan sobre una solera corrida en forma de "U" o de "L" a nivel del suelo y se ancla a la viga superior de la estructura o a una viga de rigidez colocada a la altura deseada. (Fig. V.4.1.)

Este tipo de paredes tienen varias ventajas entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- 1.- TIEMPO: Una vez lista la estructura se pueden colocar las paredes en cualquier momento y el ritmo de colocación con una sola grúa es normalmente de unos 300 a 400 metros cuadrados por día.

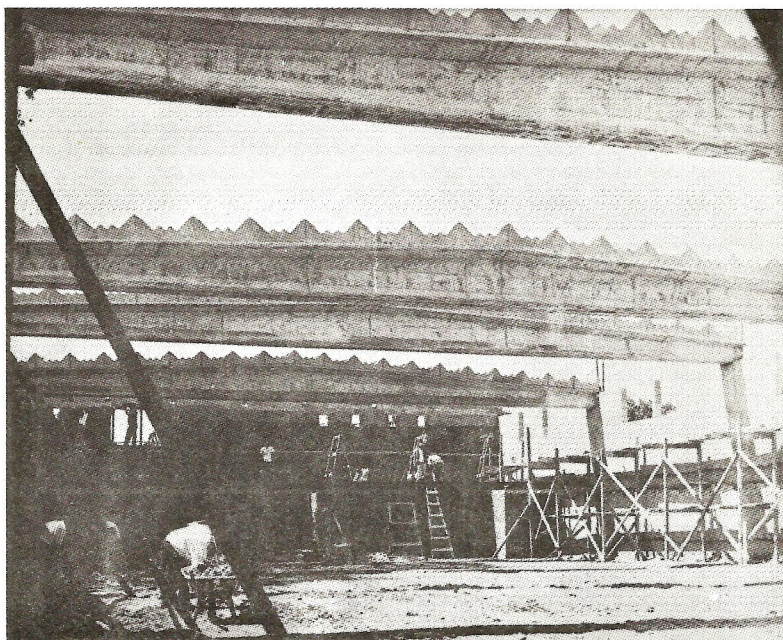


Fig. V.3.1. Vigas de carga pretensadas en 20.00 m.l. de Luz.

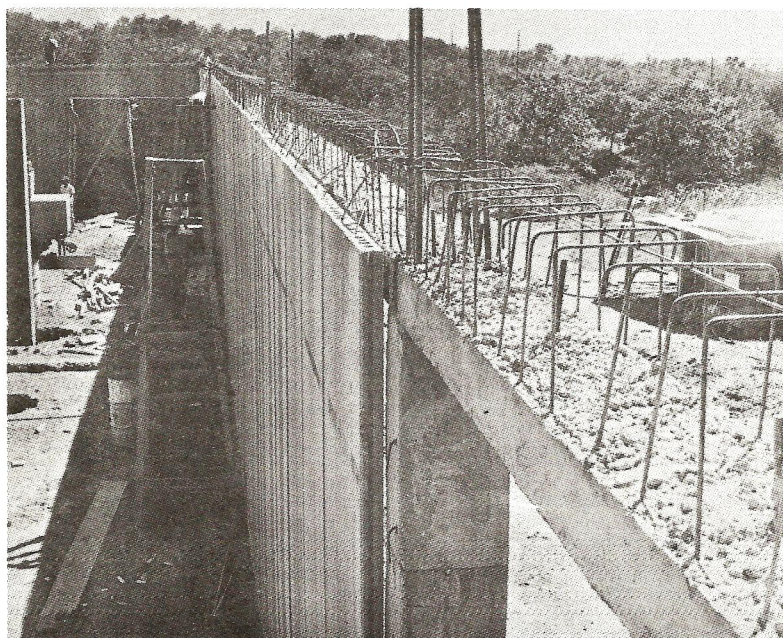


Fig. V.4.1. Paredes de planchas pretensadas.

- 2.- **PERMEABILIDAD:** *Para el caso de paredes, generalmente no es necesario tipo alguno de impermeabilizante, excepto quizá, en la unión entre una y otra pieza, donde es suficiente una aplicación de mastic sobre la unión estructural entre pieza y pieza.*
- 3.- **ACABADO:** *Se puede dejar en su acabado natural brindando una superficie de concreto expuesto liso o bien aplicar pintura de cualquier tipo sobre la superficie.*
- 4.- **SEGURIDAD:** *Por ser fabricados de concreto ofrece mucho más seguridad contra robo y propagación de incendio que una pared de block o ladrillo de soga.*
- 5.- **TEMPERATURA:** *Debido al concreto y a la cámara de aire que se forma en los ductos longitudinales posee un alto grado de aislamiento térmico.*
- 6.- **PRECIO:** *El costo instalado es más o menos igual al de una pared de block cisado, considerando los costos producidos por gastos indirectos y prestaciones de mano de obra. Esta comparación de costo es real hasta una altura libre de más o menos 5.00 metros, al ser mayor la altura libre el costo de la pared pretendida será inferior al de cualquier otra que se utilice.*
- 7.- **ALTURA:** *Pueden ser instaladas económicamente, en alturas de hasta 10.00 metros más o menos.*

8.- SISMO:

Es importante notar que ciertos códigos de construcción en áreas sísmicas ya no permiten muros o paredes de mampostería con alturas mayores de 3.00 a 4.00 metros, siendo obligatorio usar en dichos casos elementos de una sola pieza entre losa y losa. Esto es para evitar el grave riesgo que surge cuando elementos de mampostería son expulsados de su posición por el efecto de un sismo. (Código del Japón).

CAPITULO VI

CONCRETO PREESFORZADO EN PUENTES

La infraestructura de una nación constituye el factor más importante de su desarrollo y como parte primordial de la misma está su red vial.

Los obstáculos principales a la realización de estas redes viales se encuentran en los cruces de éstas con los ríos, barrancos e inclusive con otras ramas de estas redes, y generalmente requieren de estructuras mayores cuyo costo es elevado. Por esta causa la técnica de la construcción ha necesitado de todo su ingenio, estudio e imaginación para desarrollar los materiales y sistemas que ofrezcan las mayores ventajas.

En las últimas décadas el concreto preesforzado ha alcanzado un lugar preponderante en el desarrollo de estas estructuras debido a los factores que comento a continuación.

VI.1.- COSTO INICIAL

Tal como en otras estructuras, el concreto preesforzado en puentes es generalmente de menor costo inicial que el concreto armado.

En cuanto a su comparación con sistemas estructurales en ACERO es un poco aventurado el decir a la ligera si es o no más bajo su costo inicial. Esto dependerá de cada uno de los casos en especial. En Guatemala, por razones extrañas, se ha usado muy poco el concreto preesforzado en puentes, aún cuando en varias de las licitaciones en que se ha solicitado esta alternativa el precio presentado fue menor que el presentado para estructura de acero.

En las estructuras de concreto preesforzado la mayor parte del costo está comprendido en materiales y mano de obra

nacional (aproximadamente en un 93o/o) tales como piedrías, arena, cemento, acero estructural, madera de formaleta y mano de obra de producción y colocación; importándose únicamente los cables o alambres de preesforzar. Con esto se logra un incremento del Producto Nacional Bruto y mínima fuga de divisas.

VI.2.- MANTENIMIENTO

El concreto, por su propia naturaleza no necesita mantenimiento alguno a largo plazo. En este aspecto tanto el concreto armado como el preesforzado presentan características similares, sin embargo, no ocurre igual con el acero pues, como es ampliamente conocido, su mantenimiento es frecuente y costoso, principalmente en las áreas cercanas a las costas donde el salitre provoca una más rápida corrosión.

VI.3.- ESTETICA:

El concreto preesforzado, por sus características propias, requiere de secciones mucho más esbeltas que aquellas de concreto armado, esta misma esbeltez da la oportunidad al diseñador de desarrollar un proyecto que, a la vez que sea estructuralmente funcional, tenga las cualidades estéticas más adecuadas a su localización.

Compararlo, en cuanto a su estética, con estructuras de acero, no es necesario, pues la diferencia es fácil de observar.

VI.4.- TIEMPO DE CONSTRUCCION

En la construcción de puentes de concreto armado se requiere del uso de formaletas y obra falsa de gran envergadura.

Esta obra falsa, incrementa no solo el costo sino también el tiempo de construcción.

Con el uso de elementos de concreto preesforzado se elimina toda o casi toda la obra falsa y por otra parte, los elementos pueden ser contruidos en el suelo junto al puente por lo que durante el tiempo en que se construyen los apoyos, también se construyen las vigas y se pueden colocar en un mínimo de tiempo necesario únicamente para que el concreto adquiera la resistencia necesaria.

En el caso de estructuras de acero para puentes, el tiempo de erección es relativamente corto, pero en nuestro medio se presenta el problema de que estas estructuras generalmente son fabricadas en el exterior por lo que se pierde bastante tiempo desde el momento de contratación hasta la entrega de los elementos en el sitio de la obra.

VI.5.- SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

En este aspecto, tanto el concreto reforzado como el preesforzado, son definitivamente superiores al acero.

En realidad, este no es un aspecto de mayor importancia pues las probabilidades de incendio en puentes, por causas naturales, son pocas.

VI.6.- TIPOS GENERALES DE PUENTES DE CONCRETO PREESFORZADO

Por lo general, un puente de concreto preesforzado se diseña dentro de alguno de los grupos siguientes:

- a) *Puente con elementos PREFABRICADOS*
- b) *Con vigas POSTENSADAS*
- c) *Tipo "CAJON"*

Pero, por supuesto, el diseñador se las ingeniará para lograr las características de cada caso y desarrollará infinidad de combinaciones, formas y tipos constructivos.

a) PUENTE CON ELEMENTOS PREFABRICADOS

Existe una gran variedad de formas de vigas pretensadas para puentes, tales como: "T" simple, CANAL, CAJON y otras, pero la más usada es la Sección "I".

El comité de puentes de AASHO conjuntamente con el P.C.I. (Prestressed Concrete Institute) han desarrollado 6 tipos de vigas pretensadas STANDARD para puentes con luces libres de hasta 52.00 metros aproximadamente.

No es necesario usar siempre las secciones STANDARD desarrolladas, cada diseñador puede escoger el sistema que mejor se adapte a sus necesidades. Hace poco tiempo se terminó la construcción del puente CAPILANO en CALGARY, CANADA, en el cual se cubrieron luces de hasta 80.00 metros usando secciones "I" pretensadas, con un peralte máximo de 4.25 metros.

El factor más importante de considerar al utilizar vigas pretensadas es la unión entre tramos, en el caso de ser fabricadas por partes, así como la conexión para continuidad sobre los apoyos.

Además de utilizar para vigas de carga principal, el concreto pretensado, podemos hacer uso del mismo para la losa superior, en cuyo caso el concepto que se aplica será básicamente el mismo que el descrito para losas de entrepisos aunque, por supuesto, considerando las condiciones de carga y las especificaciones para puentes de la AASHO.

b) VIGAS POSTENSADAS

Este tipo de vigas pueden ser, para efectos constructivos, de dos tipos, "FUNDIDAS EN POSICION DEFINITIVA" y "FUNDIDAS EN SUELO".

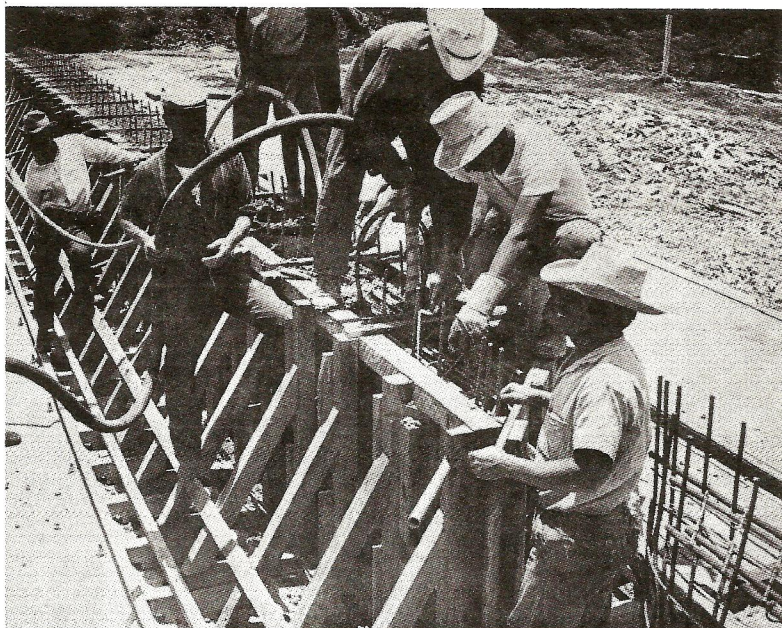


Fig. VI.6.1. Fundiendo las vigas en suelo detrás de los estribos.
Colocando vigas en posición.



Fig. VI.6.1. Vigas pretensadas en suelo Luz libre de 21.00 metros.

Las del primer tipo tienen el inconveniente de la gran obra falsa que necesitan. Las del segundo tipo son prefabricadas generalmente con una posición desde la cual es sencillo colocarlas en posición definitiva, por ejemplo, junto a las pilas o, lo que es más factible, junto a los estribos. Fig. VI.6.1. El proceso de fabricación es parecido al utilizado en una planta de pretensado pero se evita el costo de los masivos o anclajes necesarios para un banco de pretensión. Solo es necesario preparar una plataforma de concreto sobre la cual se colocan las partes laterales del molde y se funde dejando en su posición los ductos para los cables de preesfuerzo.

Cuando el concreto ha adquirido la resistencia necesaria, se tensan los alambres e inmediatamente se puede proceder a la erección.

La erección o colocación en posición definitiva puede ser efectuada por medio de grúas o por un sistema de "Vigas de Lanzamiento". La decisión del sistema a usarse dependerá de las condiciones topográficas del lugar así como de los costos de operación.

c) TIPO CAJON

Las secciones tipo "Cajón" pueden ser prefabricadas o fundidas en sitio.

En el caso de secciones "Cajón" prefabricadas, el método de colocación que mayor resultado ha dado es el sistema de "Voladizo" en el cual las secciones se van colocando de los apoyos hacia el centro. En este sistema cada sección se une a las anteriores mediante postensión.

En el caso de secciones fundidas en sitio se utiliza el sistema de formaletas deslizantes.

El tipo "Cajón" de sección permite cubrir luces mayores a un costo relativamente bajo. Su sistema de erección requiere de

un alto control técnico y de equipos especiales. Con esta sección y utilizando el sistema de "Voladizo" se logra cubrir luces de hasta 150.00 metros aproximadamente.

BIBLIOGRAFIA

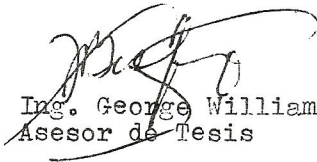
- 1.- *T.Y. Lin: "Prestressed Concrete Structures", 2d ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1963.*
- 2.- *George Winter, Arthur H. Nilson: "Desing of Concrete Structures", seventh edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York.*
- 3.- *Prestressed Concrete Institute: "Prestressed Concrete for long Span Bridges", 2d ed., Chicago, Illinois, 1969.*
- 4.- *Prestressed Concrete Institute: "P.C.I. Handbook", First Edition, First Printing, 1971.*

JOSE LUIS GARCÉS DE MARCILLA BOBES



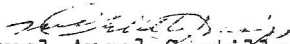
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
CATEDRA DE MECANICA DE FLUIDOS

Vo. Bo.



Ing. George William Bickford B.
Asesor de Tesis

Vo. Bo.



Ing. Manuel Angel Castillo Barajas
Director Escuela de Ingeniería Civil

IMPRIMASE



Ing. Hugo Juan Má
Decano

