

Nº 54  
RFJ

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

*FACULTAD DE INGENIERIA*

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE  
POSTENSADO  
UTILIZADOS EN MEXICO

TESIS QUE PRESENTA  
JOSE LUIS HERNANDEZ RODRIGUEZ  
PARA ASPIRAR AL TITULO DE  
LICENCIADO EN INGENIERIA *CIVIL*

México, D.F. Noviembre

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

# C O N T E N I D O

I.—	INTRODUCCION .....	1	2
	TRABAJOS PREVIOS .....	3	5
	EQUIPO HIDRAULICO .....	6	7
	Hoja de tensado .....		8
	APLICACIONES .....		9
	Puentes de Trabes y Puentes Atirantados .....		10
	Puentes Atirantados .....		11
	Puentes Empujados .....		12
	Puentes en Voladizos .....		13
	Tanques y Silos .....		14
	Refuerzo de Puentes .....		15
	Refuerzo de Estructuras .....		16
	Aplicaciones Derivadas del Postensado .....		17
II.—	SISTEMA FREYSSINET. ....	18	20
	Multialambre y Monotorón .....		21
	Anclajes tipo V .....		22
	Anclaje Monogruppo tipo K .....		23
	Barra para Postensado DYWIDAG .....		24
	Barra para Postensado Macalloy .....		25
	Anclaje por Adherencia .....		26
III.—	SISTEMA DEL (STRONG HOLD). ....	27	28
	Monotorón .....		29
	Anclajes Activos .....		30
	Anclajes Pasivos y por Adherencia .....		31
	Acopladores Fijos Y Móviles .....		32
	Equipo Hidráulico .....		33
	Barra para Postensado ALLTHREAD .....		34
IV.—	SISTEMA B. B. R. V. ....	35	
	Anclaje Activo Tipo A .....		36
	Anclaje Activo Tipo B Tipo S Pasivo .....		37
	Equipo de Tensado para alambres .....		38
	Equipo de Tensado para Torones y Anclaje Tipo M .....		39
	Ductos .....		40
	Acoplador Fijo K y Anclaje por Adherencia Tipo E .....		41
	Anclaje Monotorón y Anclaje Tipo FC .....		42
V.—	SISTEMA PAC. ....	43	
	Anclaje Activo .....		44
	Equipo de Tensado .....		45
	Posición de Cables .....		46
VI.—	SISTEMA DYWIDAG. ....	47	
	Acero de presfuerzo .....		48
	Durmientes .....		49
	Tipos de Sujeción .....		50
VII.—	SISTEMA CCL. ....	51	
	Anclajes Multiples .....		52

VIII.—	SISTEMA RAMZA.....	53
	Resumen de Postensado.....	54
	Continuación del Resumen de Postensado.....	55
	Descripción del Sistema.....	56
	Anclajes Tipo B.....	57
	Anclajes Multitorón Activos.....	58
IX.—	CONCLUSIONES.....	59

# INTRODUCCION

## 1.1 OBJETIVOS.

El Presente trabajo pretende los siguientes objetivos:

1.1.a) Ser complemento de los apuntes de la materia PRESFUERZO Y PREFABRICACION impartida en la Facultad de Ingeniería.

1.1.b) Dar un panorama general de los sistemas actuales y su desarrollo a la fecha, esto obtenido de las fuentes originales, es decir de las empresas dedicadas a esta tecnología.

1.1.c) Presentar esta recopilación de la forma más sencilla y clara posible, apoyandose en diagramas, croquis y dibujos para ser más asimilable dicha información.

1.1.d) Incluir aplicaciones directas o indirectas de estos sistemas para que el alumno tenga en cuenta que en la practica profesional, cuenta con una alternativa más en la solución de algún problema en especial.

La forma de como presentar la información se realizo de manera uniforme para cada sistema siguiendo un mismo formato, en primer lugar un bosquejo histórico del sistema cuando existía, enseguida se muestran las actividades a las que se dedica dicha empresa, los servicios que presta y los productos que procesa o produce para después describir los diferentes tipos de sistemas de postensado que emplean en cada caso así como sus características geométricas para su diseño (estas no deben ser tomadas como aplicables directamente para dicho diseño y si únicamente para que el alumno tenga una información más precisa de dicho sistema).

## 1.2 PRINCIPIOS.

Los principios en los que se basan los sistemas y principalmente los anclajes son los siguientes:

1.2.a) Adherencia.

1.2.b) Cono y cuña.

1.2.c) Botón.

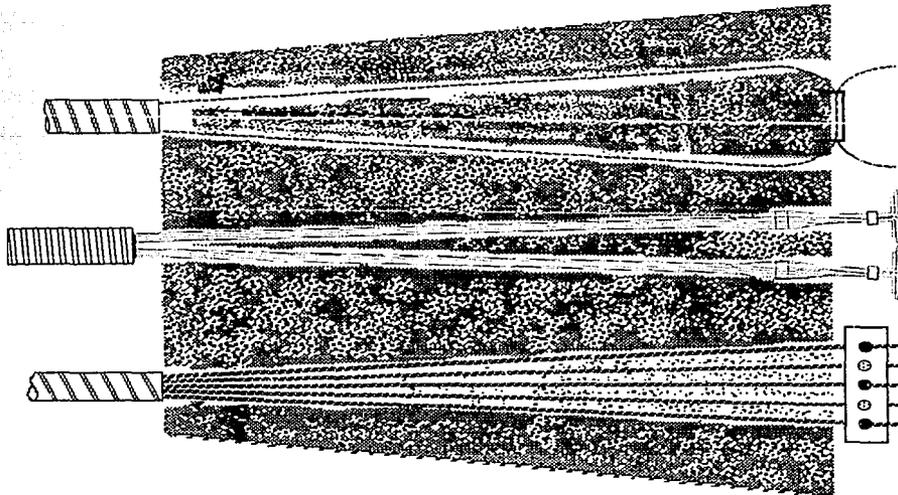
1.2.d) Roscado.

Se describen gráficamente.

1.2.a) Adherencia. Anclaje utilizado cuando existen las siguientes posibilidades:

- No es necesario tensar en este extremo.
- Existe el espacio y longitud para su colocación y que se desarrolle la adherencia.
- Considerar que se debe colocar antes del colado.

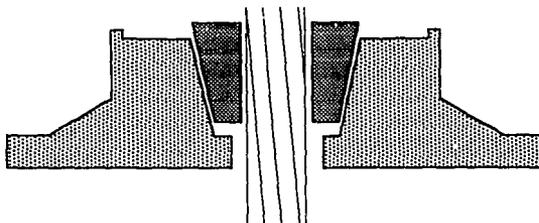
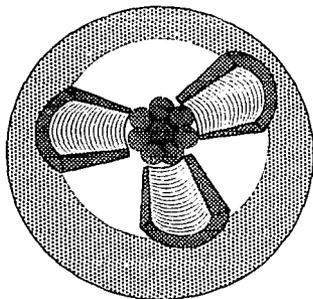
En todo caso este anclaje es el más barato.



### 1.2.b) Cono y cuña.

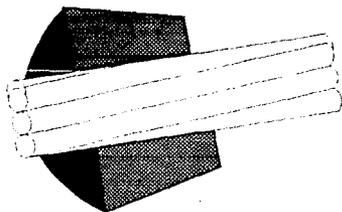
Además de obtener el anclaje a través del cambio de sección de la cuña y de la presión ejercida por el cono hacia la cuña y de ésta al acero de presfuerzo ya sea alambre torón o barra, también la cuña cuenta generalmente con un tipo de roscado interior para obtener un mejor agarre con el acero de presfuerzo.

Este tipo de principio es usado por la mayoría de los sistemas de postensado.



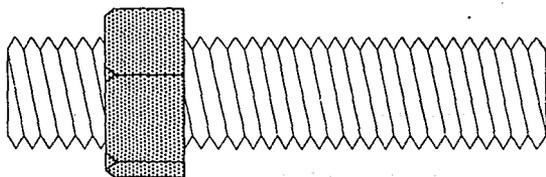
### 1.2.c) Botón.

También llamados cabezas, remaches, casquillos o manguitos que tienen la misma utilidad, anclar al acero de presfuerzo. Son fabricadas en frío mediante un sistema hidráulico que ejerce presión sobre dichos botones hasta que éste abraza al acero de presfuerzo. Antes se debió haber colocado el núcleo o matriz que será el que evite el paso de dichos botones y garantice la simultaneidad en todos los elementos del cable cuando éste sea tensado.



### 1.2.d) Roscado.

El maquinado de cuerda en los elementos de anclaje o en el mismo acero de presfuerzo (barras), es otra manera de obtener la obstrucción que se busca para evitar el desplazamiento del acero de presfuerzo con respecto al elemento que se desea presforzar.



Acción Mecánica de la cuerda



***TRABAJOS***

***PREVIOS***

## TRABAJOS PREVIOS.

A continuación se dan una serie de recomendaciones de tipo general para el postensado de elementos de concreto.

### PROYECTO

Un diseño correcto debe incluir como mínimo en planos y especificaciones:

- Definición geométrica de cada uno de los cables: Trazo del eje y posición de los anclajes y acopladores.
- Características del acero de presfuerzo: Resistencia a la tensión y área o diámetro nominal.
- Función de los anclajes (activos o pasivos).
- Definición del refuerzo local en las proximidades de los anclajes.(refuerzo de revestimiento).
- Secuencia de tensado e Inyectado.
- Fuerza de tensado (máxima) y de acuñaado (mínima) para cada extremo de tensado.
- Variación esperada de fuerza de tensado a lo largo de cada cable por fricción, en el instante del tensado y en tiempo infinito. De la primera se deduce el alargamiento esperado en el cable.
- Características del concreto: Consistencia y resistencia a la compresión requerida para poder tensar.
- Definición de la Inyección de los ductos:  
 Proporcionamiento y tipos de cemento y agua.  
 Propiedades exigibles a los aditivos en su caso.  
 Presión de Inyección.
- Deformaciones esperadas de la estructura presforzada.

### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

- El torón de presfuerzo se suministra en rollos. Estos no deben ni desbaratarse ni someterse a la intemperie, para lo cual deben ser almacenados sobre bases que impidan su vuelco y en un local cubierto. Si el ambiente exterior es muy húmedo o salino, además se les debe aplicar aceite soluble a la capa exterior del rollo.
- Cada rollo de torón debe tener su identificación y su reporte de características (como mínimo: Diámetro, área nominal, peso unitario, y curva de esfuerzo-deformación hasta la rotura).
- Los anclajes, ductos, acopladores y materiales complementarios deben ser preservados de la intemperie y almacenados de que se eviten daños a las piezas.
- Las instalaciones de obra deben incluir también un espacio cubierto donde puedan resguardarse los equipos y donde se les puedan aplicar las operaciones de mantenimiento.

### COLOCACION DE MATERIALES

Debe realizarse conjuntamente con el armado de los elementos a colar.

- 1° Trazado de los cables y colocación de silletas para los ductos. Para esta operación deben ser ajustados los moldes o cimbras.
- 2° Habilitado, tendido y cierre estanco de ductos.
- 3° Colocación de culatas de anclaje y refuerzos de reventamiento.(Placas de apoyo junto con cono o trompetas, así mismo con zuncho y demás refuerzo para evitar el reventamiento en la zona de anclaje)Cada culata debe ir fijada al molde que forma la cara del concreto en el extremo de anclaje. Este molde debe llevar la inclinación que marque el proyecto con el fin de que la cara de concreto sea perpendicular a la trayectoria del cable.
- 4° Colocación de aditamentos para inyección. Los respiraderos se amarran a los ductos en los siguientes puntos:
  - Ø En los extremos.
  - Ø Cada 20 metros.
  - Ø En los puntos más altos cuando el cable tiene varias curvaturas.

Las boquillas se colocan en los orificios provistos en las culatas. En ambos casos (respiraderos y boquillas) se conectan ductos para la salida de la lechada.

En caso de utilizar anclajes pasivos o de adherencia ahogados en el concreto, debe colocarse el cable dentro del ducto antes del colado.

## COLADO

- ❖ Si no están previamente insertados los torones dentro de los ductos es necesario rellenarlos con camisas de poly-ducto o similar para que en caso de introducirse concreto no se tapone el ducto. A las dos horas de haber concluido el colado se deben remover dichas camisas para pulverizar cualquier residuo de concreto en el interior del ducto.
- ❖ El vibrado debe ser muy cuidadoso, para evitar golpear los ductos y, en las proximidades de los anclajes, para asegurar que no queden huecos que podría provocar hundimientos al tensar. También debe vigilarse extremadamente para no dañar los ductos de salida de lechada de inyección. De ser posible el vibrado del molde para toda la pieza es mejor.

## TENSADO

La secuencia generalmente es la siguiente:

- ❖ Se cortan las puntas de los torones a la distancia que lo requiera el equipo de tensado en su caso y se eliminan sobrantes de ducto que hallan quedado en el interior de los conos de anclaje se coloca la placa de anclaje junto con sus cuñas.
- ❖ Se coloca el marco portante, la placa de acuñado (cuando exista) y luego el gato que está suspendido del dispositivo que llevan para ese efecto.
- ❖ Se efectúa el tensado, por escalones graduales de presión cada 100 Bares o cada 100 kg/cm<sup>2</sup>, según las unidades del manómetro.
- ❖ Durante el tensado se anotan los desplazamientos parciales del pistón en todas las aplicaciones de presión excepto el de 0 a 100 kg/cm<sup>2</sup>, el cual se obtiene como el promedio de todos los parciales de 100 kg/cm<sup>2</sup> (esta sería una manera de encontrar el primer desplazamiento) con lo que se absorbe el desplazamiento aparente causado por el acomodo inicial del gato y el cable. La suma de todos los parciales da el alargamiento real del cable el cual debe compararse con el calculado deducido de las características del del torón y del proyecto.
- ❖ Realización del acuñado.
- ❖ Desmontaje del gato.

## INYECTADO

Una vez aprobado el tensado por la supervisión en su caso y en un plazo que no conviene exceda de una semana:

- ❖ Se cortan las puntas de los torones a una distancia de 3 cm. de las cuñas.
- ❖ Si el elemento de concreto lleva cajetines en los extremos de anclaje, éstos se cuclan con concreto por lo menos de 250 kg/cm<sup>2</sup> o en su caso se colocan capuchas de lamina atornilladas para cubrir las placas de reparto.
- ❖ Se introduce aire comprimido por uno de los ductos de inyección.
- ❖ Se conecta la inyectora a uno de los ductos de inyección.
- ❖ Se bombea agua a través del ducto, de esta manera se facilita la entrada de la lechada.
- ❖ Se realiza la mezcla de agua, cemento y aditivo, con las calidades y proporciones que indique el proyecto, en la cubeta de mezclado durante un mínimo de 2 minutos.
- ❖ Se bombea la mezcla hasta que salga con su propia consistencia por los ductos del cable que se inyecta. En ese momento se procede a cerrarlos si dejar de inyectar con lo cual sube la presión. Cuando esta alcanza 8 kg/cm<sup>2</sup> o en el valor indicado en el proyecto, se cierra el conducto de entrada y se desconecta el equipo de inyección. El bombeo se puede interrumpir en cualquier momento haciendo reciclar la mezcla a la cubeta de inyección.
- ❖ A las 24 horas se revisan todas las salidas de lechada y si bajo el nivel rellenarlos manualmente.

***EQUIPO***

***HIDRAULICO***

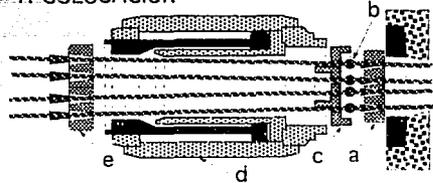
## PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL GATO

### 1. COLOCACION

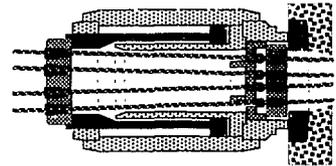
Identificación de los componentes del gato:

- Bloque de anclaje con cuñas de un empleo. (En otros sistemas llamados, Tejos, Placas de Blocaje o Núcleos de Anclaje)
- Manguitos de Caucho. (En otros sistemas son resortes, su función es uniformizar el acuñado y disminuir las pérdidas por penetración)
- Placa de Empuje. (En otros sistemas esta placa es empujada una vez terminado el tensado en dirección contraria, realizando el acuñado, a estos gatos se le denomina como de doble acción).
- Bloque de anclaje trasero con cuñas de multiuso. (Bloque de tracción).

### 1. COLOCACION



### 2. PREPARACION PARA TENSAR



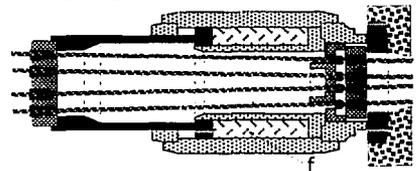
### 2. PREPARACION PARA TENSADO.

Acoplamiento del gato.

### 3. TENSADO.

Presión en la cámara de tensión (f) hasta el esfuerzo deseado en el cable, efectuada por medio de aceite o agua, impulsada por bombas de alta presión con motores eléctricos, de combustión interna o manuales.

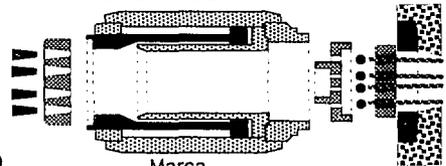
### 3. TENSADO



### 4. VACIADO Y DESMONTAJE.

Vaciado del líquido de la cámara de tensión y desmontaje del gato junto con sus componentes.

### 4. VACIADO Y DESMONTAJE



## ESFUERZO DEFORMACION EL ACERO DE PRESFUERZO

En el proceso de tensado se deben de medir los alargamientos del acero de presfuerzo para obtener la correlación de deformaciones esfuerzo en el cable, y trazar la curva esfuerzo deformación de dicho acero siguiendo un tensado real el procedimiento es el siguiente :

1) Se aplica generalmente una presión inicial de 100 Bares (con el factor de 1.01972 se obtiene la presión en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . 100 Bares es a  $101.97 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dicha presión es arbitraria es decir con algún tipo de equipo de inicio se aplican  $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ) se marca el pistón del gato.

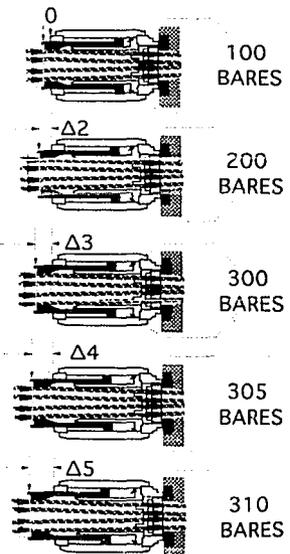
2) Se aplican 200 bares y se mide el avance ( $\Delta 2$ ) del pistón a partir de un punto fijo del gato.

3) Se aplican 300 bares y se mide el avance ( $\Delta 3$ ) del pistón a partir del punto fijado en el gato.

4) Se aplican 305 bares y se mide el avance ( $\Delta 4$ ) del pistón a partir del punto fijado en el gato.

5) Se aplican 310 bares y se mide el avance ( $\Delta 5$ ) del pistón a partir del punto fijado en el gato. Como se sabe que se esta actuando en el rango elástico la diferencia entre  $\Delta 5$  y  $\Delta 2$  será  $\Delta 1$  que es el alargamiento real para los 100 Bares iniciales, este alargamiento se puede obtener trazando una recta entre los puntos dibujados en los ejes cartesianos, siendo en el eje de las abscisas los alargamientos y en las ordenadas las presiones.

Marca



HOJA DE  
TENSADO  
**SCT**  
RESIDENCIA DE  
PUENTES

OBRA: PUENTE AMACUZAC		CABLE No. 1
CONTRATISTA: CIESA		
SISTEMA DE TENSADO: PAC		FECHA DE TENSADO
PILA No.	DOVELA No.	10 / Enero / 1992
TRABE T - 4	TRABE No. 26	

LADO DE TENSADO: A		RESISTENCIA DEL CONCRETO AL TENSAR: 357 kg/cm <sup>2</sup>
ROLLO no. 971	PROCEDENCIA: CAMESA	TRANSV. VERT. O LONGITUDINAL
No. DE TORONES: 12	TIPO: TORON $\varnothing$ 1/2" G 270 K	LADO: A
BOMBAS Nos. 7761	PROVISIONAL DEFINITIVO *	FECHA DE COLADO: 11 / sep. / 1991
GATOS Nos. 23	AREA DE PISTON: 549.78 cm <sup>2</sup>	OPERADOR:
MANOMETROS Nos. 1	A. TEORICA DEL CABLE: 11.84 cm <sup>2</sup>	AREA REAL DEL CABLE 11.83 cm <sup>2</sup>
MOD. ELASTICO PROYECTO (EP) = 1.9 x 10 kg/cm <sup>2</sup>		MOD. ELASTICO REAL (ER) = 1.9 x 10 kg/cm <sup>2</sup>
LONGITUD DEL CABLE EN PROYECTO (LP) = 37.00 m		LONGITUD DEL CABLE REAL (LR) = 37.98 m
FUERZA PRESFUERZO DE PROYECTO (F) = 168.606 t		PRESION DE TENSADO (P) = 310 Bares
PRESION TEORICA CALCULADA (P) = 313 Bares		(+ - 2.5% 321 o 305 Bares)
ALARGAMIENTO TEORICO = 262 mm	ALARG. CORREGIDO: 26.20 + - 5% 27 8 o 25.2	

PRESION Bares	EXTREMO A	1	EXTREMO B	2	1 + 2	CORRECCION INICIAL	ALARGAMIENTO TOTAL
kg/cm <sup>2</sup>	MEDIDO	MARCA Desplazada	MEDIDO	MARCA Desplazada	TOTAL DEL DESPLAZ.		
100	100						
200	182	82			82	82	164
300	270	170			170	82	252
305	277	177			177	82	259
310	282	182			182	82	264

PENETRACION DE LA CUÑA	A	B	A + B	CORRECCION=
	5	3	8	ALARGAMIENTO FINAL = 256

DOS MANERAS DE ENCONTRAR LA  $\Delta 1$

a) con la diferencia de alargamientos del  $\Delta 4$  y  $\Delta 2$ .

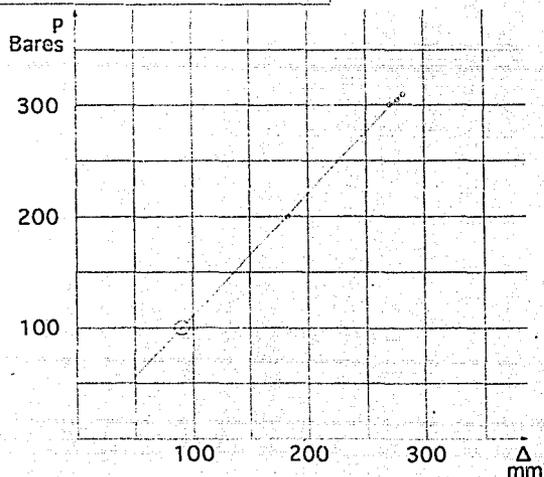
b) Trazando una recta entre los puntos de la gráfica.

$(\Delta 4 - \Delta 2) = \Delta 1$

$(282 - 182) = 100 \text{ mm}$

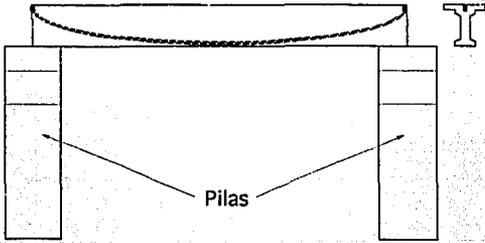
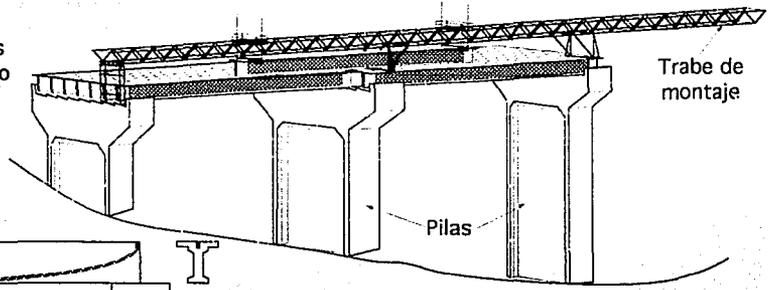
a)  $\Delta 1 = 100 \text{ mm}$

b)  $\Delta 1 = 90.5 \text{ mm}$

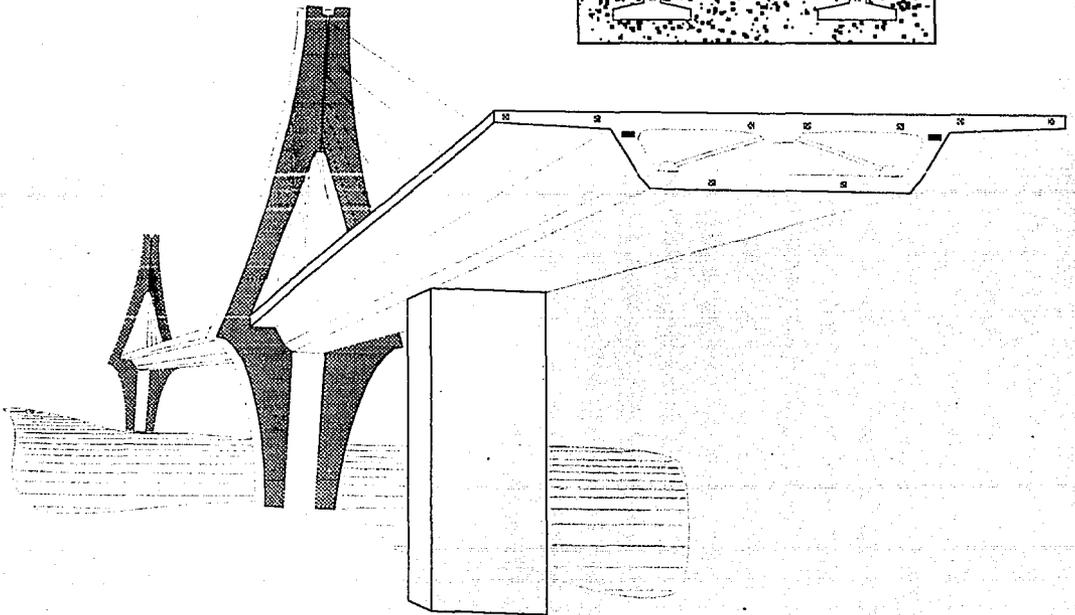
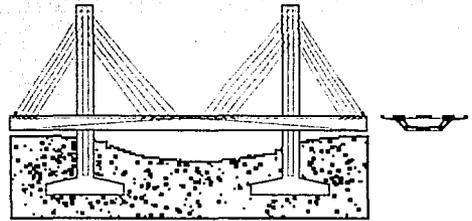


# APLICACIONES

**Puentes de traves.**  
 Puentes tradicionales de traves colocadas en su sitio por medio de una trabe de montaje

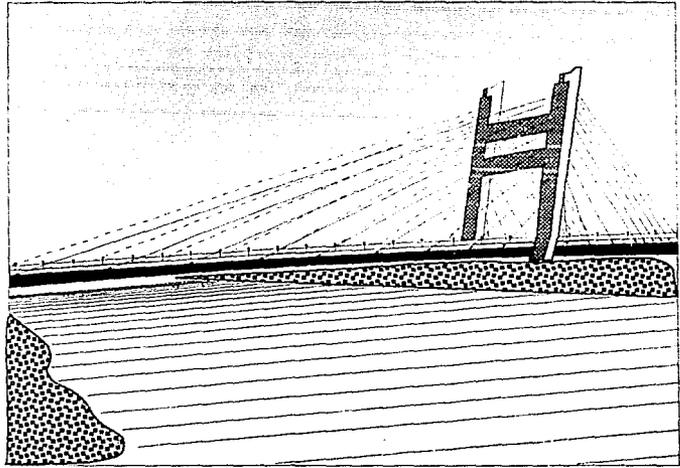


**Puentes atirantados**



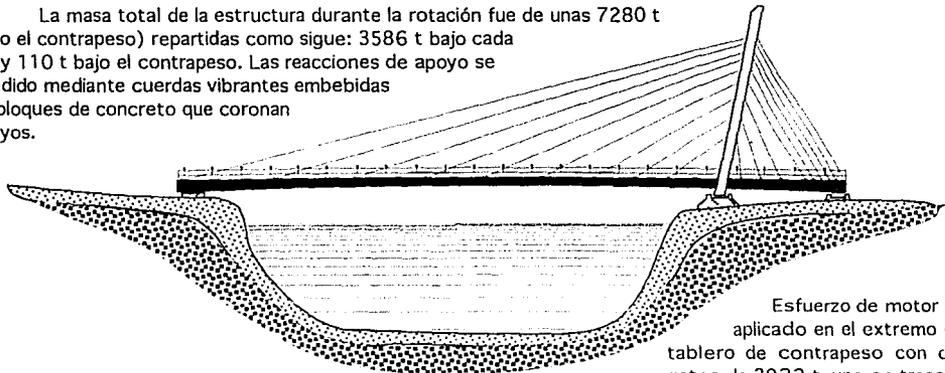
**Puentes atirantados**

El Puente de los Mártires en Francia atirantado de dos tramos desiguales. Dicho puente está formado por una placa de acero soportada por dos traveses presforzados, contraventeados a nivel de los tirantes. El puente está completamente suspendido mediante dos series de tirantes, de una pila constituida por dos mástiles gemelos inclinados 12° hacia el tramo más corto. El desequilibrio de los esfuerzos debido a la asimetría de los tramos se compensa mediante un contrapeso, esencialmente constituido por el estribo del tramo corto. Longitud total del puente: 187.60 m, longitud del tramo largo: 120.41 m, Ancho del puente 14.40 m, altura de los mástiles: 50.65 m.



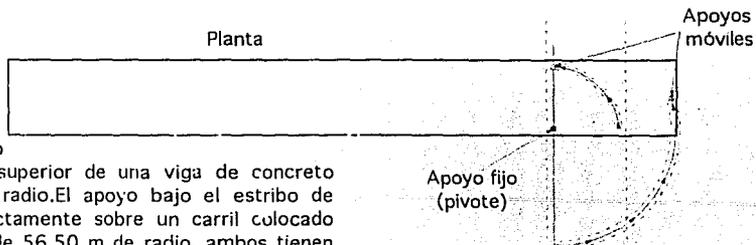
La estructura se ha construido en el margen del río, paralelo al mismo, para luego colocarlo en su sitio mediante una rotación de más de 90°. Durante la operación de rotación la estructura está soportada en planta en tres puntos, un apoyo bajo cada mástil y un apoyo en el centro del estribo de contrapeso (complementado con un peso adicional).

La masa total de la estructura durante la rotación fue de unas 7280 t (incluido el contrapeso) repartidas como sigue: 3586 t bajo cada mástil, y 110 t bajo el contrapeso. Las reacciones de apoyo se han medido mediante cuerdas vibrantes embebidas en los bloques de concreto que coronan los apoyos.



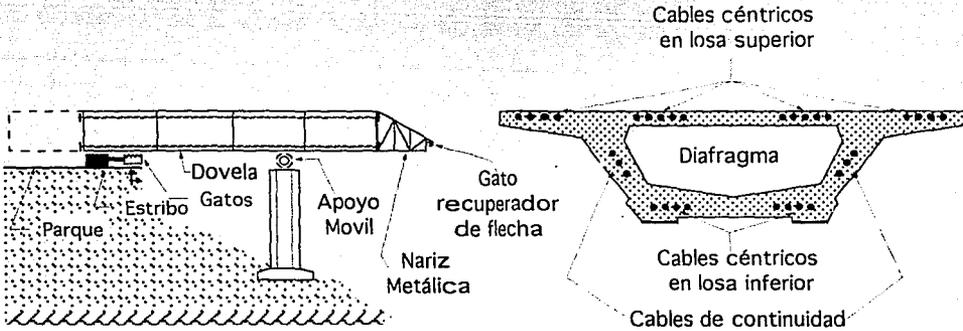
Esfuerzo de motor aplicado en el extremo del tablero de contrapeso con dos gatos de 3922 t, uno en tracción y otro en empuje

El apoyo bajo el mástil aguas abajo sirve de pivote. Los otros dos apoyos deslizan sobre dos caminos circulares. El apoyo bajo el mástil aguas arriba desliza sobre patines de neopreno colocados en la parte superior de una viga de concreto circular de 14.2 m de radio. El apoyo bajo el estribo de contrapeso desliza directamente sobre un carril colocado sobre una viga circular de 56.50 m de radio, ambos tienen placas con chapa de acero inoxidable pulido adheridas en la parte inferior de la estructura.



**Aplicaciones.**

Construcción de puentes más tecnificados, simples y económicos que actualmente existe, es decir el de LANZAMIENTO POR INCREMENTOS SUCESIVOS. (*Empujado*)



**Idea Básica.**

La superestructura se fabrica en tramos o dovelas de determinada longitud en el parque de prefabricación atrás del estribo, exactamente en el eje del puente.

Cada dovela subsecuente se cue!a contra la anterior, de tal forma que cuando el concreto ha endurecido y ha sido presforzado se lanza en esa longitud, por medio de unos dispositivos hidráulicos.

Durante el lanzamiento del puente, la superestructura está expuesta a variaciones de los momentos flexionantes, de valores negativos y positivos máximos por peso propio, que se presentan alternadamente en las partes superior e inferior de cada sección.

La consecuencia de este hecho es disponer el presfuerzo constante y recto, en las fibras superiores e inferiores de la sección que sea capaz de soportar la gran amplitud de momentos, al moverse el puente por todas las pilas durante la construcción, a este presfuerzo se le denomina CENTRICO.

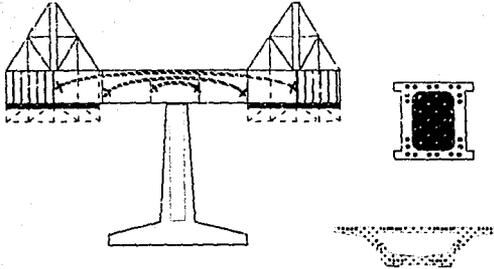
Al terminar el lanzado se le añadirán otras familias de cables de CONTINUIDAD, que compensaran los momentos negativos por sobrecarga vehicular, no absorbidos por el presfuerzo CENTRICO.

La sección más usada es cajón con una relación de esbeltez de 12 a 15, el primer valor para claros mayores y el segundo para los menores, que oscilan entre 30 y 60 m. respectivamente. Generalmente por economía los claros son de igual longitud excepto los extremos que no deben exceder al 75% de los claros tipo.

Durante el lanzado se presenta un problema, cuando un claro entero está en voladizo, en cuyo caso sería el momento máximo con valor  $PL/2$ , siendo P la carga por peso propio, esta situación es inadmisibile desde el punto de vista económico, por lo cual se dispondrá de un elemento metálico ligero para poder alcanzar el siguiente apoyo y evitar el efecto antes mencionado, NARIZ DE LANZAMIENTO con un peso aproximado de 1 t/ml a 2 t/ml. El tamaño de dicha nariz generalmente es de entre 50% y 60% del claro libre, el primer valor es usual para puentes de ferrocarril y el segundo para puentes carreteros.

Equipo auxiliar necesario.

- ∩ Parque de Prefabricación.
- ∩ Nariz de Lanzamiento.
- ∩ Sistema de Empujado.
- ∩ Apoyos Deslizantes.

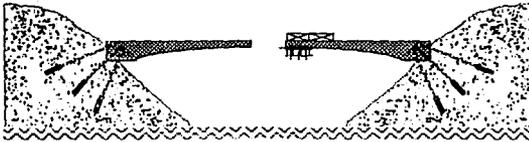


**Puentes construidos por voladizos.**

Existen variantes dentro de esta especialidad:  
 a) Construido por dovelas prefabricadas y colocadas simultáneamente a ambos lados de la pila de sección variable o constante.

b) Construido simultáneamente a ambos lados de la pila apoyándose en la dovela anterior y con cimbra deslizante, puede ser sección cajón constante o variable.

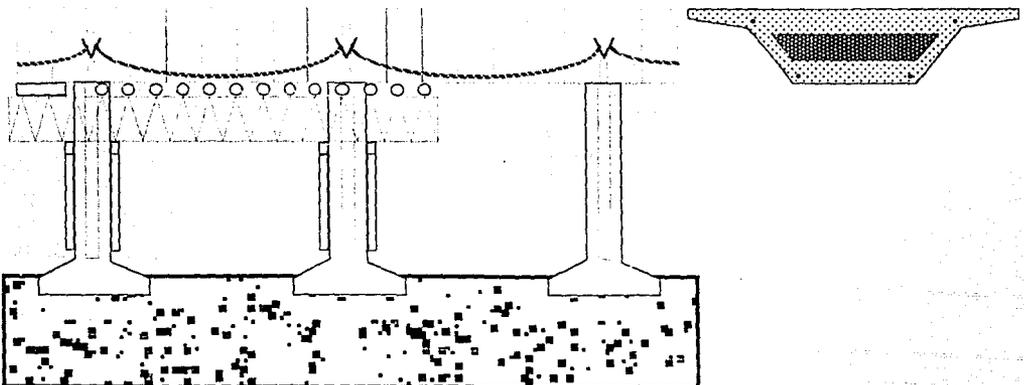
c) Construido en voladizo totalmente individual partiendo del estribo, es común sección cajón variable, usando cimbra autoportante.



**Puentes a base de dovelas prefabricadas.** Las dovelas son colocadas en una cimbra de montaje y ensambladas por tramos enteros apoyándose uno contra el inmediato anterior aplicándose resinas epoxicas en las caras de las dovelas y en la última del tramo existente, antes del tensado, generalmente a base de barras de presfuerzo. (Metro Monterrey Mex.)

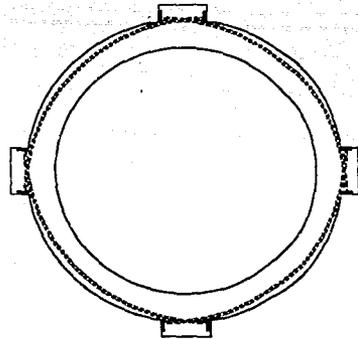
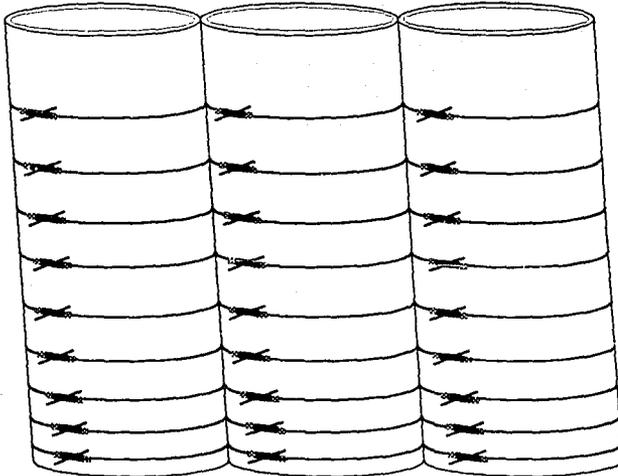
Las dovelas son 17 por tramo de aproximadamente 60 t de peso promedio y de media dovela en pila 66 t, se apoyan en tres trenes de rodillos.

La cimbra consta de dos vigas paralelas de 103.75 m de longitud, cada viga conformada por una parte central de 52.15, de una parte delantera de 35.5 m y una trasera de 16.13m. La parte central tiene seis elementos de longitud variable de 4.57 m de altura, estos elementos se ensamblan con un perno de cortante de 13 cm  $\varnothing$  y con barras de presfuerzo de 36 mm de  $\varnothing$ . El peso total de la cimbra ya equipada es de 268 t. (Datos del puente Riverside en el río Han en Seúl Corea).



**Tanques y Silos.**

Para almacenar grandes volúmenes de líquidos donde el postensado cumple una tarea importante para evitar fisuras en el concreto haciendo herméticos dichas estructuras utilizando anclaje monotorón. Se ejemplifican dos casos 1) Los torones se tensan por los dos lados primero uno y después otro. 2) Los torones son tensados por los dos extremos simultáneamente.



**Reforzamiento de estructuras.**

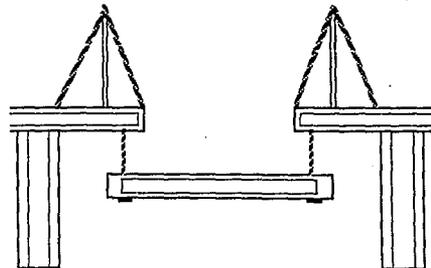
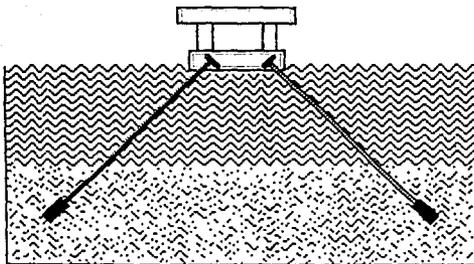
Caso de silos para almacenar malta, con una capacidad de 1500 toneladas cada uno y una sección de 9 metros de diámetro y 33 metros de altura.

El refuerzo consiste en rodear cada silo con 18 cables 1T15 envainados y engrasados, con un lubricante solvente al agua, para que el tensado no se dificulte, después de tensados deben ser inyectados con lechada de cemento. Los anclajes utilizados en este caso son del tipo Freyssinet X, llamados así, por quedar en esta disposición los torones tensados.

**Aplicaciones derivadas del postensado.**

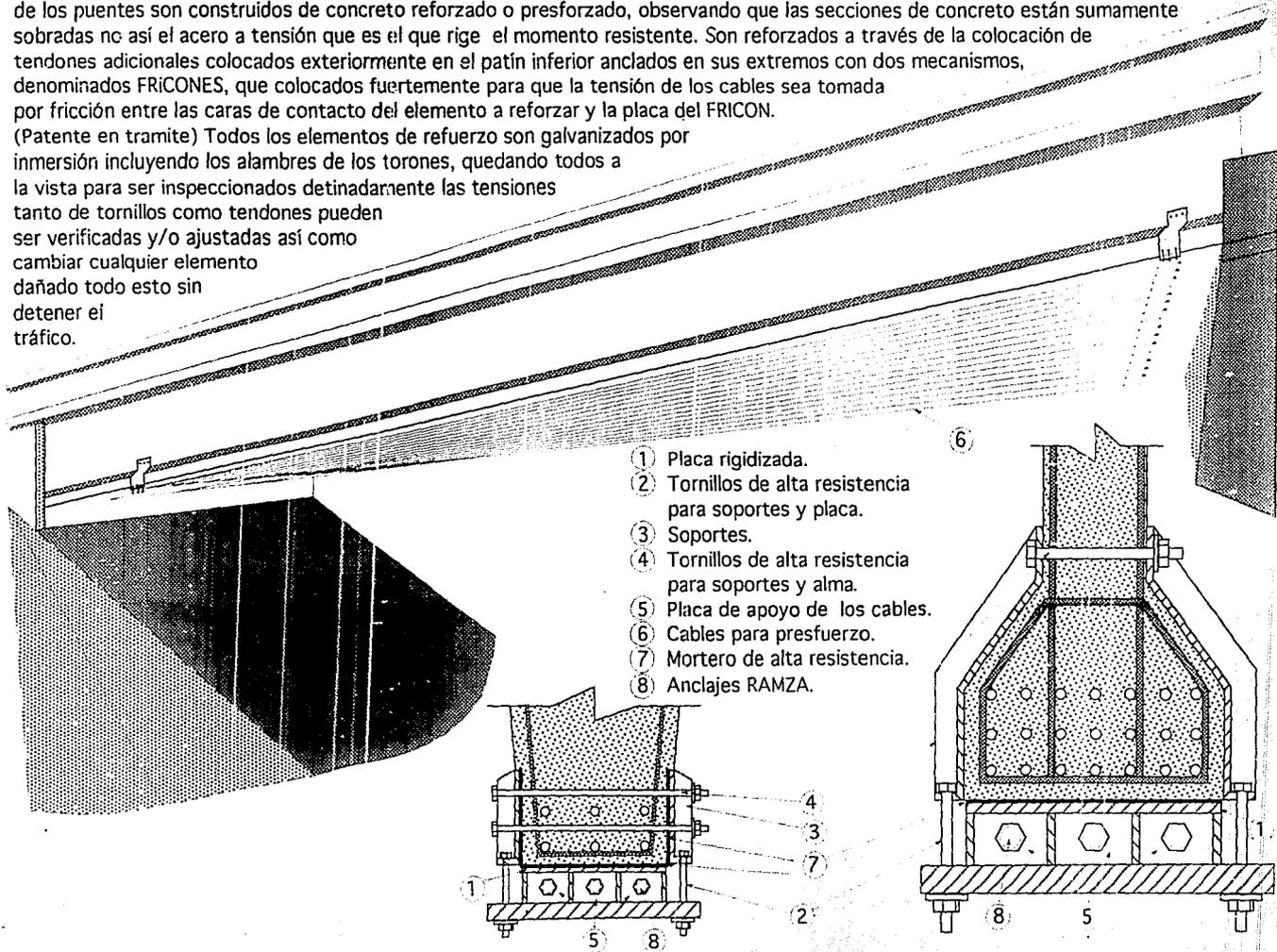
Como en las estructuras sobre el agua pudiendo ser plataformas marinas muelles etc. El uso es en el anclaje al fondo.

Izajes, descensos y desplazamiento de cargas en el montaje de elementos de una estructura o de estructuras completas, para detenerlas en los puntos de amarre



### Refuerzo de puentes.

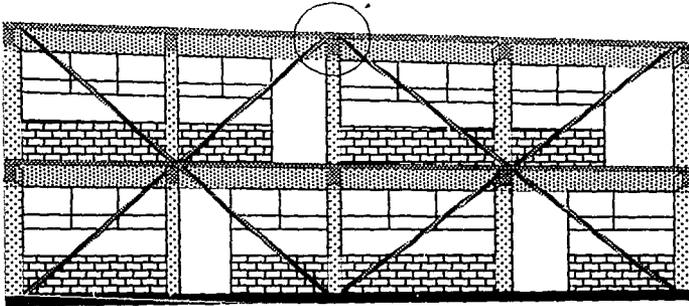
Debido a la saturación del sistema carretero por vehículos no contemplados en el proyecto original y que rebasan con mucho a los tomados en cuenta para el diseño de los puentes carreteros, existe el peligro de colapsos en la mayoría de los puentes. La mayoría de los puentes son construidos de concreto reforzado o presforzado, observando que las secciones de concreto están sumamente sobradas no así el acero a tensión que es el que rige el momento resistente. Son reforzados a través de la colocación de tendones adicionales colocados exteriormente en el patín inferior anclados en sus extremos con dos mecanismos, denominados FRICONES, que colocados fuertemente para que la tensión de los cables sea tomada por fricción entre las caras de contacto del elemento a reforzar y la placa del FRICON. (Patente en trámite) Todos los elementos de refuerzo son galvanizados por inmersión incluyendo los alambres de los torones, quedando todos a la vista para ser inspeccionados detenidamente las tensiones tanto de tornillos como tendones pueden ser verificadas y/o ajustadas así como cambiar cualquier elemento dañado todo esto sin detener el tráfico.



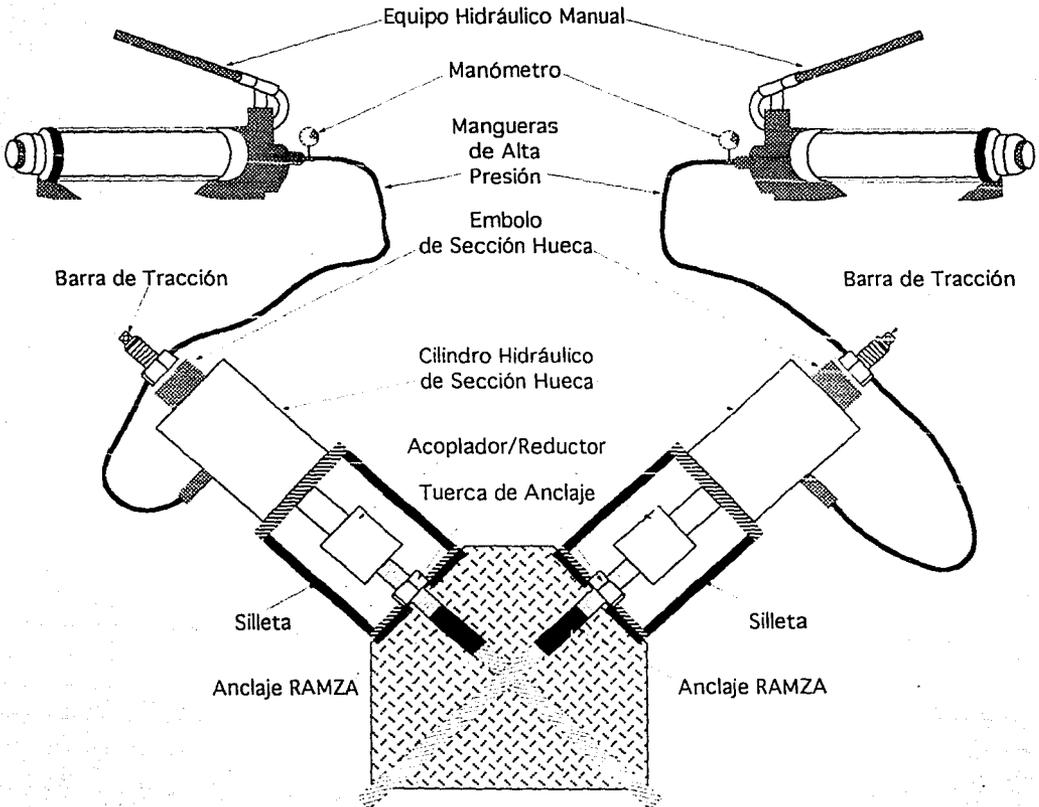
**Refuerzo de estructuras.**

Por medio de cables colocados como contraventeo, para un comportamiento adecuado en presencia de sismo, muchas escuelas que presentaban debilidad en un sentido fueron reforzadas de esta manera.

Detalle

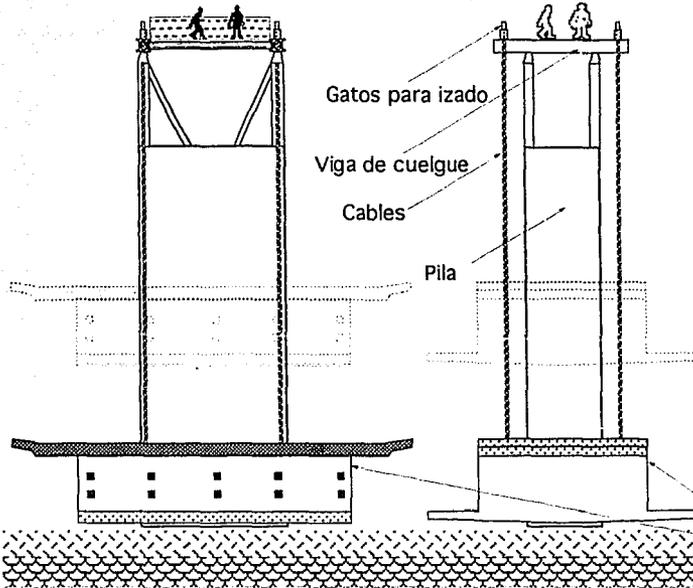


Detalle de los anclajes y el equipo manual de tensado para los cables de contraventeo.



**Aplicaciones derivadas del postensado.**

Manejo de grandes cargas con movimientos en cualquier dirección apoyandose en el equipo hidráulico para multitorones para llevar a cabo esta operación.

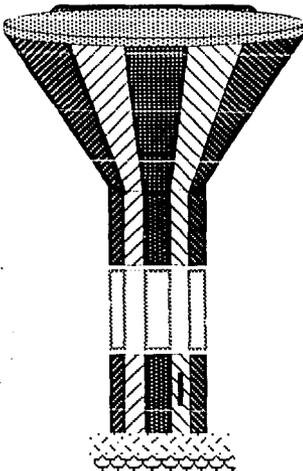


Izado del cabezal de pila del puente EL POZUELO, para la autopista concesionada México -Acapulco, fue construido independiente de la propia pila y fue elevado en solo diez horas a su posición definitiva.

Utilizando la hidráulica de alta presión, con cuatro gatos (mismos para postensado) operados con paquetes de 19 torones de 0.6" con una capacidad individual de 250 toneladas efectivas, este sistema permite alturas superiores a los 100 m.

( SISTEMA DEL )

Cabezal construido a nivel de terreno natural



Elevación de depósitos construidos en el suelo, con sistemas hidráulicos que permiten el desplazamiento en cualquier dirección de cargas muy pesadas de una manera simple, económica y elegante .

( SISTEMA FREYSSINET )

Posibilidad de mover estructuras completas o parte de ellas tales como plataformas petrolíferas, cabezales y partes prefabricadas de puentes, techumbres de naves industriales, estadios deportivos, silos, losas de edificios chimeneas plataformas de torres de comunicación. de agua etc.

## II

# S I S T E M A F R E Y S S I N E T

En 1934 Eugène Freyssinet (FRANCIA) dio inicio al uso del presfuerzo y más comercialmente hacia el final de la segunda guerra mundial 1945 con la Sociedad Técnica para la Utilización del Presfuerzo (STUP), que hoy en día lleva su nombre. Freyssinet International.

*Pretensar una construcción, es someterla, antes de aplicar las cargas, a fuerzas adicionales que determinan unas tensiones tales que al componerse con las que provienen de las cargas dan en todos los puntos, resultantes inferiores a las tensiones límites que la materia puede soportar indefinidamente.*

*Eugène Freyssinet.*

En la actualidad el sistema freyssinet está a la vanguardia en la tecnología del presfuerzo pudiendo otorgar un servicio completo "llave en mano" para todo tipo de obra desde la más modesta a la más compleja.

## A c t i v i d a d e s

- Cajones y edificios de reactores nucleares.
- Puentes Empujados.
- Puentes Atirantados.
- Puentes en voladizos Sucesivos.
- Viaductos.
- Plataformas Marítimas.
- Obras Hidráulicas.
- Silos.
- Depósitos de Líquidos.
- Depósitos de líquidos Elevados.
- Instalaciones Deportivas.
- Chimeneas.
- Torres.
- Edificación.
- Instalaciones Industriales.
- Túneles.
- Estabilización de taludes.
- Prefabricación de vigas postensadas.

## S e r v i c i o s

- Cálculo y diseño de estructuras.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo: △ Adherido y no adherido.
    - △ Alambre.
    - △ Torón.
    - △ Barra roscada.
- Asesoría y Supervisión.
- Reparación, y mantenimiento de estructuras:
  - ⊖ Desplazamiento y cambio de apoyos.
  - ⊖ Inyección de grietas.
  - ⊖ Superficie de rodamiento.
  - ⊖ Cambio de juntas de dilatación.
- Servicios Especiales:
  - ⊖ Manejo de grandescargas con movimientos en cualquier dirección.
  - Procedimientos constructivos.
  - Prefabricación.
  - Servicios constructivos:
    - ⊖ Puentes atirantados.
    - ⊖ Puentes empujados.
    - ⊖ Puentes en voladizo.
    - ⊖ Puentes en doble volado.
    - ⊖ Puentes en dovelas prefabricadas.
    - ⊖ Montaje de prefabricados.
    - ⊖ Vigas de lanzamiento, etc.

## P r o d u c t o s

- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Torón y Multitorón.
- Barras de presfuerzo.
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Gatos para formar cabezas de alambre.
- Gatos de extrusión para manguitos de torón.
- Bombas de alta presión para los gatos.
- Equipos de inyección:
  - ⊖ Mezcladoras.
  - ⊖ Bombas de inyección.
- Cables y Ductos.
- Cimbras:
  - ⊖ Vigas tipo AASHTO.
  - ⊖ Doble volado.

## Otros productos

- Tirantes para puentes.
- Gatos planos.
- Apoyos:
  - ⊖ Elastomero Zunchado.
  - ⊖ Neoflón.
  - ⊖ Tetron.
- Resinas.
- Juntas de calzada.
  - ⊖ FT.
  - ⊖ Monobloc.
  - ⊖ SL.

## Resumen para postensión

FUERZA DE ROTURA NOMINAL t	COMPOSICION DE LA UNIDAD	TIPO DE ANCLAJE
18.7	1 torón de 12.7 mm	1 M 13
26.5	1 torón de 15.2 mm	1 M 15
37.4	2 torones de 12.7 mm	2 M 13
38.0	12 hilos de 5 mm	12 F 5
53.0	2 torones de 15.2 mm	2 M 15
70.0	12 hilos de 7 mm	12 F 7
79.5	3 torones de 15.2 mm	3 M 15
92.0	12 hilos de 8 mm	12 F 8
112.2	6 torones de 12.7 mm	6 V 13
130.9	7 torones de 12.7 mm	7 K 13
185.5	7 torones de 15.2 mm	7 K 15
224.4	12 torones de 12.7 mm	12 V 13
224.4	12 torones de 12.7 mm	12 K 13
318.0	12 torones de 15.2 mm	12 V 15
318.0	12 torones de 15.2 mm	12 K 15
355.3	19 torones de 12.7 mm	19 K 13
503.5	19 torones de 15.2 mm	19 K 15
504.9	27 torones de 12.7 mm	27 K 13
691.9	37 torones de 12.7 mm	37 K 13
715.5	27 torones de 15.2 mm	27 K 15
980.5	37 torones de 15.2 mm	37 K 15
1028.5	55 torones de 12.7 mm	55 K 13

## Características nominales del acero de presfuerzo

ALAMBRES			TORONES		
DIAMETRO mm	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	PESOS kg/m	DIAMETRO mm	RESISTENCIA t	PESOS kg/m
5	16200.0	0.16	12.7	18.7	0.8
7	15200.0	0.3	15.2	26.5	1.13
8	15200.0	0.4			

## Equipos

Gatos para tensar, ya han sido mencionados en las tablas de los anclajes.

### Gatos especiales

Aplicación	Modelo
Remachado de cabezas en los extremos de los alambres 5,7,8 mm de diámetro.	H - 1
Remachado de cabezas en los extremos de los alambres 5, 7, 8 y 12 mm. de diámetro.	H - 2
Extrusionado de Manguitos FU - 500 y FU -600 para torones de anclajes pasivos y acopladores	Gato de Extrusión

Bombas de alta presión (para todos los gatos antes mencionados)

Funcionamiento	Presión Máx. Kg /cm <sup>2</sup>	Modelo
Motor Eléctrico.	744.4	P - 3
Motor Eléctrico.	642.4	P - 6M
Motor Eléctrico y Motor Diesel.	703.6	L - 3
Motor Eléctrico y Motor Diesel.	1019.7	Mg. P

### Equipos de inyección Mezcladoras

Tipo	Capacidad	Modelo
Agitador eléctrico de hélices	150 litros	J - 7
Mezcladora eléctrica con turbinas de alta turbulencia	2000 l/hr	2001

### Bombas de inyección

Tipo	Capacidad	Presion Max. Kg /cm <sup>2</sup>	Modelo
Bomba eléctrica de pistones	1200 l/hr	40.8	J - 6
Bomba hidráulica de pistones con motor eléctrico de arrastre	2000 l/hr	35.7	2001

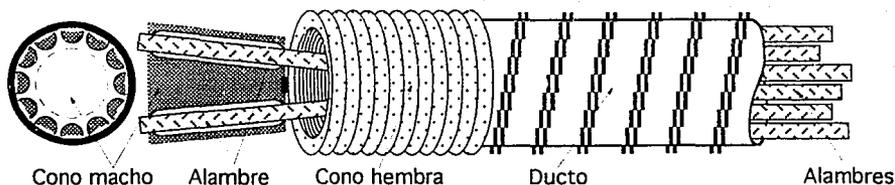
## Cables y Ductos

Equipos especializados como devanadoras, enrolladores, enfiladoras para la fabricación total de cables, ducto nervado, accesorios diversos para todo tipo de anclajes, ductos, tubos de inyección, purgas, empalmes para purgas,etc.

## Anclajes del sistema Freyssinet.

### Multialambre

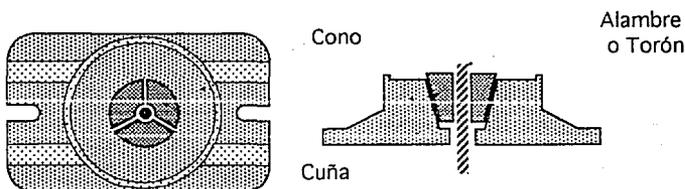
Uno de los primeros sistemas que se utilizaron, está constituido por 12 alambres que se tensan simultáneamente en una sola operación. Los elementos del anclaje cono macho y cono hembra son de concreto armado de fácil fabricación, también los hay de acero forjado.



TIPO DE ANCLAJE	FUERZA			PESO DEL CABLE kg/m	DIAMETRO INTERIOR DEL DUCTO mm	GATO DE TENSADO	CARRERA UTIL mm	PRESION MAXIMA EN GATO kg/cm	PESO DEL GATO kg	SECCION DE TENSION cm
	70%	80%	100%							
12 F 5	26.5	30.3	37.9	1.9	30	U-3	200	499.66	70	157.8
12 F 7	49.9	56.0	69.9	3.7	40	U5, S7 CR	300	499.66	80	157.8
12 F 8	64.3	73.5	91.9	4.8	45	U5*, S7 CR	300	499.66	80	157.8

### Monotorón de hasta tres unidades.

Construidos en acero forjado, para ser utilizados con torones engrasados o inyectados de lechada, el uso más frecuente es en losas con claros mayores que los de losas comunes o pisos industriales para tránsito de cargas pesadas.

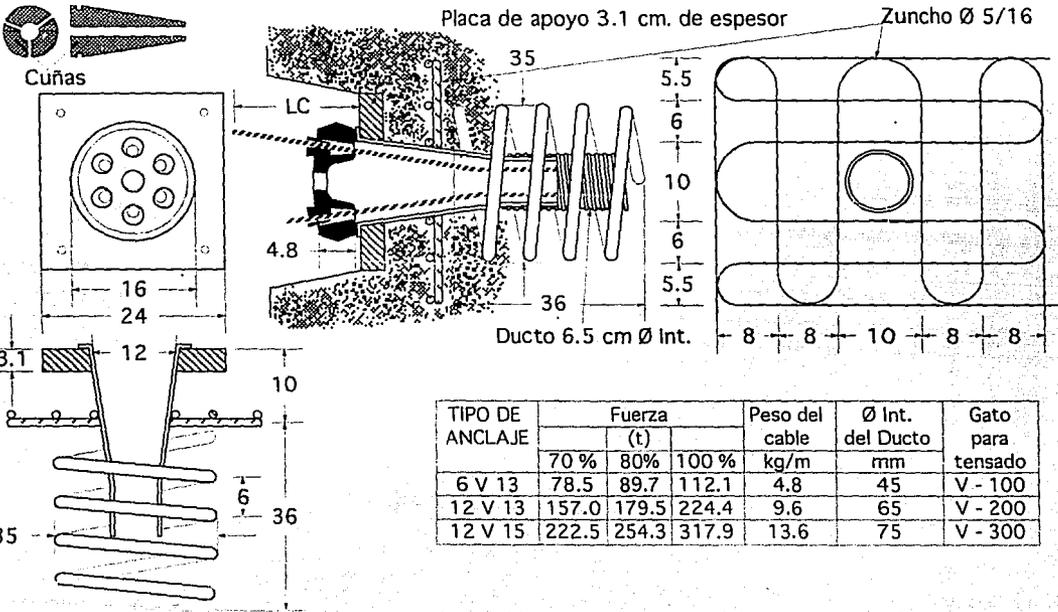


TIPO DE ANCLAJE	FUERZA (t)			PESO DEL CABLE kg/m	DIAMETRO INTERIOR DEL DUCTO mm	GATO PARA TENSAR
	70 %	80 %	100 %			
1 M 13 *	13.0	14.9	18.7	0.80	25	M23 (SC - 2)
1 M 15 *	18.6	21.2	26.5	1.13	30	M23 (SC - 2)
2 M 13 *	26.1	29.8	37.3	1.60	**	M23 (SC - 2)
2 M 15 *	37.1	42.4	53.0	2.26	**	M23 (SC - 2)
3 M 15	55.7	63.6	79.5	3.39	25 x 58	M23 (SC - 2)

\* Anclajes para torón engrasado o inyectados con lechada. \*\* Ducto ovalado.

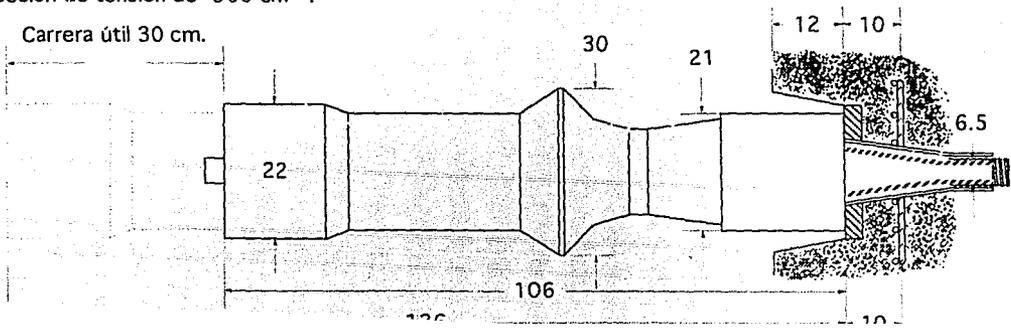
### Anclaje V

Sistema tradicional multitorón, la disposición de los torones en la placa de bloqueaje es característica, son colocados perimetralmente, tiene una perforación central que puede ser utilizada como conexión con un acoplador si se le maquina cuerda, también como purga o punto de inyección de lechada. Se clasifica como tipo activo desde donde se puede realizar el tensado o como pasivo en caso de que no se puedan utilizar el pasivo por adherencia, cuando se utiliza como pasivo la longitud de corte del torón es mínima 20 cm. a partir de la placa de apoyo, colocándose las cuñas a golpe con un tubo, el bloqueo queda concluido cuando se tensa por el lado activo. El tensado en éste sistema se realiza simultáneamente en todos los torones que pasan a través del equipo requiriéndose una longitud de corte (LC) para este caso de 65 cm. dependiendo del equipo. El acuñado se realiza con el mismo equipo de tensado con un mecanismo hidráulico que trabaja en sentido opuesto al tensado obteniéndose pérdidas por penetración de cuñas es mínimas. Medidas de un anclaje 12 V 13 todo en cm.



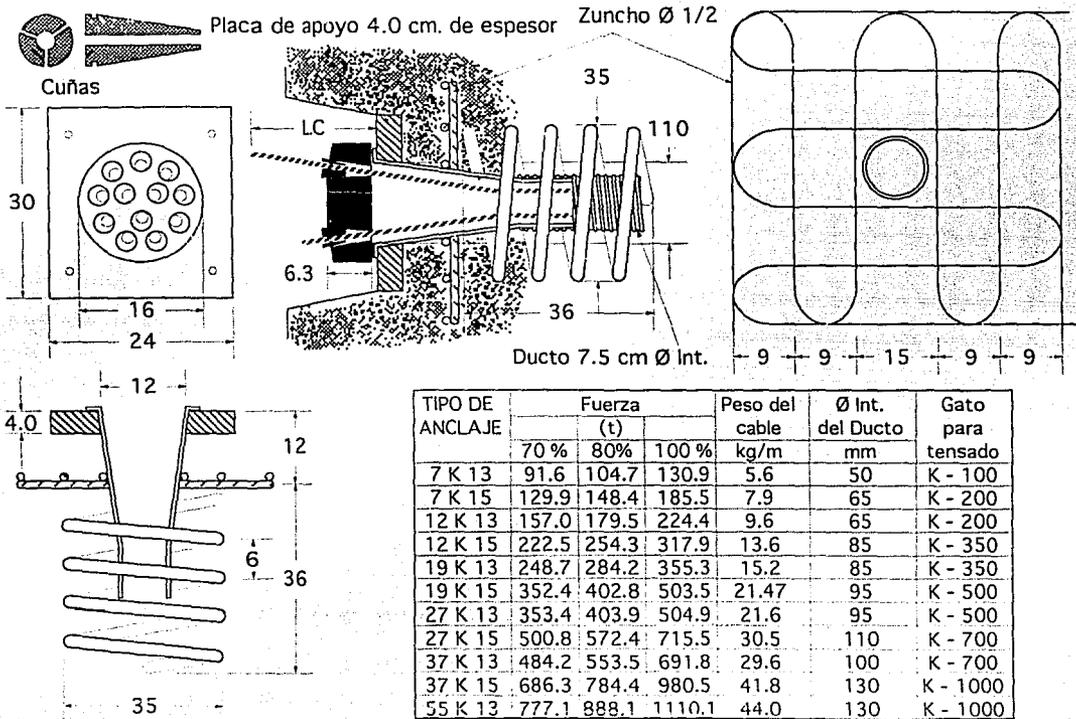
### Equipo de tensado.

En esta gráfica se muestra el tipo S-6 (V-200) con un peso de 188 kg, presión máx. de tensado 662.6 kg/cm<sup>2</sup>, presión de acuñamiento de 509 kg/cm<sup>2</sup> y una sección de tensión de 300 cm<sup>2</sup>.



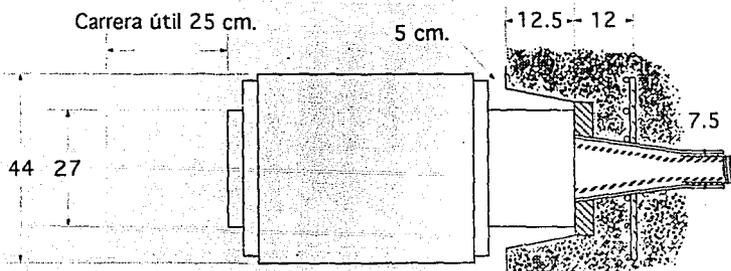
### Anclaje Monogrupo K

Permite una variedad de fuerzas que van desde 130 a 1030 toneladas de aplicación en estructuras que exigen una gran potencia en sus cables de presfuerzo como lo son los tirantes de puentes que en algunos casos llegan a la 3000 toneladas. En este anclaje la disposición de los torones abarca toda el área de la placa de bloqueo. Se clasifica como activo pero puede quedar como pasivo según necesidades de proyecto. Todo el proceso de tensado es parecido al descrito en el anclaje V solo que la longitud del torón es mayor para este caso son 90 cm. y también depende del equipo de tensado. Medidas de un anclaje 12 K 15 todo en cm.



### Equipo de tensado.

En esta gráfica se muestra el tipo K - 350 con un peso de 428 kg, presión máx. de tensado 652.4 kg/cm<sup>2</sup>, presión de acuñamiento de 502 kg/cm<sup>2</sup> y una sección de tensión de 490 cm<sup>2</sup>.

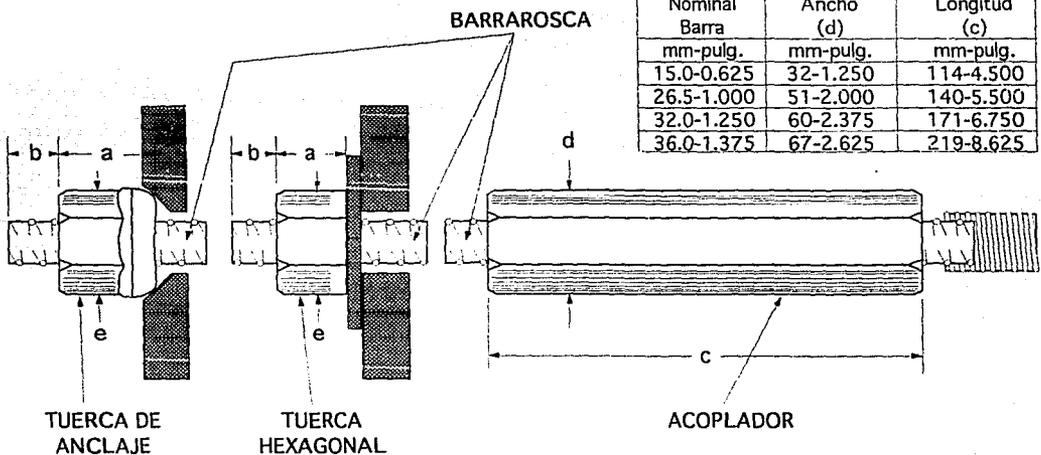


### Barra para postensado DYWIDAG.

El sistema Freyssinet utiliza otros sistemas para barras de presfuerzo. Sistema "Barrarosca" de DYWIDAG producida por DYWIDAG SYSTEMS INTERNATIONAL, USA, INC. (DSI USA Inc.), se produce en dos tipos, como acero de refuerzo y de presfuerzo, ASTM A 615 (Grado 60 límite elástico) y ASTM A 722 Grado 150 a la ruptura respectivamente. La barrarosca se usa para postensado, anclas al terreno (en roca o tierra) refuerzo etc. La barrarosca cuenta con un corrugado en forma de cuerda la cual es más fuerte que las cuerdas normales y se producen con cuerda izquierda y derecha. Las corrugaciones (cuerda) no reducen el área de la sección de la barra. La barrarosca se manufactura en una longitud de hasta 18.3 m (60 pies) se puede cortar a la medida en fábrica o en campo.

Dimensiones de los acopladores

Diámetro Nominal Barra	Diámetro Ancho (d)	Longitud (c)
mm-pulg.	mm-pulg.	mm-pulg.
15.0-0.625	32-1.250	114-4.500
26.5-1.000	51-2.000	140-5.500
32.0-1.250	60-2.375	171-6.750
36.0-1.375	67-2.625	219-8.625



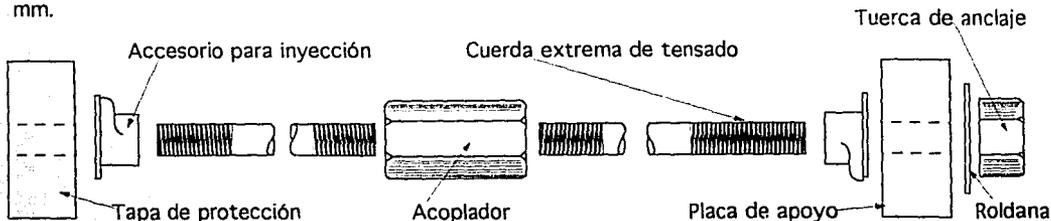
La barrarosca no debe ser esforzada permanentemente con más del 80% del esfuerzo de ruptura. La carga útil sin considerar las pérdidas (acortamiento elástico y fluencia del concreto, relajación del acero, fricción) es de un 70% del esfuerzo de ruptura. El nivel de esfuerzos en el acero de presfuerzo depende de la aplicación en particular en una aproximación se puede considerar como un 60% del esfuerzo de ruptura.

Diámetro Nominal	Area de la Barra	Carga de Ruptura	Peso	Diámetro Máximo	Tuerca de Anclaje Longitud (a)	Tuerca Hexagonal Longitud (a)	Tuercas Ancho (e)
mm-pulg.	mm -pulg.	klb.-t	kg/m-lb/pie	mm-pulg.	mm-pulg.	mm-pulg.	mm-pulg.
15.0-0.625	177-0.28	43.5-19.73	1.47-0.98	18-0.750	41-1.625	51-2.000	32-1.250
26.5-1.000	551-0.85	127.5-57.83	4.48-3.01	30-1.125	48-1.875	64-2.500	44-1.750
32.0-1.250	804-1.25	187.5-85.05	6.53-4.39	37-1.437	64-2.500	79-3.125	54-2.125
36.0-1.375	1018-1.58	237.0-107.5	8.27-5.56	41-1.562	70-2.750	89-3.500	60-2.375

"b" es la longitud mínima para efectuar el tensado o el acoplamiento de la barrarosca es igual a:  $b = c/2 + 13 \text{ mm (0.5 pulg.)}$  Los acopladores y tuercas resisten la carga mínima de ruptura garantizada de la barrarosca.

### Barra para postensado Macalloy.

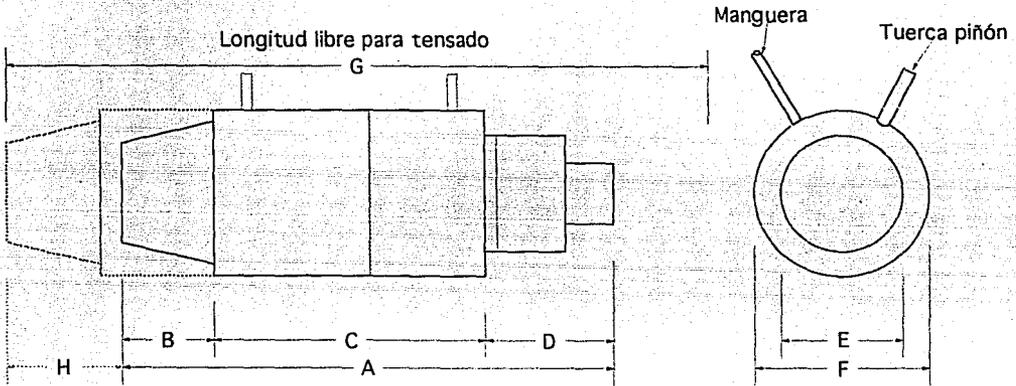
Otro sistema que Freyssinet utiliza son las Barras Lisas de Presfuerzo Macalloy producidas por McCALLS SPECIAL PRODUCTS (Empresa Inglesa) fabricada en dos tipos, la Standard Macalloy con un diseño en su aleación de acero al Carbón-Cromo y la Stainless Macalloy en un acero con aleación de Níquel-Cromo siendo endurecido durante su manufacturación para dar las propiedades específicas de un acero de presfuerzo. Las longitudes comerciales son las siguientes para las barras Standard Macalloy con cuerda en cada extremo hasta 18 m en diámetros nominales de 25 a 40 mm, y hasta 8.4 m para 50 mm. para barras Stainless Macalloy con longitudes de hasta 6 m para diámetros de 20 a 40 mm.



Concepto	U	DIAMETRO NOMINAL DE LAS BARRAS EN mm							
		20*	25	26.5	32.0	36	40	50	
BARRA	Area	cm <sup>2</sup>	3.142	4.909	5.515	8.043	10.179	12.566	19.635
	Peso/m	kg	2.466	4.069	4.560	6.661	8.451	10.41	16.02
	Carga de ruptura	t	32.12	51.5	57.9	84.6	106.9	132.6	199.9
TUERCA	Tipo de tuerca		SN20	N25	FN26.5	N32	FN36	N40	FN50
	Longitud	mm	25	32	36	40	45	50	70
	Ancho	mm	42	47	52	56	62	65	90
ROLDANAS	Tipo de roldana		SSW20	SW25	FSW26.5	SW32	FSW36	SW40	FSW50
	Diámetro Ext.	mm	50	60	65	70	75	80	105
	Grueso	mm	5	5	5	5	5	5	5
ACOPLADORES CUERDA FINA	Tipo de acoplador		SC20	C25	-	C32	-	C40	-
	Diámetro Ext.	mm	35	42.5	-	50	-	60	-
	Longitud	mm	55	75	-	100	-	125	-
ACOPLADORES CUERDA GRUESA	Tipo de acoplador		-	FC25	FC26.5	FC32	FC36	FC40	FC50
	Diámetro Ext.	mm	-	42.5	42.5	50	57.5	62.5	76
	Longitud	mm	-	85	90	100	130	140	170
PLACAS EXTREMAS	Tipo de placa		SSP20	P25	FP26.5	P32	FP36	P40	FP50
	Longitud	mm	100	100	110	125	140	150	200
	Ancho	mm	100	100	110	125	140	150	175
	Grueso	mm	25	40	40	50	50	60	60
	Ø para cuerda fina	mm	26	31	-	38	-	46	56
	Ø para cuerda gruesa	mm	-	35	36	41	45	52	61
	Ø Tapa de protecc.	mm	20	25	-	32	-	40	50
DUCTOS	Ø para cuerda gruesa	mm	-	41	41	46	51	56	66
	Ø Acoplador	mm	50	59	59	66	71	75	91
	Tipo de accesorio		-	GF25	GF25	GF32	GF36	GF40	-
ACCESORIO PARA INYECCION DE LECHADA	Longitud	mm	-	125	125	125	140	140	-
	altura	mm	-	40	40	40	40	40	-
	Avance cuerda Fina	mm	1.581	1.814	-	2.117	-	2.540	-
	Avance cuerda gruesa	mm	-	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0
	Longitud de tensado	mm	250	250	250	250	250	250	250
	Longitud en extremo	mm	100	100	100	100	100	100	100
LONGITUDES DE BARRA	Long. acoplamiento fina	mm	40	45	-	55	-	65	75
	Long. acoplamiento gruesa	mm	-	45	50	60	65	75	85
	Gateado en un extremc	mm	230	230	230	230	230	230	250
Gateado en dos extremos	mm	300	300	300	300	300	300	325	
Acero		Esfuerzo Ultimo de Tensión		Módulo de Elasticidad Aproximado					
Barras Macalloy Tipo Standard		10,503,077.0 kg/cm <sup>2</sup>		1,682,531.8 kg/cm <sup>2</sup>					
Barras Macalloy Tipo Stainless		10,197,162.1 kg/cm <sup>2</sup>		2,141,404.0 kg/cm <sup>2</sup>					

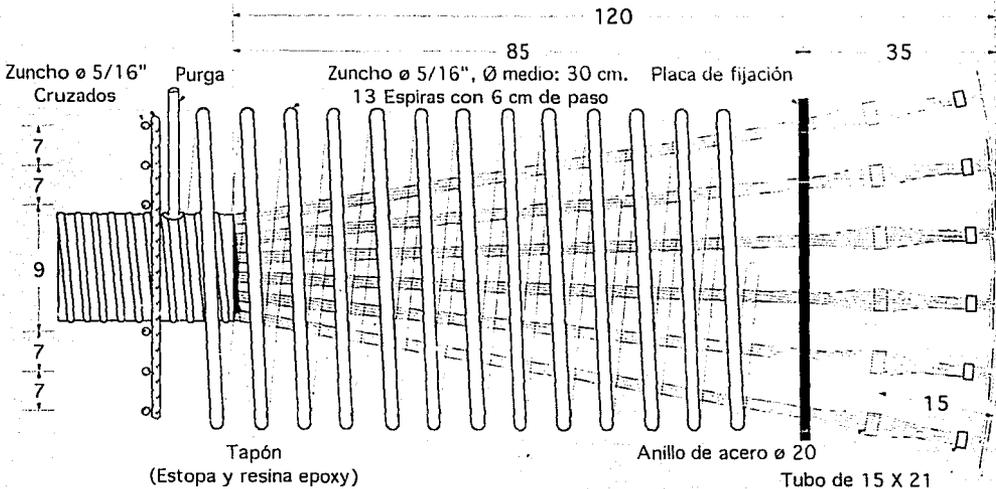
**Dimensiones características del equipo de tensado para barras MACALLOY**

Tipo de Gato		10	12	13	14	
Capacidad	t	71.4	102	40.8	163.1	
Carrera de pistón	mm	35	100	70	55	
Barras Tamaño	mm	25	32	25	36	
	mm	26.5	36	25	40	
	mm	32	40	26.5	50	
Gato Dimensiones	A máx.	mm	340	600	435	700
	B	mm	100	115	87	285
	C	mm	130	335	220	250
	D mín.	mm	100	110	83	120
	E Ø de apoyo	mm	180	145	102	165
	F Ø del barril	mm	280	230	154	280
	G	mm	460	800	580	900
H máx.	mm	40	100	75	230	



**Anclaje por adherencia.**

Si existe el espacio suficiente este es el anclaje pasivo más barato, teniendo como recomendación el vibrado cuidadoso con aguja de 40 mm y además un refuerzo en la longitud de adherencia con estribos de 5/8 @ 15 cm. Medidas de un Anclaje por adherencia 12 T 13 todo en cm.



### III

## SISTEMA DEL

En 1976 es fundada la empresa MEXPRESA (Mexicana de Presfuerzo S. A de C. V.) por el *Ing. Juan del Avellano* que desde 1965 adquirió en Alemania la técnica del concreto presforzado, para obtener a través de todo este tiempo con su grupo técnico, en una activa investigación y cooperación nacional e internacional la actualización que dio origen a su propio sistema de presfuerzo *DEL*. Siendo el grupo más importante a nivel nacional en esta tecnología.

### Actividades

- Puentes tradicionales con traveses.
- Puentes empujados.
- Puentes atirantados.
- Puentes en voladizos sucesivos.
- Viaductos.
- Edificación.
- Instalaciones deportivas.
- Instalaciones industriales.
- Obras hidráulicas.
- Torres.
- Chimeneas.
- Depósitos de líquidos.
- Depósitos de líquidos elevados.
- Silos.
- Cimentaciones.
- Estabilización de taludes.
- Anclajes al terreno.
  - ⊖ Con barra maciza.
  - ⊖ Con barra hueca autoperforable.
  - ⊖ Con cable.
- Túneles.
- Vigas postensadas tipo AASHTO.

### Servicios

- Cálculo y Diseño de estructuras.
- Procedimientos constructivos especiales.
  - ⊖ Puentes empujados.
  - ⊖ Puentes en voladizos.
  - ⊖ Puentes en doble volado.
  - ⊖ Puentes atirantados.
  - ⊖ Puentes en dovelas prefabricadas.
  - ⊖ Montaje de prefabricados.
  - ⊖ Vigas de lanzamiento, etc.
- Reparación, reforzamiento, desplazamiento de estructuras:
  - ⊖ Nivelación de edificios.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo:  $\Delta$  Adherido y no adherido.
    - $\Delta$  Alambre.
    - $\Delta$  Torón (multi o monotorón).
    - $\Delta$  Barra roscada.
- Servicios especiales. Manejo de grandes cargas con movimientos en cualquier dirección.
- Asesoría y Supervisión.
- Prefabricación.

### Productos

- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Torón y Multitorón.
- Barras de presfuerzo (Importación).
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Gatos para formar cabezas de alambre.
- Gatos de extrusión para conectores de torón y varillas.
- Bombas de alta presión para los gatos.
- Equipos de inyección:
  - ⊖ Mezcladoras.
  - ⊖ Bombas de inyección.
- Cables y Ductos.
- Cimbras (Importación):
  - ⊖ Trepadoras.
  - ⊖ Encofrados.
  - ⊖ Losas.

## Otros productos

- Tirantes para puentes.
- Apoyos:
  - ⊖ Metálicos Uni— y Multi—direccionales.
  - ⊖ Elástico(USA).
- Anclas auto perforables.
- Juntas de dilatación (Importación).
  - ⊖ MAURER(Alemania).
  - ⊖ DELASTIC(USA).
- Pilotes por dovelas.

## Unidades de bombeo

Tipos		UB-690-4	UB-690-4
Gatos que accionan:		T-105 al -420	T-555 al -1170
Presión nominal:	kg/cm <sup>2</sup>	70.3	70.3
Gasto nominal:	l/min	3.8	3.9 y 10.0
Tipo de aceite hidráulico:	SAE	10	10
Peso neto:	kg	490.0	525.0
Dimensiones exteriores:	mm	1150 x 750 x 1030	1308 x 850 x 1000
Potencia eléctrica requerida:	Kw	10	20
(Corriente trifásica de 220 o 440 volts)			

## Inyectadoras

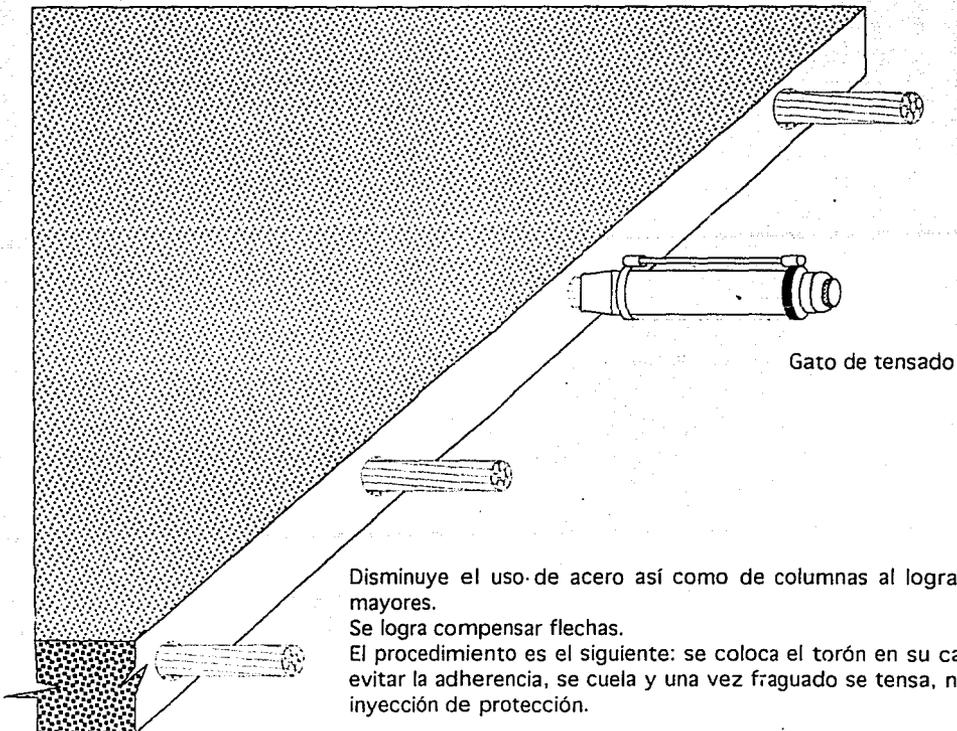
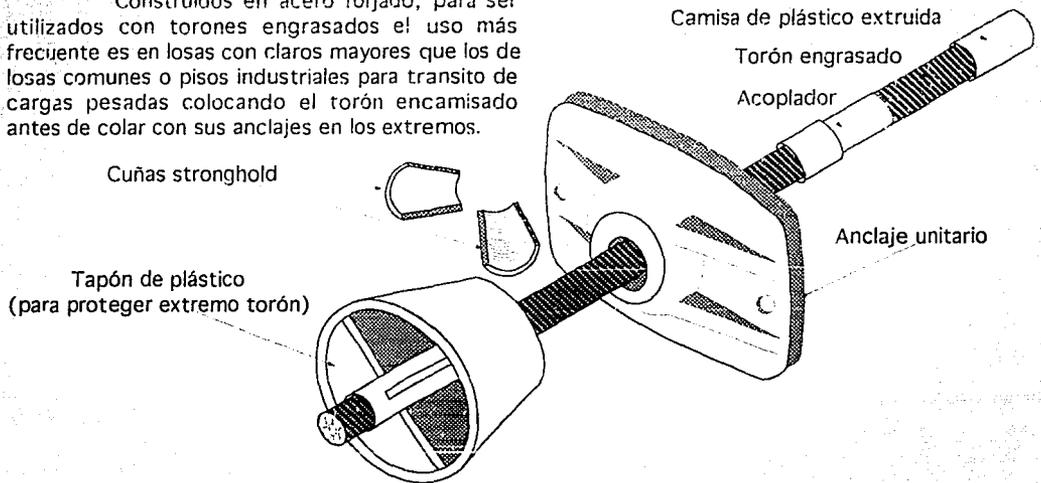
Capacidad del depósito:	100 litros
Velocidad de mezclado:	9 y 16.5 r.p.m.
Tipo de bombeo:	Flujo continuo
Presión nominal:	2 kg /cm <sup>2</sup>
Gasto:	12.5 l/min. a 0.8 kg /cm <sup>2</sup>
Altura de bombeo:	80.0 m
Peso en vacío:	350.0 kg
Dimensiones exteriores:	1150 x 700 x 1750 mm
Potencia eléctrica requerida:	8 kw
(Corriente trifásica de 220 o 440 volts)	

## Insertadoras

Accionamiento:	Hidráulico (2 velocidades)
Velocidad de inserción:	2 y 4 m/seg.
Alcance:	200 m.
Diámetros de torón:	12.7 y 15.2 mm.
Dimensiones exteriores:	850 x 700 x 1340 mm.
Potencia eléctrica requerida:	20 kw.
(Corriente trifásica de 220 o 440 volts)	

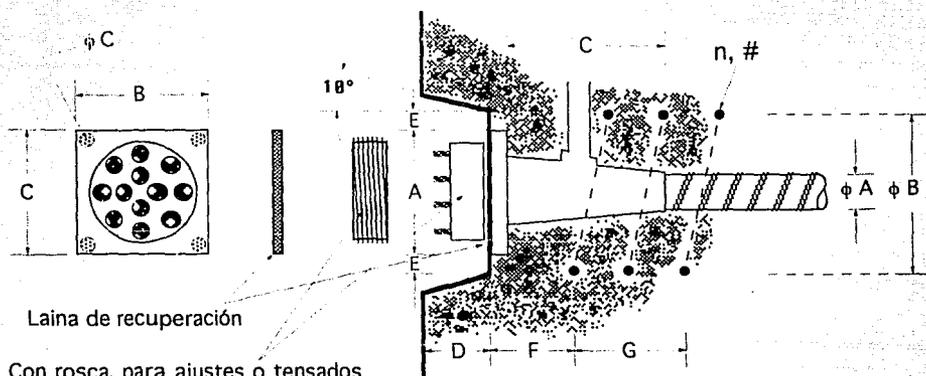
### Monotorón.

Construidos en acero forjado, para ser utilizados con torones engrasados el uso más frecuente es en losas con claros mayores que los de losas comunes o pisos industriales para tránsito de cargas pesadas colocando el torón encamisado antes de colar con sus anclajes en los extremos.



## Anclajes Activos; simple, con lana o con rosca.

Anclajes activos desde donde se aplica la fuerza de tensado, para torones de 12.7 o 15.2 mm van de 1 a 61 torones.



Lana de recuperación

Con rosca, para ajustes o tensados parciales así como acoplarse y dar continuidad a los cables

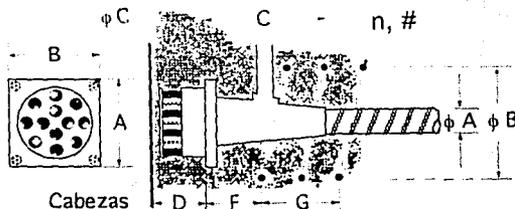
## Tabla con datos característicos.

Para anclajes activos simple, en los de lana y rosca la dimensión D dependerá del proyecto. La fuerza es nominal. El refuerzo de reventamiento y ( F, G, N y # ) son recomendables si las tensiones en esa zona no son absorbidas por otro tipo de refuerzo.

TIPO DE ANCLAJE	FUERZA (t)	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	$\phi$ A mm	$\phi$ B mm	$\phi$ C	n	#
AS-4-12.7	60	140	120	139	108	20	25	175	48	195	5/32"	4	4
AS-7-12.7	105	180	160	160	110	20	25	250	63	265	5/32"	7	4
AS-1-12.7	180	250	225	187	110	25	30	285	78	350	5/32"	5	5
AS-19-12.7	285	310	280	220	120	30	35	340	98	450	9/32"	7	5
AS-23-12.7	345	350	315	345	125	35	40	410	103	470	9/32"	10	5
AS-28-12.7	420	390	350	415	130	40	50	500	108	510	9/32"	12	6
AS-31-12.7	465	410	370	450	135	40	55	555	113	565	9/32"	13	6
AS-37-12.7	555	430	390	450	140	45	65	660	123	620	9/32"	14	6
AS-55-12.7	825	520	470	520	150	50	100	985	143	760	7/16"	16	8
AS-61-12.7	915	550	495	660	155	55	110	1095	148	845	7/16"	18	8
AS-9-15.2	191	250	225	185	110	25	30	305	78	280	5/32"	5	5
AS-12-15.2	255	290	260	230	115	30	35	310	88	410	9/32"	9	5
AS-19-15.2	404	360	325	310	130	35	50	480	108	520	9/32"	12	5
AS-28-15.2	595	440	395	485	140	44	70	710	118	600	9/32"	13	6
AS-31-15.2	659	470	425	535	145	50	80	785	123	670	9/32"	14	6
AS-37-15.2	786	510	460	570	150	55	95	940	143	740	7/16"	16	8
AS-55-15.2	1168	620	560	660	155	65	140	1400	168	890	7/16"	18	8

### Anclajes Pasivos con cabezas. (formadas en frío).

Anclajes Pasivos se usan desde el lado en que no se tensa, se utilizan cuando no se pueden utilizar los pasivos por adherencia ni existe acceso para utilizar los activos simples, utilizados en este caso como pasivos. De la tabla solo D es para este anclaje lo demás datos son los mismos que el anclaje activo.



### Anclajes Pasivos por Adherencia.

Anclaje fijo en caso de que el tensado sea solo por un lado y si existe espacio es el más barato.

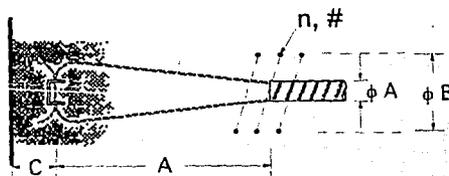
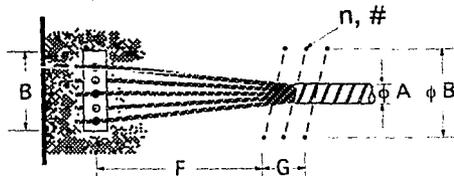


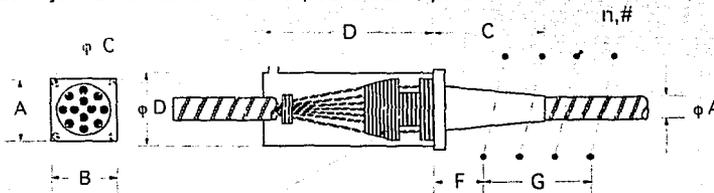
Tabla con datos característicos para anclajes pasivos por adherencia y pasivos con cabezas.

TIPO	FZA. t	D mm	A mm	B mm	C mm	F mm	G mm	$\phi B$ mm	n	# 1/8"
4-12.7	60	148	400	100	70	250	200	170	5	4
7-12.7	105	150	600	180	70	450	200	170	5	4
12-12.7	180	150	700	300	70	550	264	220	6	5
19-12.7	285	160	800	480	70	610	316	260	8	5
23-12.7	345	165	900	585	100	710	316	260	8	5
28-12.7	420	170	1100	710	100	942	316	260	8	6
31-12.7	465	175	1200	785	100	1110	316	260	8	6
37-12.7	555	180	1300	935	100	1110	380	310	9	6
55-12.7	825	190	1500	1385	120	1120	560	460	14	8
61-12.7	915	195	1500	1535	120	1190	620	510	15	8
9-15.2	191	150	800	262	70	660	272	230	7	5
12-15.2	255	155	800	346	70	642	316	260	8	5
19-15.2	404	160	900	510	100	742	316	260	8	5
28-15.2	595	180	1300	794	100	1095	405	385	10	6
31-15.2	659	185	1300	878	100	1075	450	425	11	6
37-15.2	786	190	1400	1046	120	1130	535	500	13	8
55-15.2	1168	200	1500	1550	120	1100	795	750	19	8

### Acopladores Fijos y M3viles.

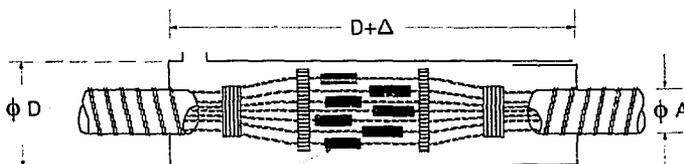
Para todo n3mero de torones en sus di3metros se identifican como sigue, F-12-15.2 (acoplador fijo de 12 torones de 15.2 mm de di3metro).

Acoplador fijo. Se utilizan en la uni3n postensada, para dar continuidad a los cables de presfuerzo.



Pieza maquinada con cuerda interior para acoplar a un activo con rosca.

Acoplador m3vil. Se utilizan para la prolongaci3n de cables de postensado.



Acoplador fabricados en fr3o con el formador de cabezas para unir torones.

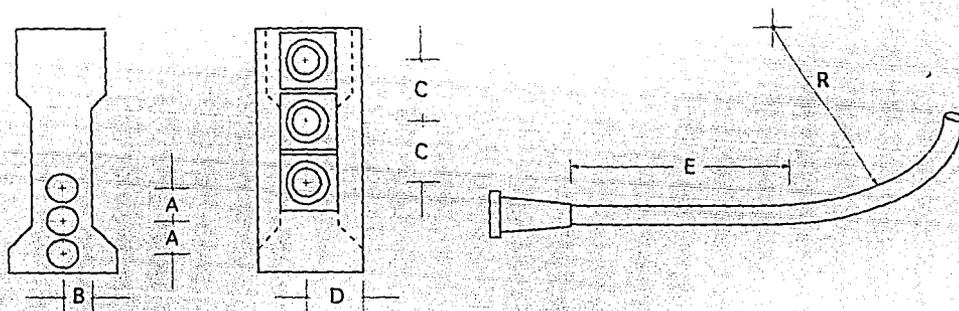
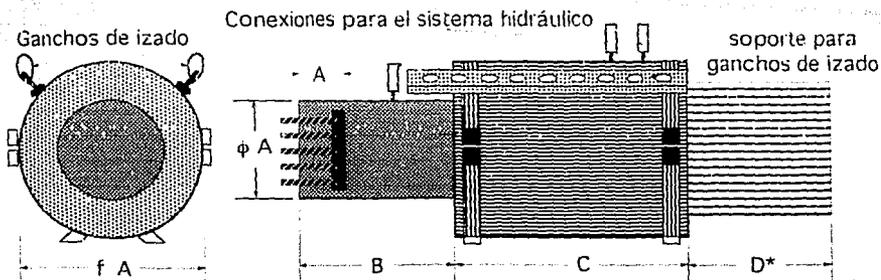
$\Delta$ = alargamiento local en este tramo.

Tabla de datos caracter3sticos para  
Acopladores Fijos y M3viles.

TIPO	FZA. t	Fijos		M3viles	
		D mm	$\phi$ D mm	D mm	$\phi$ D mm
4-12.7	60	350	112	1221	170
7-12.7	105	350	144	1276	170
12-12.7	180	150	205	1566	170
19-12.7	285	372	233	1652	170
23-12.7	345	600	280	1977	195
28-12.7	420	640	312	2159	200
31-12.7	465	735	328	2250	210
37-12.7	555	784	344	2250	235
55-12.7	825	791	416	2432	265
61-12.7	915	905	440	2796	295
9-15.2	191	1094	200	1561	165
12-15.2	255	230	232	1678	170
19-15.2	404	305	288	1886	200
28-15.2	595	485	352	2341	262
31-15.2	659	715	376	2471	330
37-15.2	786	790	408	2562	334
55-15.2	1168	1395	496	3277	380

## Gato para tensado *DEL*

Amarre y desamarre frontal de torones en forma automática y simultánea de hasta 61 torones de 12.7 o 15.2 mm con un dispositivo hidráulico para el acuñado reduciendo las pérdidas por penetración.



TIPO	Cable Máx.	Area presión cm <sup>2</sup>	Peso kg	Cables											kg/ml		
				A mm	B mm	C mm	D* mm	φ A mm	φ B mm	Duc mm	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	P	Con
T-105	4-12.7	154.4	110	140	275	350	210	180	245	40	80	50	160	95	600	3.5	1
T-105	7-12.7	154.4	110	140	275	350	210	180	245	55	95	58	200	115	800	6	2.5
T-195	12-12.7	290.4	275	140	330	390	250	245	330	70	110	65	270	150	1000	10	4
T-285	19-12.7	424.7	395	160	405	535	320	285	405	90	130	85	330	180	1200	16	6.5
T-420	23-12.7	617.6	660	180	425	560	335	345	485	95	135	88	370	200	1200	19	7
T-420	28-12.7	617.6	660	180	425	560	335	345	485	100	140	90	410	220	1200	23	7.5
T-555	31-12.7	812.8	830	210	460	580	345	365	545	105	145	95	430	230	1400	25	8.5
T-555	37-12.7	812.8	830	210	460	580	345	365	545	125	165	102	450	240	1400	30	13
T-825	55-12.7	1213.2	1390	230	470	590	350	445	680	150	190	115	540	285	1600	44	18
T-1170	61-12.7	1718.7	1940	240	475	600	355	525	795	155	195	117	580	300	1600	49	19
T-195	9-15.2	290.4	275	140	330	390	250	245	330	70	110	65	270	150	1000	11	4
T-285	12-15.2	424.7	395	160	405	535	320	285	405	80	120	70	310	170	1000	14	5.5
T-420	19-15.2	617.6	660	180	425	560	335	345	485	100	140	90	380	205	1200	22	8.5
T-555	28-15.2	812.8	830	210	460	580	345	365	545	110	150	95	460	245	1400	32	9
T-825	31-15.2	1213.2	1390	230	470	590	350	445	680	115	155	98	490	260	1400	35	10
T-825	37-15.2	1213.2	1390	230	470	590	350	445	680	135	175	108	530	280	1600	42	15
T-1170	55-15.2	1718.7	1940	240	475	600	355	525	795	160	205	125	640	335	2100	63	22

D\* Desplazamiento del pistón, máximo.

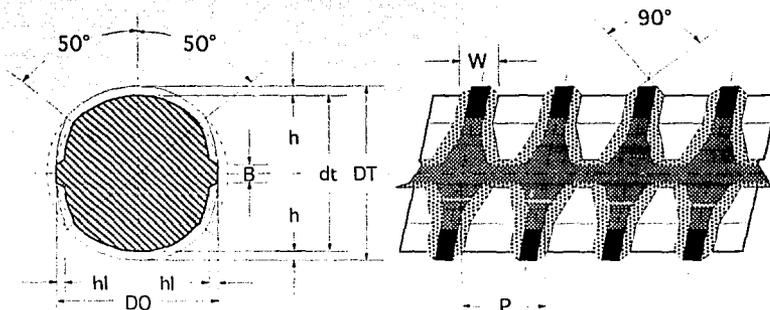
### Barra para postensado ALLTHREAD.

El sistema DEL utiliza otro sistema para barra de presfuerzo. Sistema "Barrarosca", ALLTHREAD. Importada de Alemania de la empresa dedicada al presfuerzo EBERSEÄSHER de acuerdo con las normas KOBE STEEL, Ltd., Kobe Japan. Rolada en caliente, no revestida de acero aleado de alto esfuerzo para concreto presfuerzo. La barrarosca se usa para postensado, anclas al terreno (en roca o tierra) refuerzo etc. La barrarosca cuenta con un corrugado en forma de cuerda derecha la cual es más fuerte que las cuerdas normales, en este sistema le llaman costillas pues esa es la apariencia de dicha cuerda rolada en caliente, la cuerda es interrumpida por dos costillas longitudinales diametralmente opuestas. Por la uniformidad de la cuerda en toda la longitud de la barrarosca es posible colocar en cualquier punto accesorios, coples o tuercas.

#### Propiedades Mecánicas de la Barrarosca

Esfuerzo último de tensión	Esfuerzo de fluencia	Límite de Elástico	Deformación a la falla	Módulo de Elasticidad
kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>
10554.06	8514.6	7494.9	7	2090418.2

#### Corte y dimensiones de la barrarosca



Las pérdidas debidas a la relajación a un 70% del esfuerzo de fluencia, después de 1000 horas a una temperatura de 20° es del 3.3% máximo.

Nota (1) La altura de la costilla longitudinal deberá al menos ser de 1 mm.

Diámetro Nominal	Area de la Barra	Carga de Ruptura	Peso	Diámetro Máximo DT	Diámetro Mínimo dt	Avance de cuerda P	Altura de la costilla h	Ancho de la costilla W	Ancho de la costilla longitudinal (hl)
mm	cm <sup>2</sup>	t	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15.0	1.71	18.05	1.4	17.15	14.8	10.0	1.6	5.1	5.0
26.5	5.48	57.83	4.48	30.05	26.35	12.95	1.9	6.2	8.0
32.0	8.06	85.06	6.54	36.1	31.9	16.0	2.2	7.6	11.0
36.0	10.19	107.54	8.28	40.85	35.95	18.0	2.5	8.2	14.0

## IV S I S T E M A B . B . R . V .

El grupo ICA Transporte S.A. de C.V. en su planta Pret. Con más de 15 años de experiencia en la industria de la construcción, dedicada a la prefabricación y el presfuerzo en sus diversas modalidades, en cuanto a postensado se refiere utilizando técnica de patente SUIZA con el sistema B.B.R.V que tiene como característica principal las *cabecitas* remachadas en frío sobre cada uno de los alambres del cable de presfuerzo, y que no dejarán recorrer a dichos alambres en los núcleos o cuerpos de los anclajes siendo totalmente seguro aún en presencia de vibraciones. Otras peculiaridades son:

- Tensado simultáneo de todos los alambres.
- Pérdida mínima al bloquear.
- Medición del esfuerzo empleado mediante un manómetro.
- Posibilidad de tensar en etapas o destensar.
- Variada gama de cables incluso con diferentes diámetros de alambres.
- Control de calidad en la producción de cables en planta, con posibilidad de hacerlo en obra.

Actualmente esta empresa introduce del mismo sistema, el postensado con torones con cables de más de 1000 toneladas de capacidad.

### A c t i v i d a d e s

- Puentes Empujados.
- Puentes Atirantados.
- Puentes en voladizos Sucesivos.
- Viaductos.
- Plataformas Marítimas.
- Obras Hidráulicas.
- Silos.
- Depósitos de Líquidos.
- Depósitos de líquidos Elevados.
- Instalaciones Deportivas.
- Chimeneas.
- Torres.
- Edificación.
- Instalaciones Industriales.
- Túneles.
- Estabilización de taludes.
- Cimentaciones.
- Prefabricación de vigas postensadas.

### S e r v i c i o s

- Cálculo y diseño de estructuras.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo: △ Adherido y no adherido.
    - △ Alambre.
    - △ Torón.
    - △ Barra roscada.
- Servicios Especiales:
  - ⊖ Manejo de grandes cargas con movimientos en cualquier dirección.
- Asesoría y Supervisión.
- Reparación, y mantenimiento de estructuras:
  - ⊖ Desplazamiento y cambio de apoyos.
  - ⊖ Inyección de grietas.
- Procedimientos constructivos.
- Prefabricación:
  - ⊖ Losas DyCORE-PRET.
  - ⊖ Trabes para puentes y edificios.
  - ⊖ Pilotes.
  - ⊖ Durmientes.
  - ⊖ Productos especiales
- Servicios constructivos:
  - ⊖ Puentes atirantados.
  - ⊖ Puentes empujados.
  - ⊖ Puentes en voladizo.
  - ⊖ Puentes en doble volado.
  - ⊖ Puentes en dovelas prefabricadas.
  - ⊖ Montaje de prefabricados.
  - ⊖ Vigas de lanzamiento, etc.

# Productos

- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Torón y Multitorón.
- Barras de presfuerzo.
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Equipos de inyección:
  - ⊖ Mezcladoras.
  - ⊖ Bombas de inyección.
- Cables y Ductos.
- Gatos para formar cabezas de alambre.

Tipo A activo. Para cables relativamente cortos donde los alargamientos sean limitados, y se puedan cubrir con un par de calzas entre la placa de apoyo y el núcleo de anclaje que tiene un roscado exterior para realizar el tensado.

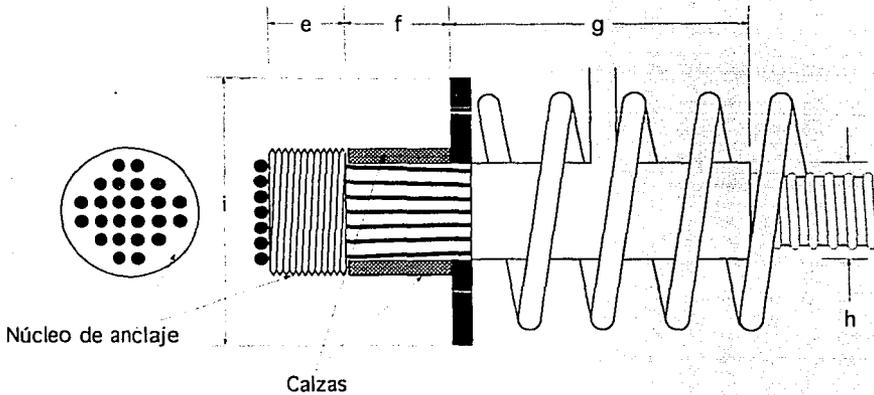


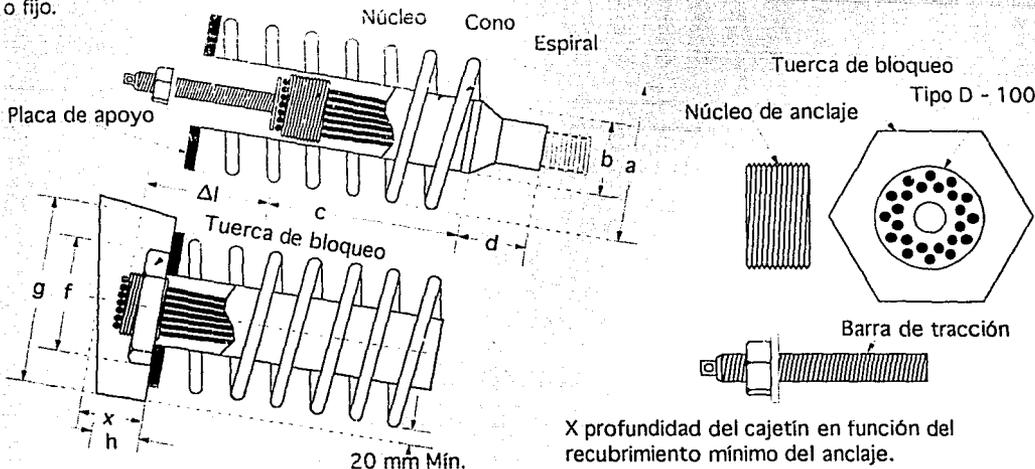
Tabla con datos característicos para anclajes A.

Tipo de anclaje	A - 35	A - 70	A - 100	A - 150	A - 200	A - 250	A - 300
Núm. Alambres máximo	7 $\varnothing$ 7	12 $\varnothing$ 7	19 $\varnothing$ 7	31 $\varnothing$ 7	42 $\varnothing$ 7	52 $\varnothing$ 7	61 $\varnothing$ 7
Placa de apoyo i mm	140	170	200	235	270	300	330
Altura del núcleo e mm	25	27	36	43	49	56	67
Alargamiento máx. f mm	200	200	200	250	250	350	350
Cilindro longitud g mm	170	185	200	280	310	335	360
diámetro h mm	37	49	59	76	87	97	105

Alambre para postensación de 7 mm. de diámetro. Area 0.3848 cm<sup>2</sup>, peso 0.302 kg/m, resistencia 15200 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tipo B Activo.**

Bloqueo por tuerca asentada en la placa de apoyo, el núcleo de anclaje tiene una perforación central roscada para colocar la barra de tracción y efectuar el tensado, puede ser utilizado como punto de inyección o para colocar perno y dar continuidad al cable ya sea en un acoplamiento móvil o fijo.

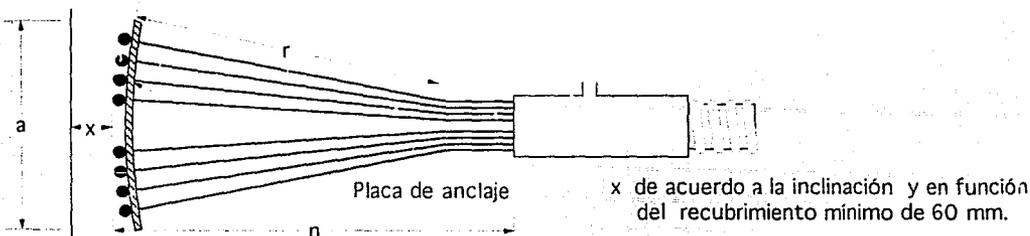


**Tabla con datos característicos para anclajes B y S.**

Tipo de anclaje	B - 35	B - 70	B - 100	B - 150	B - 200	B - 250	B - 300
# de alambres máximo	8 ø 7	15 ø 7	24 ø 7	34 ø 7	42 ø 7	52 ø 7	62 ø 7
Placa de apoyo lado a mm	140	180	220	260	300	335	365
Cono ø exterior b mm	87	112	128	148	173	190	208
longitud mínima c mm	110 + Δl	170 + Δl	190 + Δl	210 + Δl	240 + Δl	240 + Δl	290 + Δl
longitud del cono d mm	110	130	150	170	170	180	200
Tuerca ø exterior f mm	105	135	155	180	205	225	248
Cajetín lado mínimo g mm	180	220	260	300	340	380	410
Recubrimiento cable > 25 m	70	90	110	120	140	160	190
mínimo cable < 25 m	100	120	150	170	190	210	240
<b>Anclaje S</b>							
Placa (cuad.) Sq Ancho/largo a mm	120/120	170/170	210/210	250/250	280/280	320/320	350/350
Long. libre de alambres n mm	500	550	550	650	750	850	950
Radio r mm	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Placa (rect.) Sr Ancho/largo a mm	200/70	290/100	350/120	420/140	500/160	560/180	600/200
Longitud libre de alambres n mm	500	550	550	650	750	850	950
Radio r mm	700	750	750	1000	1000	1000	1000

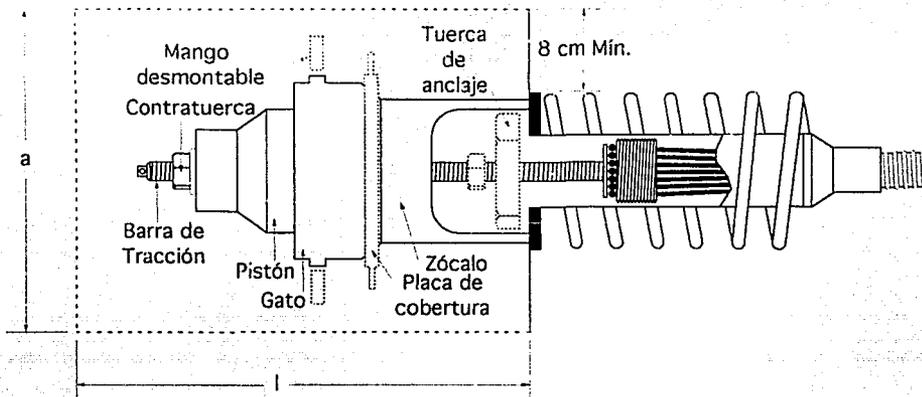
**Tipo S Pasivo.**

Colocado antes de por para que se desarrolle la adherencia de los alambres y el bloqueo de la placa de anclaje, que por espacio dicha placa puede ser rectangular o cuadrada.



**Equipo de tensado.**

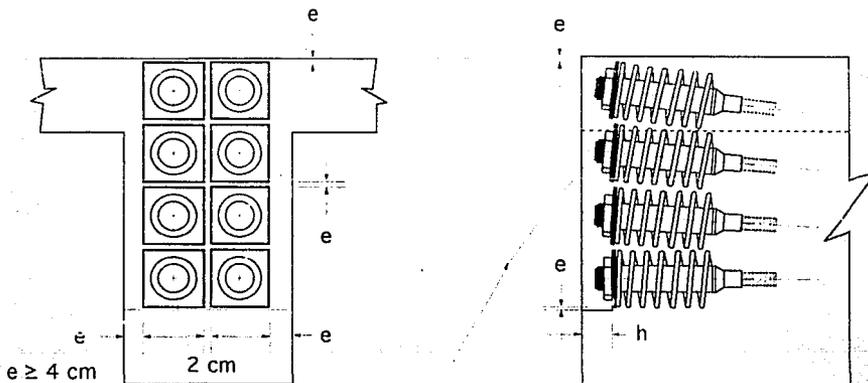
Se precisa una superficie(a) perpendicular a la dirección del cable como mínimo 8 cm. más que la placa de apoyo, a si mismo debe existir suficiente espacio longitudinal, siguiendo la dirección del cable para efectuarse el tensado ya sea en una o más etapas. Cajetín: Sección rectangular hueca abierto por un lado como mínimo incluida en uno o en los dos extremos del elemento a tensar, donde se colocarán los implementos del gato de tensado.



**Tabla con datos característicos de tensado.**

Sección del cajetín a mín. mm	220	260	300	340	380	420	450	Longitud del cajetín
Tipo de cable	35	70	100	150	200	250	300	l en mm.
Cable de longitud máxima en metros	51	48	47	45	44	37	14	1400
Tensado en dos o más etapas	93	89	88	86	85	78	55	1700
Cable de longitud máxima en metros	81	70	67	60	54	47	29	2300

**Distancias mínimas entre placas de apoyo y recubrimientos de los anclajes.**



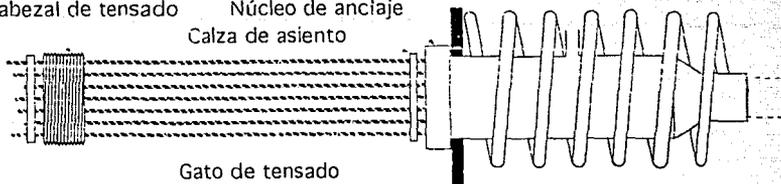
Cajetín a colar después del tensado

### CONA-Multi.

Presfuerzo con torones es otra alternativa trabajando con diámetros de 12.7 y 15.2 mm en la figura siguiente se explica este sistema.

Cabezal de tensado Núcleo de anclaje

Calza de asiento



Gato de tensado

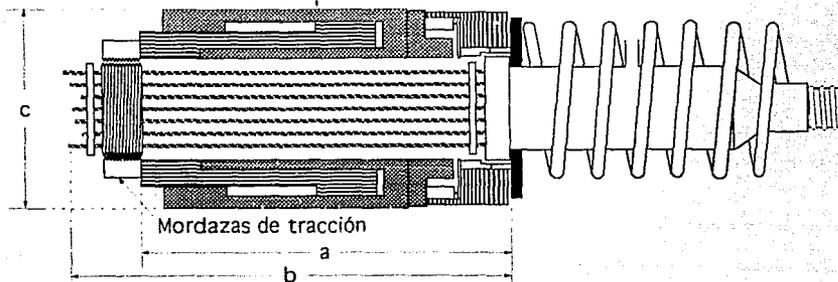


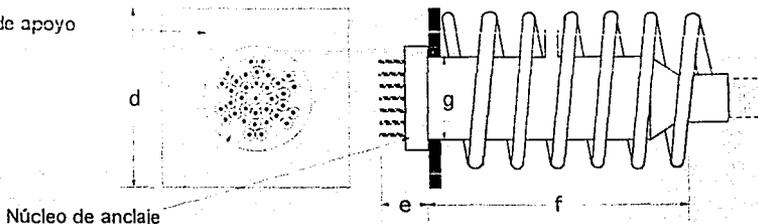
Tabla con datos característicos de equipo de tensado.

Núm. de torones de 12.7 mm	7	12	19	31	42	61
Núm. de torones de 15.4 mm	4	7	12	19	31	42
Tipo de la unidad de tensado	CM 110	CM 200	CM 300	CM 500	CM 750	CM 1000
Fuerza máx. del gato de tensado t	112.1	203.9	305.8	509.7	764.5	1019.4
Longitud de la unidad de tensado	475	620	675	740	900	950
Peso de la unidad de tensado kg	180	260	410	710	1240	1920
Longitud del torón	660	750	810	890	1060	1130
Tipo del gato de tensado	NP 200	LP 200	LP 300	LP 500	LP 750	LP 1000
Diámetro del gato de tensado c	205	330	400	500	635	730
Avance del pistón	100	200	200	200	200	200

### Anclaje tipo M

Donde la placa de apoyo puede ser de concreto con una  $f'c$  de 300 o 400  $\text{kg/cm}^2$

Placa de apoyo



Núcleo de anclaje

Tabla con datos característicos para anclajes M.

	Torón $\phi$ 12.7 mm					Torón $\phi$ 15.2 mm						
	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Núm. de torones	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Anclaje tipo M	705	1205	1905	3105	4205	6105	406	706	1206	1906	3106	4206
Placa de apoyo d 1	200	265	330	425	490	590	180	240	315	395	510	600
Placa de apoyo d 2	175	220	270	345	425	515	175	220	270	345	440	520
Longitud del anclaje e	80	90	100	110	120	150	90	90	100	110	120	150
Longitud del cilindro f	230	400	550	750	950	1180	230	300	560	720	910	1140
Diámetro del cono g	79	112	142	182	219	268	74	96	138	174	225	268

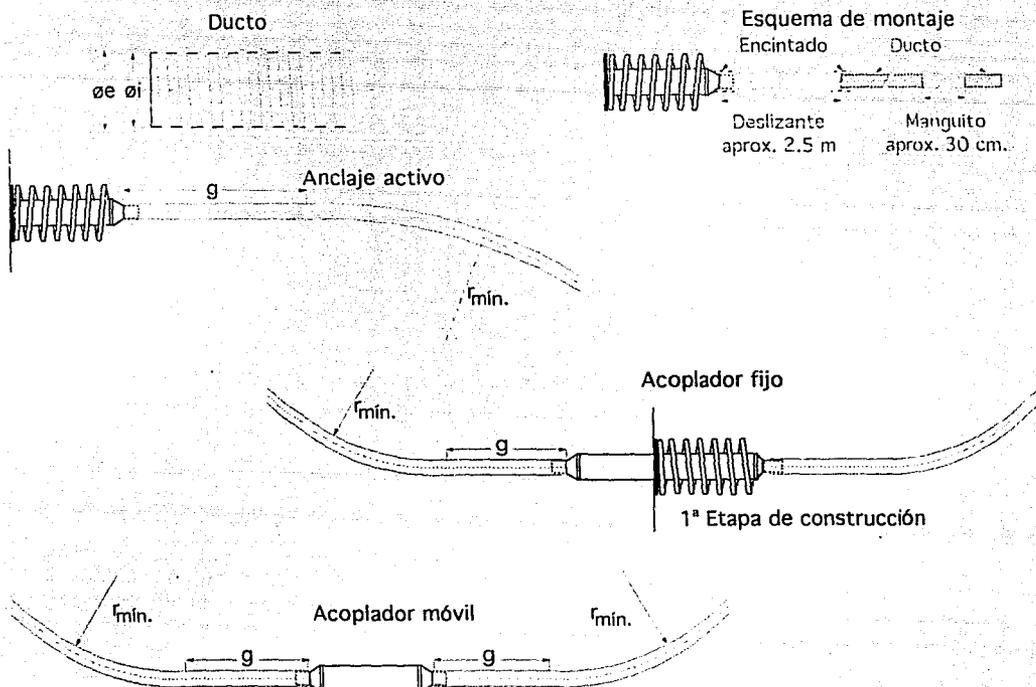


Tabla con datos característicos para montaje.

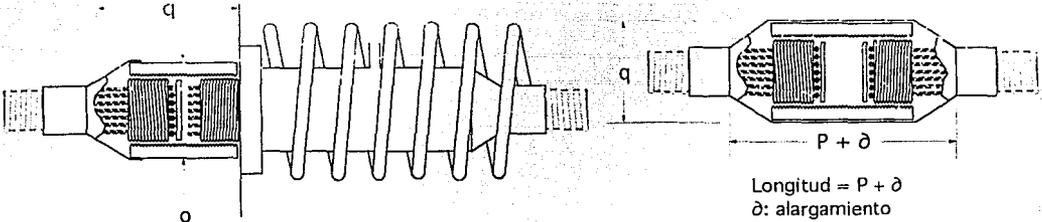
Tipo de anclaje	35	70	100	150	200	250	300
Ducto							
(cable montado en fabrica) $\phi i/\phi e$	30/36	39/45	48/54	54/60	63/69	72/78	78/84
Manguito (cople) $\phi i/\phi e$	33/39	42/48	51/57	57/63	66/72	75/81	81/87
Deslizante $\phi i/\phi e$	39/45	48/54	57/63	63/69	72/78	81/87	87/93
Radio de curvatura $r$ mínimo	2000	3000	3500	4000	4500	5000	5500
Longitud recta $g$ mínimo	500	700	900	1100	1300	1500	1700

Tabla con datos característicos para cables CONO-Multi.

Núm. de torones	Torón $\phi$ 12.7 mm						Torón $\phi$ 15.2 mm					
	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Cable tipo	705	1205	1905	3105	4205	6105	406	706	1206	1906	3106	4206
Resistencia a la tensión t	133	229	362	591	800	1163	114	200	343	543	886	1201
80% de la resistencia t	107	183	290	473	640	930	91	160	274	435	709	961
Peso del cable kg/m	5.5	9.4	14.9	24.3	33	47.9	4.7	8.2	14.1	22.4	36.5	49.5
Ducto estruido mm	55	70	85	100	120	145	50	65	80	100	130	150
Ducto ensamblado mm	50	65	75	90	110	135	45	60	75	90	120	140

**Acoplador fijo K**

Para anclajes tipo M con un roscado exterior en el núcleo del anclaje donde se roscará el cople uniendo al cable posterior el cual tendrá botones en los extremos de los torones haciendo más barato a dicho acoplador, en el acoplador móvil KC se usa el mismo sistema es decir los dos núcleos son roscados y los torones tienen botones en sus extremos.

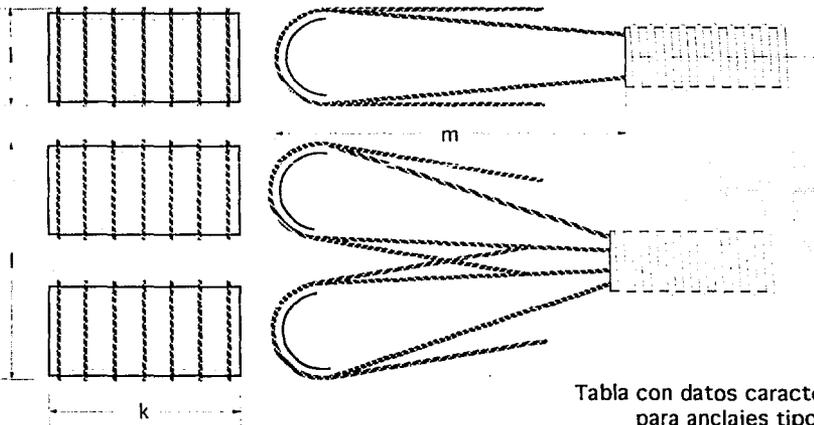


**Tabla con datos característicos para acopladores CONA-Multi.**

Núm. de torones	Torón ø 12.7 mm						Torón ø 12.7 mm					
	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Acoplador fijo tipo K	705	1205	1905	3105	4205	6105	406	706	1206	1906	3106	4206
Longitud n	390	570	750	930	1205	1485	410	480	710	900	1165	1445
Diámetro o	155	200	245	305	375	450	155	195	245	300	380	445
Acoplador móvil tipo KC	705	1205	1905	3105	4205	6105	406	706	1206	1906	3106	4206
Longitud = p + delta	610	960	1290	1620	2145	2655	630	770	1210	1560	2065	2575
Diámetro q	155	200	245	305	375	450	155	195	245	300	380	445

**Anclaje por adherencia tipo E .**

Con aditamentos para más de 7 torones siendo los más adecuados si se cuenta con espacio para desarrollar dicha adherencia.



**Tabla con datos característicos para anclajes tipo E.**

Torón ø	12.7 mm			15.2 mm		
	7	12	19	4	7	12
Anclaje tipo E	705	1205	1905	406	706	1206
Ancho k	350	300	500	240	420	360
Altura l	125	330	330	155	155	400
Longitud de adherencia m	700	700	900	900	900	900

**Anclaje Monotorón.**

Fabricado en acero forjado para ser utilizados con torones engrasados encamizados en ductos extruidos plásticos o en tubo metálico flexible, pueden ser acoplados para dar continuidad o colocados en cualquier punto intermedio.

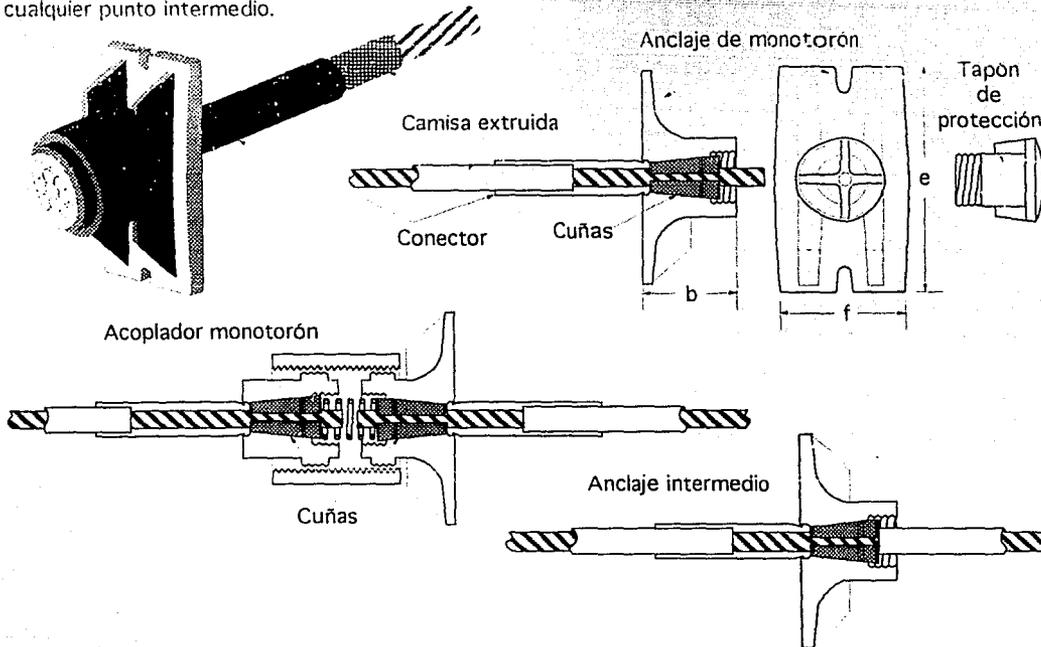


Tabla con datos característicos para Monotorón CONA-Single.

	b	c	e	f	Area cm <sup>2</sup>	Gato			
						Resist. Ult.	Fza.Máx.	Longitud	Peso
Torón ø 15.2 mm	56	150	110	58	1.0	15.3 ton	16.0 ton	550 mm	29 kg.
Torón ø 12.7 mm	78	150	136	70	1.5	22.9 ton	24.0 ton	680 mm	36 kg.

**Anclaje FC.**

forjado. Cuando no existe el suficiente espacio en la zona de anclaje está la posibilidad del anclaje

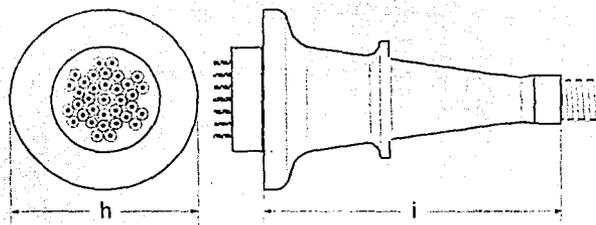


Tabla con datos característicos para anclajes Forjados.

	Torón ø 12.7 mm					Torón ø 12.7 mm						
	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Núm. de torones	7	12	19	31	42	61	4	7	12	19	31	42
Diámetro de placa de apoyo h	175	230	285	360	420	510	175	220	275	345	440	520
Longitud de cono i	250	400	475	550	700	850	250	300	400	500	650	800

# V S I S T E M A P A C

La empresa VIBO,S.A. (Vigueta y Bovedilla S.A.) se enfoca principalmente a la producción de prefabricados pretensados, y postensados desde el sistema de vigueta y bovedilla hasta las traves tipo " T ", "TT", "AASHTO" etc. Para postensado es utilizado un equipo hidráulico de origen Francés PAC para multitorones y uno de multialambres para doce unidades de  $\varnothing$  7 mm. de Freyssinet.

## A c t i v i d a d e s

- Viaductos (Traves cajón y dovelas).
- Obras hidráulicas (Dovelas de canal).
- Tanques a base de prefabricados postensados.
- Edificación.
- Túneles.
- Instalaciones industriales.
- Estabilización de taludes a base de muros de contención con prefabricados.
- Prefabricación de vigas pretensadas y postensadas.
- Instalaciones deportivas.

## S e r v i c i o s

- Cálculo y diseño de estructuras.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo:  $\Delta$  Adherido y no adherido.
    - $\Delta$  Alambre.
    - $\Delta$  Torón.
- Asesoría y supervisión.
- Reparación, de estructuras:
  - ⊖ Inyección de grietas (edificación y puentes).
  - ⊖ Superficie de rodamiento.
- Servicios especiales:
  - ⊖ Manejo de grandes cargas con movimientos en cualquier dirección.
- Procedimientos constructivos.
- Prefabricación.
- Servicios constructivos:
  - ⊖ Puentes en dovelas prefabricadas.
  - ⊖ Montaje de prefabricados.
  - ⊖ Vigas de lanzamiento, etc.

## P r o d u c t o s

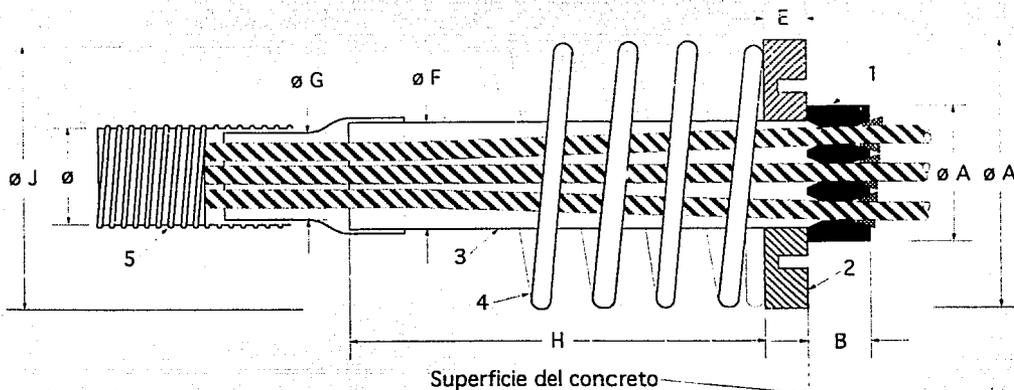
- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Placas de anclaje y cuñas.
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Torón y multitorón.
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Bombas de alta presión para los gatos.
- Acero de presfuerzo y ductos.
- Cimbras y moldes:
  - ⊖ Vigas tipo AASHTO.
  - ⊖ Vigas tipo " T ", "TT", etc.

## O t r o s p r o d u c t o s

- Apoyos:
  - ⊖ Neopreno.
- Concreto polimérico.
- Resinas.
  - ⊖ Epoxicas.
  - ⊖ Poliuretano.
  - ⊖ Polímeros.

## Anclaje activo.

Desde donde se realiza el tensado de cables, en esta empresa hasta de 12 torones de 13 y 15 mm.



Datos característicos para anclajes activos todo en mm.

TORONES	1		2			3			4			5		
	Torones	Placa de Anclaje		Placa de Apoyo			Trompeta			Refuerzo Helicoidal			Ducto	
	#	ØA	B	C	D	E	ØF	ØG	H	ØI	ØJ	K	Ø Int.	
15 mm	1	50	50	100	100	15	20	20	80	8	120	50	20	
	2/3	85	50	140	140	20	61	43	100	10	140	50	46	
	4	90	50	160	160	20	66	54	150	10	160	50	55	
	5/6/7	125	50	220	220	30	85	63	300	12	220	50	64	
	8	150	50	240	240	30	120	67	450	12	240	50	68	
	9/10	150	55	260	260	30	120	77	450	12	260	50	80	
	11/12	150	55	280	280	30	120	77	450	12	280	50	80	
	19	190	65	380	380	40	138	97	500	12	380/250	50	100	
	27	260	90	430	430	40	203/190	117	540	16/12	430/330	70/50	120	
	37	290	100	500	500	40	224/190	127	690	20/12	500/350	70/50	130	
13 mm	Torones	1		2			3			4			5	
		Placa de Anclaje		Placa de Apoyo			Trompeta			Refuerzo Helicoidal			Ducto	
		#	ØA	B	C	D	E	ØF	ØG	H	ØI	ØJ	K	ØInt.
		1	50	50	100	100	15	20	20	80	8	120	50	20
		2/3	85	50	140	140	20	61	43	100	10	140	50	46
		4	90	50	140	140	20	66	43	150	10	140	50	46
		5/6/7	125	50	190	190	30	85	52	300	12	190	50	55
		8	150	50	220	220	30	120	61	450	12	220	50	64
		9/10	150	55	220	220	30	120	61	450	12	220	50	64
		11/12	150	55	240	240	30	120	65	450	12	240	50	68
	19	190	65	350	350	40	138	77	500	12	350/250	50	80	
	27	260	90	400	400	40	203/190	97	540	16/12	400/330	70/50	100	
	37	290	90	430	430	40	224/190	117	690	16/12	430/360	70/50	120	

### Equipo de Tensado.

Los cables son tensados por medio de gatos automáticos, los cuales son escogidos de acuerdo al esfuerzo que se aplicará en el cable. La empresa VIBOSA cuenta con el modelo 260 con una área del pistón de tensado, de 549.78 cm<sup>2</sup>.

El equipo cuenta con un mecanismo que empuja las cuñas hacia la placa de anclaje, haciendo un prebloqueo. antes del tensado. Ventaja que uniformiza el acuñado y disminuye las pérdidas por penetración.

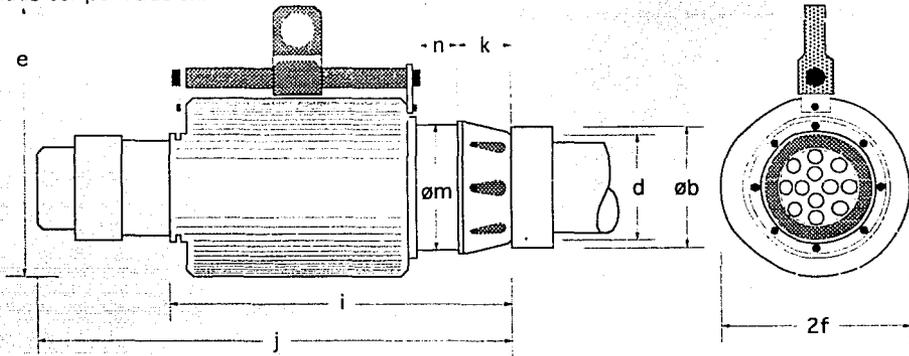
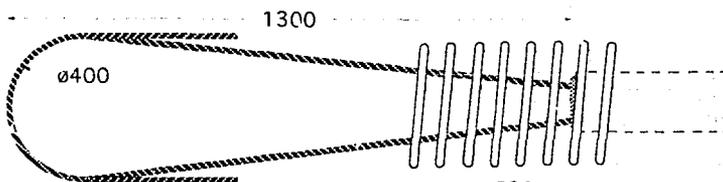


Tabla con datos característicos del equipo de tensado multitorón PAC para torones de 13 y 15 mm. de diámetro .

Gato	25	100	130	260	650	1000
Tipo de anclaje	1	2/3/4	5/6	7/8/9/10/11/12	19/27	37
Carrera mm	200	250	250	250	300	300
Fuerza t	25	100	130	260	650	995
Dimensiones						
mm						
D	100	252	290	370	540	680
d	75	170	160	210	300	360
e	180	254	350	450	733	867
f	50	127	145	185	270	340
g	50	370	410	480	800	810
i	700	800	745	785	1150	1250
J	900	1050	995	1035	1450	1550
k		50	100	100	145	150
m	75	170	215	270	400	470
n	350	100	100	100	55	500
b		140	160	210		
Peso del gato kg	17	100	170	250	1060	1375

### Anclaje Muerto.

Anclaje por adherencia con forma de abanico y con vuelta que permite tomar los esfuerzos en el extremo del cable, colocados en estructuras masivas de concreto, dimensiones sugeridas para torones de 13 y 15 mm.



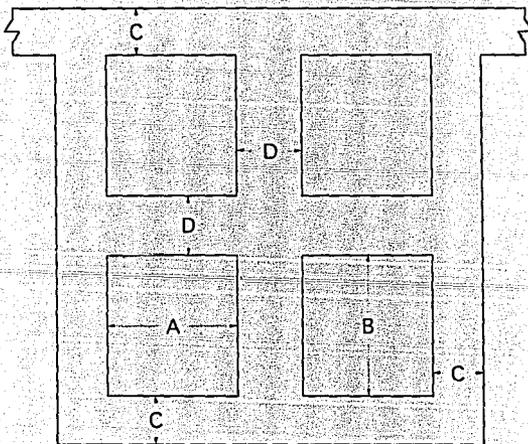
**Recomendaciones para la posición de los cables.**

El adecuado ancho de los miembros cerca de los anclajes. Espaciamiento adecuado de los cables que permita tomar una rápida expansión de la presión bajo la placa de apoyo.

Suficiente refuerzo helicoidal para evitar la explosión del concreto en la zona de anclaje. Para realizar el tensado, el concreto deberá tener una resistencia como dice la tabla de abajo.

Además de la calidad del concreto, la cuantía del acero deberá ser adecuada en la zona de anclaje pues aquí siempre es elevado el esfuerzo.

Obtención de cilindros de prueba expuestos a las condiciones del lugar.



T	F'c kg/cm <sup>2</sup>	T	T	T	T	T	T
		A	B	A	B	C	D
		cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	305.9	10	10	10	10	3	3
	305.9	14	14	14	14	4	6
2	254.9	14	14	14	14	6	8
3	224.3	14	14	14	14	7	10
	224.3	14	20	16	16	5	6
4	305.9	16	16	14	14	4	6
	254.9	16	16	14	14	6	8
	224.3	16	16	14	14	7	10
	224.3	16	24	18	18	5	6
5	305.9	22	22	19	19	5	6
6	254.9	22	22	19	19	7	8
7	224.3	22	22	19	19	8	10
	224.3	22	30	24	24	6	6
8	305.9	24	24	22	22	6	8
	254.9	24	24	22	22	8	10
	224.3	24	24	22	22	9	12
	224.3	24	34	26	26	6	8
9	305.9	26	26	22	22	6	10
10	254.9	26	26	22	22	8	12
	224.3	26	26	22	22	9	14
	224.3	26	38	30	30	6	10
11	305.9	28	28	24	24	6	12
12	254.9	28	28	24	24	8	14
	224.3	28	28	24	24	9	16
	224.3	28	42	36	36	6	12
19	305.9	38	38	32	32	7	10
27	346.7	43	43	40	40	10	8
37	346.7	50	50	43	43	12	8

# VI

## S I S T E M A D Y W I D A G

Impulsora Tlaxcalteca de industrias SA de CV, ITISA, empresa 100% Mexicana fundada en 1966, enfocada a cubrir la necesidad de sustitutos para durmientes de madera tradicional que se utilizaban en las vías de Ferrocarril, desde entonces se buscaban tecnologías adecuadas, en Alemania Federal se había desarrollado y probado el durmiente presforzado postensado "Dywidag" B-58.

La tecnología utilizada en los orígenes de la formación de ITISA, fue desarrollada en la Universidad Tecnológica de Munich, basada en las investigaciones de los profesores *Dr. J. Eisenmann* y el *Dr. Zinemann*, dando como resultado un durmiente de concreto presforzado postensado de vibrado individual, que utiliza moldes de *desmoldeo inmediato*, concreto de revenimiento cero, un sistema de curado a vapor, la aplicación del presfuerzo mediante gatos hidráulicos individuales para cada durmiente y anclajes por medio de tuercas. Con estos elementos se desarrolló el durmiente B-58, un durmiente de 2.4 m de largo de 270 kg de peso y diseñado para soportar cargas por eje de 30 toneladas.

Dicho durmiente era el producto de un desarrollo tecnológico y experiencia de más de 30 años y se había utilizado con resultados satisfactorios en diversos países del mundo para diferentes ferrocarriles, condiciones de vía, velocidades y cargas de operación.

A través de 20 años de investigación, experiencia, pruebas de laboratorio y análisis del comportamiento de los durmientes de concreto presforzado postensado en las líneas de mayor tráfico en el país, se han desarrollado en conjunto con técnicos de Ferrocarriles Nacionales y la Secretaría de comunicaciones y Transportes, los modelos 58-FM e I-84, con una capacidad de 32.6 toneladas por eje, que cumplen satisfactoriamente con las especificaciones de la *American Railway and Engineering Association* (A.R.E.A.).

En la actualidad ITISA no paga regalías al extranjero por la explotación de tecnología, utilización de patentes y equipos ni por ningún otro concepto, lo que se ha logrado a partir de un desarrollo propio.

### A c t i v i d a d e s

- Fabricación de durmientes.
- Producción de agregados pétreos.
- Troquelados y forjas.
- Prefabricación.

### S e r v i c i o s

- Postensado.

### P r o d u c t o s

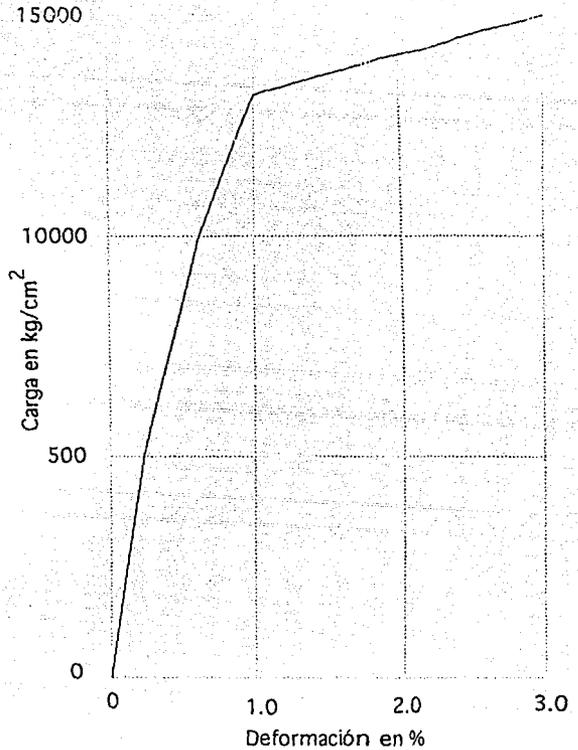
- Moldes o cimbras para durmientes.
- Tuercas.
- Agregados pétreos:
  - ⊖ Gravas.
  - ⊖ Balasto.
- Horquillas de presfuerzo.
- Campanas.
- Elementos de anclaje.

### O t r o s p r o d u c t o s

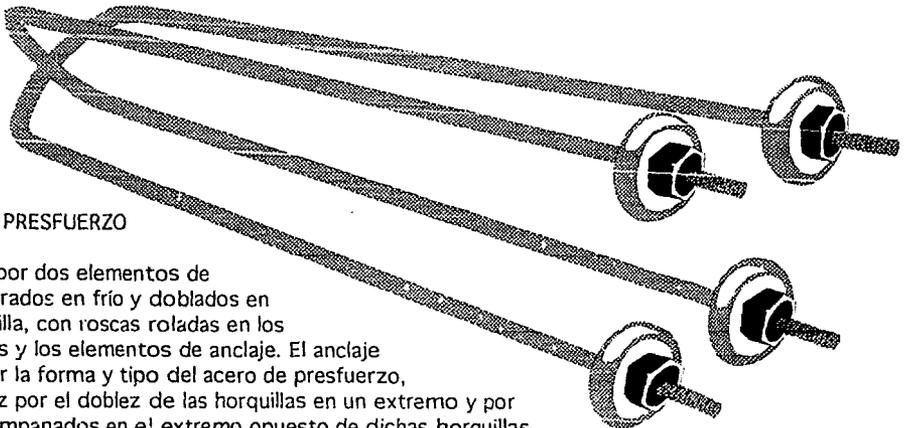
- Productos metalmecánicos y maquinados.
- Prefabricados.

### ACERO DE PRESFUERZO

En este sistema de postensado el acero de presfuerzo debe poseer aparte de una resistencia elevada a la tensión, deberá tener suficiente capacidad de trabajo. Es decir, debe ser tenaz, resistir a la corrosión bajo tensión y fluir muy poco. El acero es del tipo 140/160 cuyo límite elástico es de  $14,000.0 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la ruptura es de  $16,000.0 \text{ kg/cm}^2$  y el alargamiento de ruptura es de 6 %.



El uso de las barras de presfuerzo en forma de orquilla se generaliza a dos diámetros de 9.4 y 10 mm con una fuerza de tensado de 9 y 9.5 toneladas respectivamente. Es decir al durmiente se le aplican fuerzas de 36 y 38 toneladas totales dependiendo del tipo.



### ELEMENTOS DE PRESFUERZO DYWIDAG

Compuestos por dos elementos de presfuerzo, estirados en frío y doblados en forma de horquilla, con roscas roladas en los cuatro extremos y los elementos de anclaje. El anclaje es permitido por la forma y tipo del acero de presfuerzo, formado en cruz por el doblez de las horquillas en un extremo y por los anclajes acampanados en el extremo opuesto de dichas horquillas.

## Durmientes

En los durmientes DYWIDAG, la calidad del concreto corresponde a la clase B600. Con una resistencia a la compresión de  $600 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, medida en un cubo de 20 cm por lado. La resistencia a la tensión por flexión después de 7 días, no debe ser menor de  $65 \text{ kg/cm}^2$  medida en un prisma rectangular con la prueba Brasileña.

Los agregados utilizados en la fabricación de concreto son de origen basáltico de alta densidad, la arena proviene de bancos libres de materia orgánica, son procesados en sistemas de trituración y lavado en circuito cerrado para su correcta clasificación y eliminación de arcillas. Igualmente el cemento utilizado es de alta resistencia y calidad uniforme.

En el proceso de fabricación de durmientes el concreto utilizado es de una consistencia seca de revenimiento cero y una relación agua—cemento baja. Utilizando el procedimiento de desmoldeo inmediato a través de seis moldes. Estos moldes contienen la matriz y cuñas que forman los ductos en el cuerpo del durmiente, así como las placas para el anclaje del perno de fijación y roldanas de campanas para el anclaje del acero de presfuerzo.

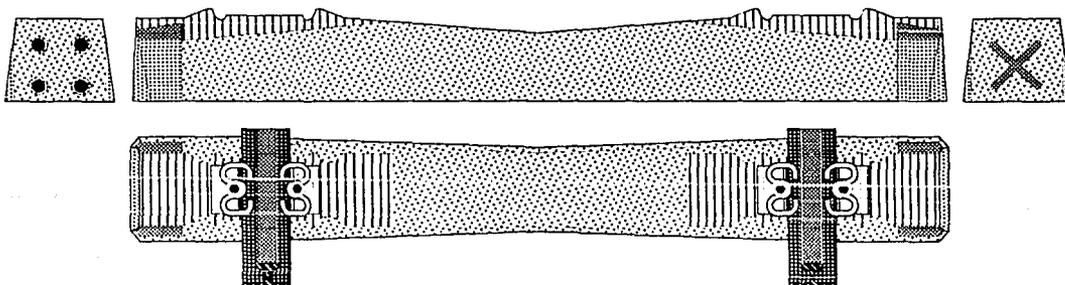
La compactación se realiza por medio de unas mesas con vibradores de alta frecuencia.

El curado del concreto se acelera con vapor para asegurar una correcta hidratación y así obtener altas resistencias a la compresión a temprana edad.

Una vez obtenida la resistencia necesaria, se aplica el tensado por medio de máquinas hidráulicas cuádruples al acero de presfuerzo que ha sido introducido previamente en los ductos y se le han colocado las tuercas que sujetaran a las horquillas una vez tensadas.

Por último se inyectan y se retacan los ductos con lechada y mortero y en los extremos del durmiente se le aplica una película de impermeabilizante para proteger al acero de presfuerzo de corrosión durante su vida útil.

En el producto terminado se verifican las tensiones aplicadas por medio de dinamómetros y máquinas hidráulicas para determinar los momentos resistentes en diferentes posiciones de acuerdo a las normas de la American Railway Engineering Association.



### Dimensión y Construcción.

La dimensión y construcción para los diferentes anchos de vía, cargas por eje, velocidades de operación y cargas en las curvas de las vías se basan en las especificaciones ferroviarias más modernas. La capacidad de resistencia al momento flexionante de los durmientes presforzados DYWIDAG, en el momento de agrietamiento bajo el asiento del riel con carga estática, es aproximadamente el doble y, con carga dinámica, el triple que la de un durmiente de las mismas dimensiones pero sin presfuerzo.

Un durmiente DYWIDAG standar B—58 de 247 kg de peso, está diseñado para soportar una carga de 30 toneladas por eje.

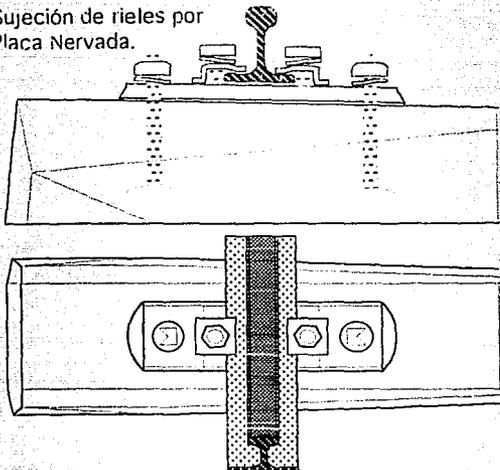
Un durmiente DYWIDAG B—58 presforzado con peso de 275 kg soporta una carga de 32.6 toneladas.

El durmiente DYWIDAG I—84 con un peso de 300 kg está diseñado para soportar esfuerzos flexionantes de durmientes monolíticos presforzados de acuerdo a las especificaciones de AREA—1980.

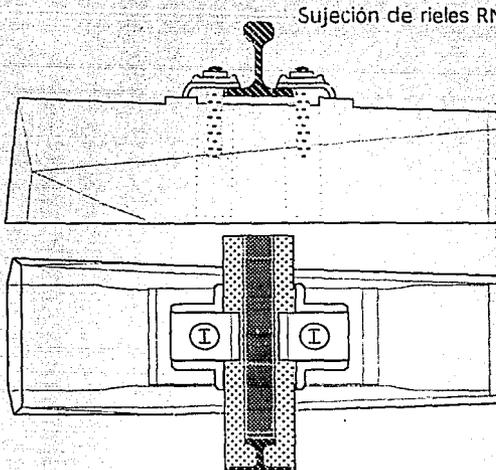
**Campos de aplicación.**

Los durmientes de concreto presforzado DIWYDAG se emplean para redes de ferrocarriles, vías secundarias, ferrocarriles industriales, vías de empalme, tranvías, metro, tren ligero etc. Hay un diseño adecuado para cada velocidad, ancho de vía y fijación de riel.

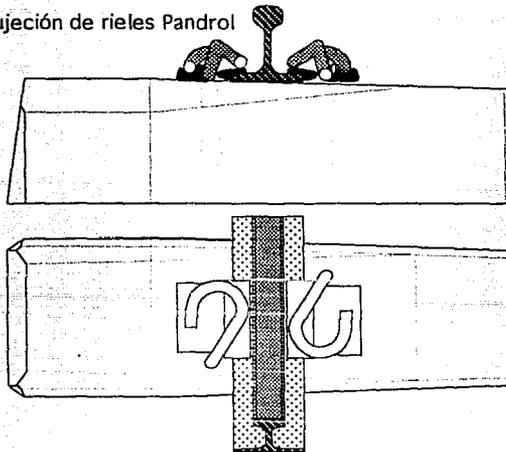
Sujeción de rieles por Placa Nervada.



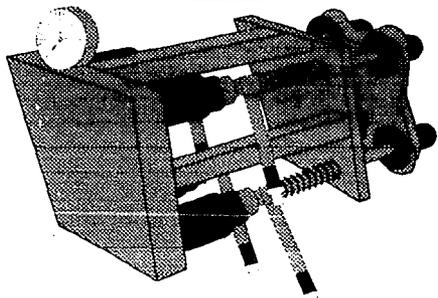
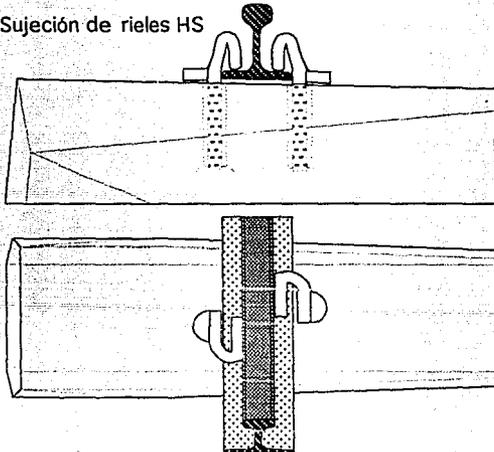
Sujeción de rieles RN



Sujeción de rieles Pandrol



Sujeción de rieles HS



Aparato hidráulico cuádruple para realizar el tensado. Contando con mordazas para cada extremo con cuerda de las orquillas, así como dados de apriete para las tuercas de anclaje.

## VII S I S T E M A C C L

S.E.P.S.A., Servicios y Elementos Presforzados, S.A. de C.V. es una empresa cien por ciento mexicana fundada en 1961 siendo una de las precursoras del presfuerzo en México. Introduce el sistema CCL para postensado de origen Ingles y que esta empresa ha desarrollado continuamente.

### A c t i v i d a d e s

- Edificación.
- Cimentaciones.
- Estabilización de taludes.
- Instalaciones Deportivas.
- Instalaciones Industriales.
- vigas postensadas tipo AASHTO.

### S e r v i c i o s

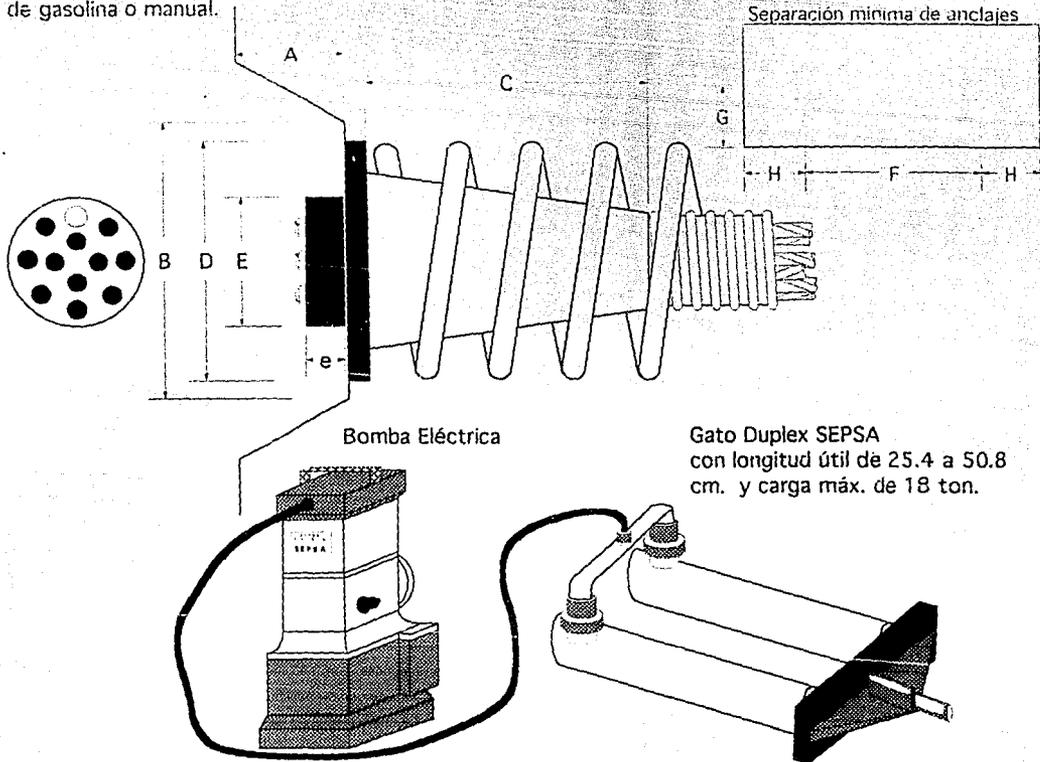
- Cálculo y diseño de estructuras.
- Asesoría y Supervisión.
- Prefabricación.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo: △ Adherido y no adherido.
    - △ Alambre.
    - △ Torón.
    - △ Barra roscada.
- Servicios Especiales:
  - ⊖ Manejo de grandes cargas con movimientos en cualquier dirección.
- Procedimientos constructivos.
- Reparación, y mantenimiento de estructuras:
  - ⊖ Nivelación de edificios.
- Servicios constructivos:
  - ⊖ Puentes en dovelas prefabricadas.
  - ⊖ Montaje de prefabricados.

### P r o d u c t o s

- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Uñitorón.
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Bombas de alta presión para los gatos.
- Equipos de inyección:
  - ⊖ Bombas de inyección.
- Cables y Ductos.

**Anclajes Múltiples.**

El tensado en estos anclajes se realiza en cada torón que conforman dichos cables, con el equipo de tensado de desarrollo propio, Gatos Duplex SEPSA; con bomba eléctrica monofásica, trifásica, de gasolina o manual.



**Características de los sistemas de postensado SEPSA**

FUERZA DE GATEO	TIPO	DUCTO	PESO DEL ACERO	AREA DE ACERO	L LECHADA	A	B	C	D	E	F	G	H	e	
t		mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm	kg cem/m	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
ALAMBRE ø 7 mm															
36	8 ø 7"	39	2.5	4	40	2	9.5	15.5	10.5	10	7.5	15	12	12	3.5
54	12 ø 7"	42	3.7	4	40	2.5	9.5	15.5	13.0	12.5	9	20	14	14	4
TORON ø 3/8"															
30	4 ø 3/8"	39	1.7	4	40	2	9.5	15.5	10.5	10	7.5	15	12	12	3.5
45	6 ø 3/8"	42	3.7	4	40	2.5	9.5	15.5	13.0	12.5	9	20	14	14	4
90	12 ø 3/8"	76	5.0	5.5	45	5.0	9.5	15.5	14	12.5	10	25	19	19	4
TORON ø 1/2"															
52	4 ø 1/2"	42	3.24	4	40	2.5	9.5	15.5	13.0	12.5	9	20	14	14	4
78	6 ø 1/2"	45	4.8	5.5	45	4.0	9.5	15.5	14	12.5	10	25	19	19	4
104	8 ø 1/2"	51	6.4	6.5	45	5.0	12	22	14	16.5	15.5	30	20	20	4
156	12 ø 1/2"	76	9.7	8	50	5.5	12	24	17	19	15	35	23	23	5.5
234	18 ø 1/2"	81	14.5	10	60	7.0	12	29	36	21.5	20	40	26	26	7

## VIII

# S I S T E M A R A M Z A

Los sistemas RAMZA, únicos de invención 100% mexicana con más de 25 años de desarrollo, comprenden sistemas y accesorios de gran versatilidad que resuelven multitud de necesidades de la construcción, a través del postensado.

El sistema RAMZA para todo tipo de cable consiste en un casquillo roscado exteriormente por un extremo y en el otro son introducidos los elementos ya sea torones o alambres que seguidamente son extruidos para unir el casquillo con dichos elementos que conformarán el cable.

El extremo roscado del cable es el que facilita cualquier tipo de conexión.

## A c t i v i d a d e s

- Puentes Atirantados.
- Depósitos de Líquidos.
- Edificación.
- Instalaciones Industriales.
- Estabilización de taludes.
- Puentes de traves.
- Depósitos de líquidos Elevados.
- Instalaciones Deportivas.
- Chimeneas.
- Torres.

## S e r v i c i o s

- Cálculo y diseño de estructuras.
- Postensado.
  - ⊖ Presfuerzo: △ Adherido y no adherido.
    - △ Alambre.
    - △ Torón.
- Procedimientos constructivos.
- Asesoría y Supervisión.
- Reparación, y mantenimiento de estructuras:
  - ⊖ Reforzamiento por presfuerzo.
    - △ Puentes de traves.
    - △ Edificaciones.

## P r o d u c t o s

- Anclajes de presfuerzo:
  - ⊖ Multialambre.
  - ⊖ Torón y Multitorón.
- Gatos para tensar el acero de presfuerzo.
- Gatos de extrusión para manguitos de torón.
- Bombas de alta presión para los gatos.
- Equipos de inyección:
  - ⊖ Mezcladoras.
  - ⊖ Bombas de inyección.
- Cables y Ductos.

## RESUMEN DE POSTENSADO

FUERZA Kg.	TORONES #	Ø Pulg.	ALAMBRES #	Ø mm	Gpo—7—Alamb. Cal. #	mm	Ø Ancl. Pulg.
6030	1	5/16	—	—	—	—	3/4
9370	1	3/8	—	—	—	—	3/4
9401	—	—	7	3	1—7—3	—	3/4
9674	—	—	14	2	2—7—2	—	3/4
10308	—	—	3	5	—	—	3/4
10995	—	—	5	4	—	—	3/4
11104	—	—	1	9.4	—	—	3/4
12314	—	—	2	7	—	—	3/4
14062	2	5/16	—	—	—	—	1
15393	—	—	—	—	1—7—4	—	1
16783	1	1/2	—	—	—	—	1
18471	—	—	3	7	—	—	1
18802	—	—	14	3	2—7—3	—	1
13348	—	—	28	2	4—7—2	—	1
20616	—	—	6	5	—	—	1
21990	—	—	10	4	—	—	1
22208	—	—	2	9.4	—	—	1 1/4
23133	1	0.6	—	—	—	—	1 1/4
24052	—	—	—	—	1—7—5	—	1 1/4
28203	—	—	21	3	3—7—3	—	1 1/4
28575	3	3/8	—	—	—	—	1 1/4
30785	—	—	5	7	—	—	1 1/4
30786	—	—	—	—	2—7—4	—	1 1/4
30924	—	—	9	5	—	—	1 1/4
32985	—	—	15	4	—	—	1 1/4
33312	—	—	3	9.4	—	—	1 3/8
33566	2	1/2	—	—	—	—	1 3/8
33859	—	—	49	2	7—7—2	—	1 3/8
35155	5	5/16	—	—	—	—	1 1/4
37604	—	—	28	3	4—7—3	—	1 3/8
37796	—	—	11	5	—	—	1 3/8
38100	4	3/8	—	—	—	—	1 3/8
38696	—	—	56	2	8—7—2	—	1 3/8
41781	—	—	19	4	—	—	1 3/8
43099	—	—	7	7	1—7—7	—	1 3/8
44416	—	—	4	9.4	—	—	1 1/2
46179	—	—	—	—	3—7—4	—	1 1/2
46266	2	0.6	—	—	—	—	1 5/8
47005	—	—	35	3	5—7—3	—	1 1/2
47625	5	3/8	—	—	—	—	1 1/2
48104	—	—	14	5	2—7—5	—	1 1/2
48370	—	—	70	2	10—7—2	—	1 1/2
48378	—	—	22	4	—	—	1 1/2
49217	7	5/16	—	—	—	—	1 1/2
49256	—	—	8	7	—	—	1 1/2
50349	3	1/2	—	—	—	—	1 5/8
54976	—	—	16	5	—	—	1 5/8
55413	—	—	9	7	—	—	1 5/8
56406	—	—	42	3	6—7—3	—	1 5/8
57150	6	3/8	—	—	—	—	1 5/8
57174	—	—	26	4	—	—	1 5/8
58044	—	—	84	2	12—7—2	—	1 5/8
61572	—	—	—	—	4—7—4	—	1 3/4
65284	—	—	19	5	—	—	1 3/4

RESUMEN DE POSTENSADO CONTINUACION

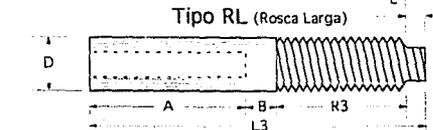
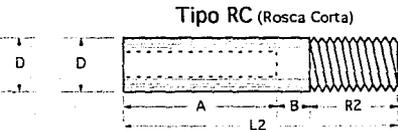
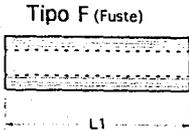
FUERZA Kg.	TORONES #	Ø Pulg.	ALAMBRES #	Ø mm	Gpo.—7—Alamb.Cal. # mm	Ø Ancl. Pulg.
65807	—	—	49	3	7—7—3	1 3/4
65970	—	—	30	4	—	1 3/4
66624	—	—	6	9.4	—	1 7/8
66675	7	3/8	—	—	—	1 3/4
67132	4	1/2	—	—	—	2
67718	—	—	98	2	14—7—2	1 3/4
67727	—	—	11	7	—	1 3/4
69399	3	0.6	—	—	—	2
70310	10	5/16	—	—	—	1 3/4
72156	—	—	21	5	—	1 7/8
73884	—	—	12	7	—	1 7/8
75208	—	—	56	3	8—7—3	1 7/8
76200	8	3/8	—	—	—	1 7/8
76965	—	—	35	4	5—7—4	1 7/8
77393	—	—	112	2	16—7—2	1 7/8
77728	—	—	7	9.4	1—7—9.4	2
82464	—	—	24	5	—	2
84372	12	5/16	—	—	—	2
84609	—	—	63	—	9—7—3	2
85725	9	3/8	—	—	—	2
86198	—	—	14	7	2—7—7	2
87960	—	—	40	4	—	2
91903	—	—	133	2	19—7—2	2

DIMENSIONES CARACTERISTICAS

DIAMETRO D Pulg. mm	COLOCACION	A mm	B mm	E mm	L-1 mm	L-2 mm	L-3 mm	R-2 mm	R-3 mm	N HILOS
3/4 19.1	A	80	10	10	80	150	200	60	110	10
	C	80	10	10	80	150	200	60	110	
1 25.4	A	100	20	10	100	200	250	80	130	8
	C	80	20	10	80	150	250	50	150	
1 1/4 31.7	A	120	20	10	120	200	400	60	260	7
	C	80	20	10	80	150	400	50	300	
1 3/8 34.9	A	140	30	15	140	250	400	80	230	6
	C	80	30	15	80	200	400	90	290	
1 1/2 38.1	A	150	30	15	150	250	400	70	220	6
	C	80	30	15	80	200	400	90	290	
1 5/8 41.3	A	160	40	20	160	300	400	100	200	5.5
	C	80	40	20	80	250	400	130	280	
1 3/4 44.4	A	170	40	20	170	300	400	90	190	5
	C	80	40	20	80	250	400	130	280	
1 7/8 47.6	A	190	40	25	190	350	400	120	170	5
	C	80	40	25	80	250	400	130	280	
2 50.8	A	200	40	25	200	400	600	160	360	45
	C	80	40	25	80	250	600	130	480	

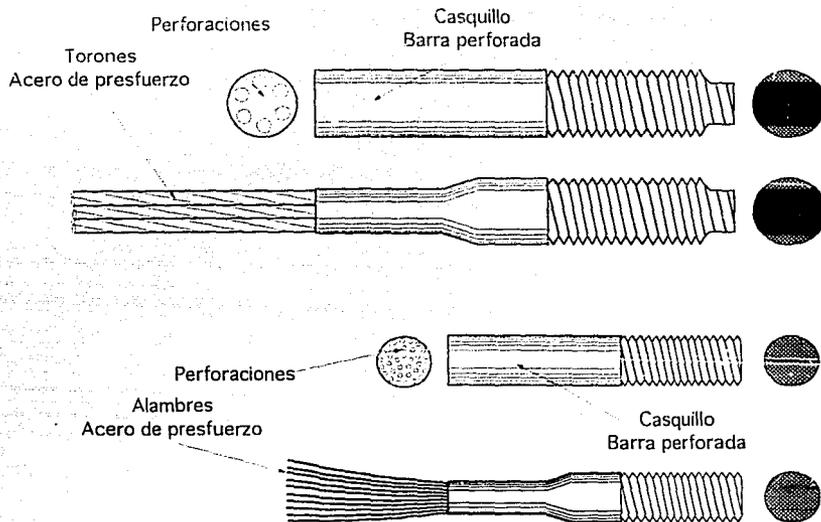
**A**  Disposición de anclaje. Haz de alambres, torón o cable individual colocado en perforación central del anclaje.

**C**  Disposición de anclaje. Haces de siete alambres, torones o cables individuales colocados en perforaciones múltiples.

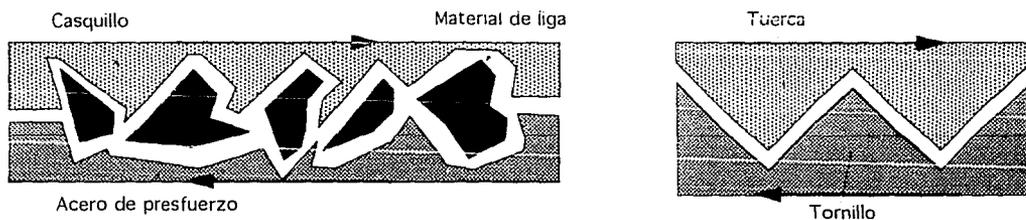


**Descripción.**

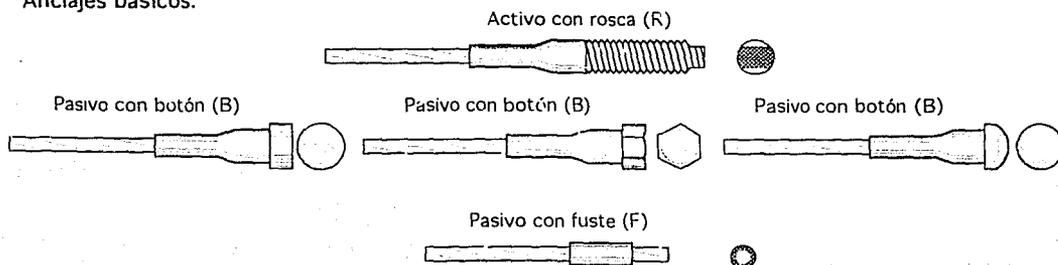
Básicamente la sujeción del acero de presfuerzo con los elementos de anclaje o de continuidad se realiza al extruir en frío mediante una prensa hidráulica los casquillos que abrazarán al acero de presfuerzo teniendo entre ellos un material de mayor dureza que obrará como liga mecánica entre el casquillo y dicho acero de presfuerzo. Los casquillos son unas barras en las cuales se han hecho perforaciones para dar cabida al acero de presfuerzo y el material de liga.



Se incrusta entre el casquillo y el acero de presfuerzo un material de mayor dureza que ambos de tal manera que al efectuarse la extrusión se obtiene una liga mecánica, similar a la cuerda de un tornillo y una tuerca.

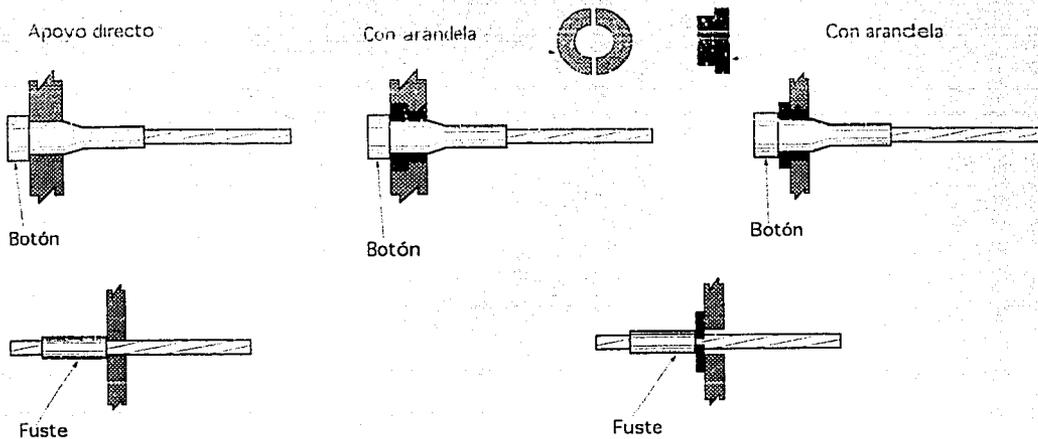


**Anclajes básicos.**



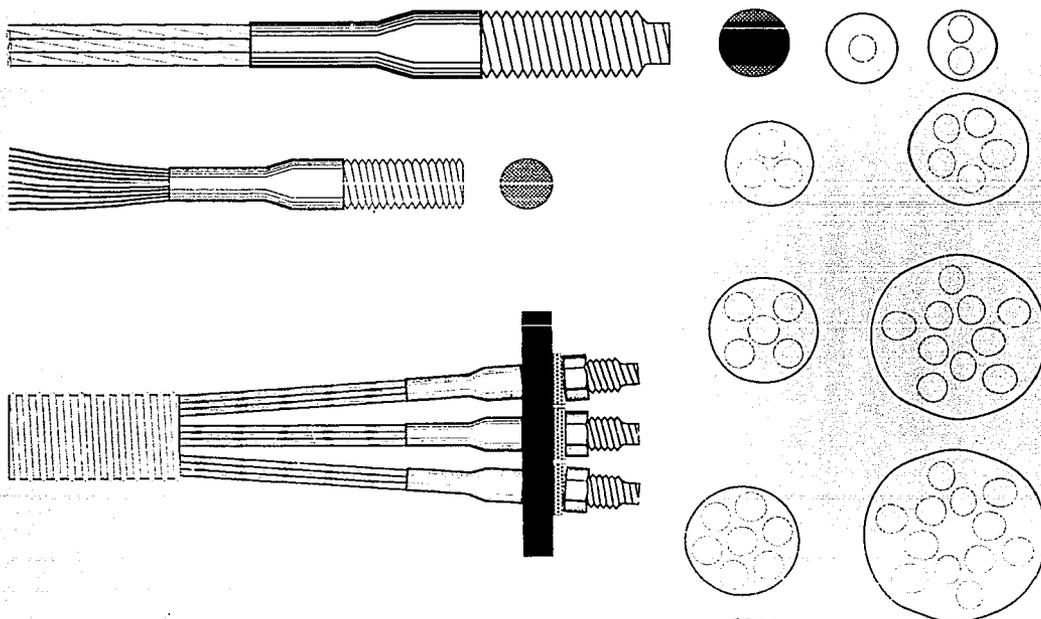
**Anclajes de tipo B.**

Pasivo de apoyo directo o con arandela seccionada. los cables pueden estar formados por uno o más alambres, o torones.



**Anclajes de tipo R.**

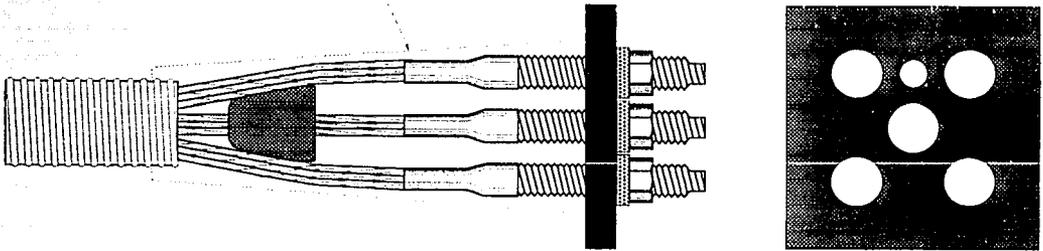
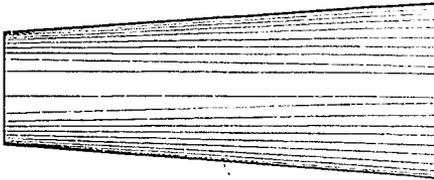
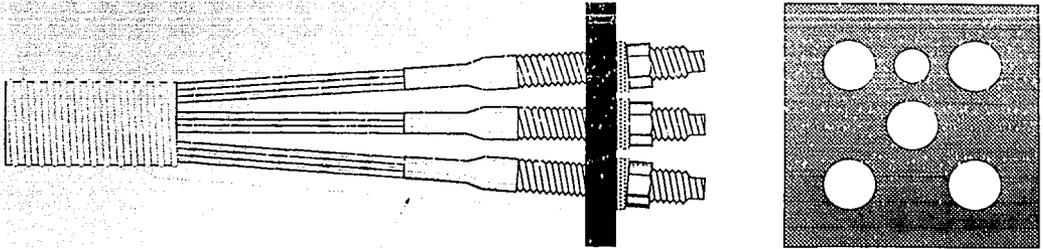
Activo formado por uno o más elementos ya sea de torones o alambres agrupados en diferentes arreglos siendo tensado cada tendón independientemente, con rosca corta o larga según proyecto.



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

**Anclajes**

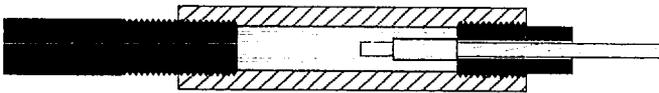
Activo multitorón, su disposición con arandelas de sección adecuada para un asentamiento correcto o como la segunda opción con un elemento que alinea los cables.



**Acopladores.**

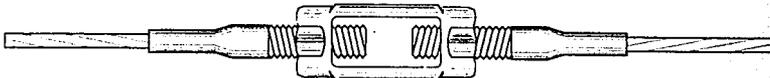
R.C.

Acoplador para dos cables con un cople sencillo del tipo móvil para dar continuidad al cable.



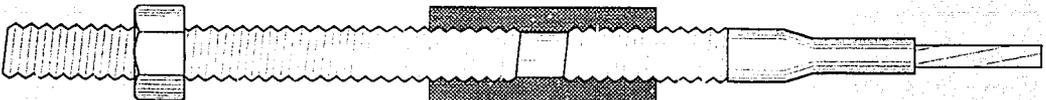
R.L.

Acoplador para dos cables con templador del tipo móvil.



R.C.

Acoplador con barra de ajuste y cople sencillo.



## IX CONCLUSIONES

De toda la información recopilada se puede ver que en México se realizan cualquier tipo de proyectos con este tipo de tecnología, contando con el desarrollo de las empresas mexicanas en este terreno, y que puede ir desde el refuerzo de estructuras ya construidas hasta estructuras de lo más complejas (Lo complejo en función de la potencia del postensado que en puentes pueden fácilmente rebasar las 3000 toneladas por cable), tomando en cuenta que el concreto puede tener cualquier resistencia y que puede ser en estructuras antiguas un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  a estructuras que alcancen más de  $400 \text{ Kg/cm}^2$  como en el caso de durmientes más pequeñas se pueden lograr dichas resistencias en planta por el mejor control.

La bibliografía utilizada para esta recopilación no tiene un autor específicamente, son que publicaciones editadas por las empresas que realizan esta técnica: Revistas Técnicas, Fichas Técnicas, Revistas Promocionales, Informaciones Orales, Etc.

Por último vale decir que este trabajo no es concluyente y mucho menos está terminado, si se puede indicar que es el comienzo de una investigación, que a mi opinión debería tener continuidad para que el alumno tenga a mano la información que se genere en este campo que por sí solo ya constituye una especialidad de la Ingeniería Civil, y que cada vez es más común en las estructuras tradicionales.

A t e n t a m e n t e .