

54 20

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



FACULTAD DE INGENIERIA

**"PROCESO CONSTRUCTIVO DE DURMIENTES
DE CONCRETO POSTENSADO PARA
FERROCARRILES"**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTAN:**

**ROBERTO GALVAN RAMIREZ
VIRUES MAYOLO SUAREZ
GERARDO NEREO MAR VELASCO
HUMBERTO HELIODORO VENCES VELAZQUEZ**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

TITULO: "PROCESO CONSTRUCTIVO DE DURMIENTES DE CONCRETO POSTENSADO PARA FERROCARRILES"

	Pag.
Introducción.	1
CAPITULO I: Conceptos básicos de concreto presforzado.	
1.1 Principios	4
1.2 Métodos	7
CAPITULO II: Procedimientos de tensión postensado.	
2.1 Sistema BBRV	15
2.2 Sistema CCL	16
2.3 Sistema Freyssinet	17
2.4 Sistema Ramza	18
2.5 Sistema V.S.L.	19
CAPITULO III: Sistema Dywidag	
3.1 Generalidades	21
3.2 Barras de presfuerzo	21
3.3 Presfuerzo de las barras Dywidag	28
3.4 Errores en el presfuerzo	34

CAPITULO IV: Durmientes de concreto postensados

4.1	Materiales	36
4.2	Dosificación	37
4.3	Revoltura	38
4.4	Vaciado y vibrado	38
4.5	Demoldeo	39
4.6	Escantillón y siglas	40
4.7	Curado	41
4.8	Tensado	42
4.9	Inyección de lechada	45
4.10	Mortero y betún	46
4.11	Pruebas de laboratorio para el control de calidad	49
4.12	Estibado	50
4.13	Embarque	50
	Conclusiones	62
	Bibliografía	

INTRODUCCION

La finalidad primordial de éste trabajo es presentar en una forma clara, concisa y práctica los conceptos básicos y las principales características del proceso constructivo de Durmientes de Concreto Presforzado y Prefabricados para los Ferrocarriles.

En 1984 los Ferrocarriles Alemanes decidieron colocar sus vías sobre durmientes de Concreto Precomprimido, los cuales se podrían producir en grandes cantidades.

Esta decisión se basó en los resultados satisfactorios obtenidos en pruebas prácticas iniciadas durante la guerra y en la confianza que se tiene en el concreto raforzado, la cual se justifica dado el buen éxito que se ha tenido al resolver los problemas principales de la nueva técnica. Los Ferrocarriles Alemanes se vieron forzados a buscar un nuevo material para durmientes porque inmediatamente después de la guerra, la Madera y el Acero escasearon considerablemente, su precio se elevó extremadamente, y se presentó una excesiva demanda de durmientes.

En el curso del tiempo el durmiente alemán de concreto presforzado ha sido objeto de varios cambios en su forma, en la distribución de la precompresión y en el tipo del acero de pretensado; lo anterior con el fin de encontrar el tipo óptimo de durmiente, entendiéndose como tal, aquel que asegure

re una buena vía en condiciones de seguridad y con un mínimo de costo.

Los elementos estructurales hechos a base de concreto Preforzado pueden soportar cargas y deformaciones considerablemente mayores que los elementos de concreto reforzado con la misma sección.

Esta ventaja es particularmente importante en el caso de -- elementos de traveses, las cuales están sujetas a grandes esfuerzos de flexión, siendo de gran valor al aplicarse a durmientes de ferrocarril, ya que éstos, funcionan como traveses sometidos a esfuerzos por los momentos de flexión.

Siendo el Preforzado la inducción en la estructura de un estado de esfuerzos mediante el tensado de cables de alta resistencia previa a la aplicación de las cargas ó solicitudes, en tal forma que se anulen ó limiten los esfuerzos de tracción durante la vida útil de la estructura, veremos las 2 formas en las que este se presenta:

- . El pretensado que se efectúa antes de colar el elemento.
- . El postensado, el cual se aplica una vez que el elemento ha fraguado y el concreto ha alcanzado la resistencia de diseño especificada en planos.

El sistema Dywidag para Durmientes de Ferrocarril hechos de concreto se base en principios de Ingeniería bien experimentados que cumplen con la forma y dimensiones óptimas, res

puesta adecuada a los momentos flexionantes, presiones laterales, vibraciones y golpes por juntas de rieles, ondulaciones de llantas, descarrilamientos, etc. Todo lo anterior lo hace ser un sistema recomendable para la fabricación de Durmientes.

Como complemento a los conceptos señalados en el desarrollo de los temas contenidos en éste trabajo, se presentaran las principales características del Proceso Constructivo de los Durmientes Presforzados.

Esperamos que el presente trabajo sea de utilidad para los lectores interesados en el tema.

I. CONCEPTOS BASICOS DE CONCRETO PRESFORZADO.

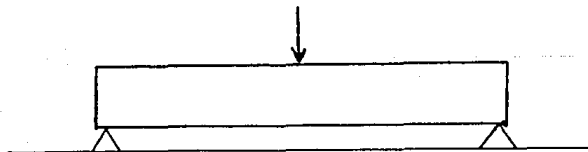
1.1 PRINCIPIOS.

El concreto presforzado puede definirse como concreto - precomprimido, es decir, que un miembro de concreto antes de empezar su vida de trabajo, se le aplica un esfuerzo de compresión en aquellas zonas donde se desarrollarán esfuerzos de tensión bajo cargas de trabajo.

La tensión es importante, debido a que el concreto es un material muy débil a este tipo de esfuerzo, y es por esto que se recurre a eliminarlo parcial o totalmente.

Actualmente se permite que haya esfuerzos de tensión en el concreto y hasta cierto agrietamiento limitado.

Haciendo variar la magnitud del presfuerzo compresivo - puede limitarse hasta el grado deseado el número y el ancho de las grietas, igualmente puede controlarse la deflexión del miembro.



Considérese una viga de concreto simple soportando una carga.

Al incrementar la carga, la viga se deflexiona ligeramente y después falla súbitamente.

Es probable que la viga se agriete en su parte inferior y sufra rupturas, aún con carga relativamente pequeña, debido a la baja resistencia a la tensión del concreto. Existen 2 formas para proporcionar al concreto resistencia a la tensión que son: una empleando acero de refuerzo en forma de barras (varillas) y la otra es presforzando.

En el concreto presforzado, los esfuerzos de compresión introducidos en las zonas donde se desarrollarán los esfuerzos de tensión bajo la carga, resistirán o anularán a estos esfuerzos de tensión.

En este caso, el concreto reacciona como si tuviese una alta resistencia a la tensión y en tanto que los esfuerzos de tensión no excedan a los esfuerzos de "precompresión", no podrán presentarse agrietamientos, en la parte o zona de tensión de la viga.

La flexión es tan sólo una de las condiciones que intervienen sobre una viga, ya que también existe la fuerza cortante, la cual en una trabe se desarrolla horizontal o verticalmente, dando origen a esfuerzos de tensión y compresión diagonal de igual intensidad. Como el concreto es débil en tensión, se presentarán grietas en una viga de concreto reforzado, en donde estos esfuerzos de tensión diagonal son altos, lo que normalmente ocurre cerca de los apoyos. En el concreto presforzado se pueden calcular los esfuerzos de precompresión, de tal manera que sobrepasan a los de tensión diagonal.

Una viga presforzada sujeta a carga, experimenta una flexión y la precompresión interna disminuye gradualmente. Al retirar la carga se restituye la compresión previa y la viga regresa a su condición original, demostrando la resistencia del concreto presforzado.

Más aún, las pruebas han demostrado que puede efectuarse un número ilimitado de dichas inversiones de carga, sin afectar la capacidad de la viga para soportar la carga - de trabajo o reducir su capacidad de carga última.

En otras palabras, el presforzado dota a la viga de una gran resistencia a la fatiga.

Como ya se ha mencionado, si para la carga de trabajo -- los esfuerzos de tensión ocasionados por dicha carga no exceden al presfuerzo el concreto no se agrietará en la zona de tensión y si sucede lo contrario, pues entonces sí surgirán grietas. Sin embargo, si se retira la carga, aún después de que la viga ha sido cargada a una porción muy alta de su capacidad última, se obtiene como resultado una clausura total de las grietas las cuales no reaparecen bajo cargas de trabajo.

¿Cómo se aplica esta precompresión? En losas colocadas sobre el terreno. Esto se logra mediante el empleo de gatos aplicados externamente, los cuales después de comprimir la mayor parte de la losa entre dos apoyos fijos, se pueden sustituir por el resto de la losa.

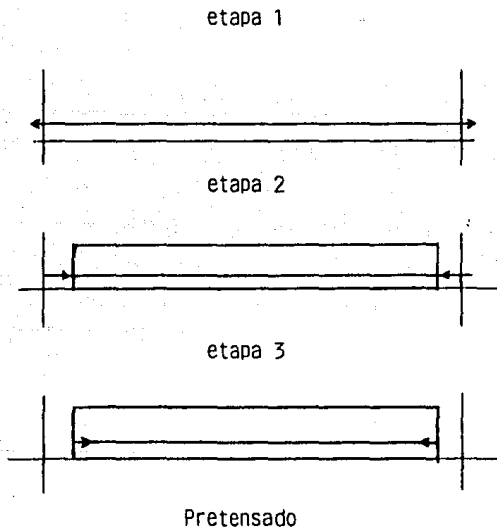
Lo anterior no es sin embargo, un método de aplicación - práctico en la mayoría de los elementos estructurales, - ya que el método usual, consiste en emplear "tendones" - de acero tensados, que se incorporan permanentemente al elemento.

Por lo general los tendones se forman de alambres de alta resistencia, torones o varillas, que se colocan aisladamente o formando cables. Existen 2 métodos básicos - para usar tendones: pretensado y postensado.

1.2 METODOS.

En el pretensado como su nombre lo indica, primero se tensa el acero, entre los muertos de anclaje y posteriormente el concreto es vaciado (en moldes) alrededor del acero.

Cuando el concreto ha alcanzado suficiente resistencia a la compresión, se libera al acero de los muertos de anclaje, transfiriendo la fuerza al concreto a través de la adherencia existente entre ambos elementos.



En el postensado, primero se coloca el concreto fresco - dentro del encofrado y se deja endurecer previo a la -- aplicación del presfuerzo. El acero puede colocarse en cualquier posición con un determinado perfil, quedando - ahogado en el concreto. Para evitar la adherencia - entre concreto y acero se puede introducir a éste dentro de una camisa metálica protectora; o bien pueden dejarse ductos en el concreto, pasando el acero a través de ellos, una vez fraguado el concreto. En cuanto se ha alcanzado la resistencia requerida del concreto, se tensa el -- acero contra los extremos del elemento por presforzar y se ancla, quedando así el concreto en un estado de com-- presión axial.

El perfil curvo del acero (lo que normalmente ocurre en el postensado) permite la distribución efectiva del pres fuerza dentro de la sección, de acuerdo con lo dispuesto por el calculista.

etapa 1



etapa 2



etapa 3

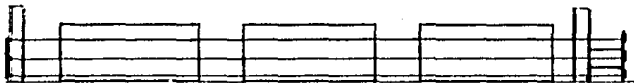


Postensado

El pretensado puede usarse en la obra cuando se requiera un gran número de unidades prefabricadas similares, pero normalmente se lleva a cabo en plantas industriales, donde ya han sido previamente construidas mesas permanentes de tensado. El método más efectivo es el de producción a gran escala, en la que un cierto número de unidades análogas se producen simultáneamente. Los tendones de acero, que por lo general consisten de alambre para las unidades pequeñas y de torones para las más grandes, se tensan entre las placas de anclaje situadas en cada extremo de una larga mesa de tensado. Dichas placas se encuentran soportadas por grandes secciones de acero ahogado en un macizo de concreto (muerto de anclaje) en cada extremo de la superficie de colado. La losa en la base puede servir como puntal entre estos macizos de concreto; sin embargo, en las mesas largas de tensado, los macizos se construyen lo suficientemente voluminosos con el objeto de que sean estables, es decir, para que no resbalen o se volteen. En mesas de tensado muy largas, a veces se tienen muertos de anclaje intermedios dentro de cavidades previamente hechas, de tal manera que se puedan insertar viguetas de acero temporales, para que en caso necesario, queden mesas de tensado de menor longitud. En uno de los extremos la placa de anclaje se apoya directamente en las viguetas de acero soportantes, denominadas apoyo fijo. En el otro extremo, el de tensado, se introducen puntales de acero temporales entre la placa de anclaje y las viguetas de apoyo. Generalmente las placas de anclaje son placas gruesas de acero con agujeros por donde los alambres o torones pueden introducirse y anclarse. Los extremos de cada unidad tienen un tope que se taladra de acuerdo con la colocación de los tendones requeridos y del diámetro de los alambres o torones utilizados.

Producción a gran escala

Tendones rectos



Los torones o alambres en el número proyectado, se arrastran a todo lo largo de la mesa de tensado, enhebrándose en los topes y en las placas de anclaje que finalmente se sujetan al apoyo fijo. En el otro extremo de la mesa, el tensado se inicia una vez que hayan sido colocados todos los alambres. Puede tomarse la lectura de la extensión y compararse con el valor calculado, pero como, de hecho, los tendones tienen libertad de movimiento (lo que no ocurre en el postensado) es la fuerza en el cable la que reviste una importancia primordial. Enseguida se ancla el alambre y se descarga el gato; esta operación se repite con todos los demás alambres. La secuencia del tensado no es muy importante en el pretensado, pero, como acontece con todo el presforzado, es esencial un tensado preciso.

Si se va a emplear un refuerzo secundario la cantidad necesaria se habrá colocado en conjunto cerca de los topes y de los tendones ensartados al ejecutarse la operación de arrastrar a los alambres por la mesa. Una vez que se ha terminado el tensado, se arregla al refuerzo en la posición debida y se ensamblan los moldes prepa-

rándolos para recibir al concreto. En el pretensado la adherencia entre el acero y el concreto es de vital importancia y en ésta, al igual que en todas las operaciones que se realizan, debe preverse que el acero quede libre de cualquier material, tal como el aceite o grasa de los moldes, que interfiera con la adherencia. Para obtener una compactación completa del concreto, se deben emplear vibradores, ya sea internos o externos. Si los vibradores internos no se manejan adecuadamente, pueden provocar la aparición de bolsas de agua adyacentes al acero tensado, lo que reducirá la adherencia efectiva. Los vibradores externos no dan lugar a este problema, pero en cambio, los moldes requieren ser mucho más rígidos.

Como ocurre con cualquier concreto, el curado es necesario y es un proceso, que en ocasiones se acelera mediante la introducción de vapor bajo una cubierta apropiada, obteniendo así una producción rápida debida a la mayor utilización de la mesa.

Como el acero tensado tiende a regresar a su posición original, la adherencia entre acero y concreto evita que suceda esto, de tal manera que el concreto queda sometido a compresión.

El pretensado también podrá aplicarse a unidades aisladas, haciendo que el acero se tense y ancle en cada molde.

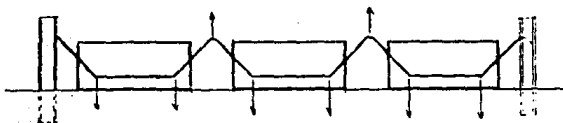
En unidades grandes, donde es importante el peso apropiado, resultará ventajoso incrementar la excentricidad de los tendones cerca de la zona central del claro.

La excentricidad de un tendón es la distancia desde el centro del mismo al centro de gravedad de la sección.

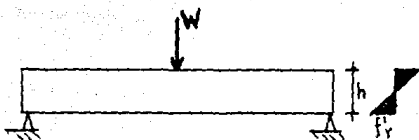
La efectividad de la fuerza de presfuerzo es función del producto de la magnitud de dicha fuerza por su excentricidad, pudiendo incrementarse la efectividad si se aumenta la excentricidad para el mismo valor de la fuerza.

Opcionalmente, puede lograrse la misma efectividad con una fuerza menor pero con una mayor excentricidad. Este principio constituye el criterio fundamental del postensado, aunque es posible aplicarlo al pretensado si se desvían los tendones o si algunos no son adheridos al concreto.

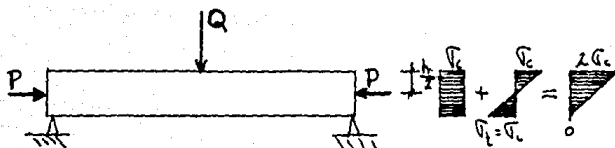
Como los tendones se encuentran tensados entre los apoyos, sólo es necesario sujetarlos en posiciones más arriba o más abajo en puntos intermedios de su longitud, aún cuando se conserve una línea recta entre estos puntos.



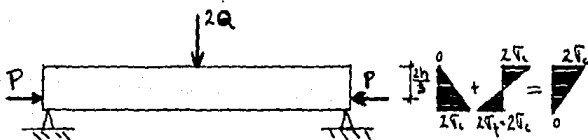
Tendones Flexionados



VIGA DE CONCRETO SIMPLE



VIGA PRESFORZADA AXIALMENTE



VIGA PRESFORZADA EXCÉNTRICAMENTE

II. PROCEDIMIENTOS DE TENSION POSTENSADO.

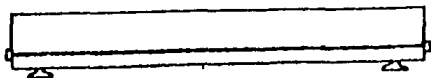
En el presente capítulo se explicarán los sistemas de presfuerzo postensado más generales, ya que es éste tipo de presfuerzo el utilizado en la fabricación de los durmientes de concreto objeto de ésta tesis, tratando en un capítulo aparte, el Sistema Dywidag por ser el tema de la misma.

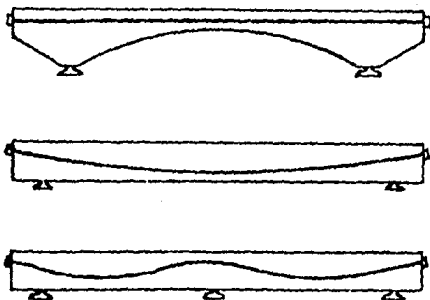
En los sistemas postensados el concreto es vaciado al molde antes del tensado de los cables. Generalmente los cables se colocan en ductos que evitan que se adhiera el concreto a ellos, más aún en otras ocasiones los cables son colocados después de que el concreto ha fraguado.

Una vez que el cable esta colocado en el lugar deseado, se procede al tensado. Este mecanismo se lleva a cabo generalmente por medio de gatos hidráulicos, y se puede tensar por uno o ambos lados. Una vez que se han tensado y anclado adecuadamente los cables, se procede a inyectar mortero, de manera que los cables quedan protegidos de la corrosión.

En éste tipo de presfuerzo los cables pueden tener trayectoria recta o curva, siendo la trayectoria curva la más eficiente en lo que a utilización de presfuerzo se refiere.

Trayectorias de cables en elementos postensados.





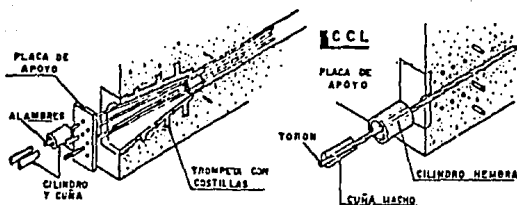
En la construcción de elementos postensados existen varios sistemas, siendo la principal diferencia entre ellos, la forma en que logran anclar los cables. Todos éstos sistemas usan alguno de los siguientes procedimientos:

1. Aprovechar el principio de la cuña, así como la fricción entre las cuñas y los cables.
2. Apoyar directamente el cable sobre una placa, por medio de un engrosamiento formado en el extremo de los cables.
3. Usar dispositivos a base de rosca.
4. Doblar los cables y con una longitud de anclaje suficiente.

A continuación se describen algunos de los sistemas de presfuerzo postensado más utilizados en México, mencionando las características de anclaje de cada uno de ellos y que se de-

2.2 SISTEMA CCL

Este sistema es de origen Ingles y utiliza el principio de cuña y fricción pero anclando aisladamente cada cable por medio de un sistema de cuñas y cilindros. En este sistema se debe tensar uno por uno los alambres -- que forman el cable.



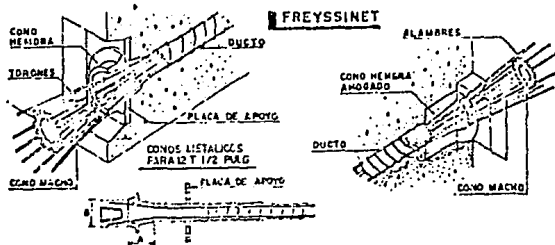
CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

NOMENCLATURA DEL CABLE	NUMERO DE ALAMBRES	DIAMETRO COMERCIAL DEL CABLE	AREA NOMINAL DEL CABLE CM ²	CAPACIDAD ULTIMA EN TONS	PCSO DEL CABLE POR ML. EN KG
8 # 0	8	3 MM	1.33	22.7	1.23
8 # 1	8	3.5 MM	2.07	30.2	1.43
8 # 2/16"	8	3/16"	2.57	37.9	1.73
8 # 3/8"	8	3/8"	4.13	57.0	2.73
8 # 1/2"	8	1/2"	7.40	129.0	5.00
12 # 0	12	3 MM	2.33	39.6	1.83
12 # 1	12	3.5 MM	3.27	49.2	2.33
12 # 2/16"	12	3/16"	4.17	57.1	2.73
12 # 3/8"	12	3/8"	6.20	100.0	4.50
12 # 1/2"	12	1/2"	11.20	177.0	8.00

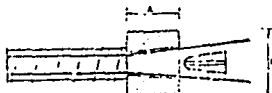
2.3 SISTEMA FREYSSINET

Este sistema utiliza un anclaje de los cables a base de un cilindro cuyo interior es cónico, a través del cual pasa el cable. Se separan los alambres o torones que forman el cable y en el centro del cilindro se coloca una cuña cónica estriada que se introduce en el cilindro por medio de presión aplicada con el gato que se utiliza para tensar.

El cilindro que se utiliza generalmente queda ahogado en el concreto y si el cable esta formado por varios alambres el cilindro y cuñas son hechos de concreto, pero si el cable esta formado de torones (serie de alambres trenzados) el cilindro y cuñas son metálicos.



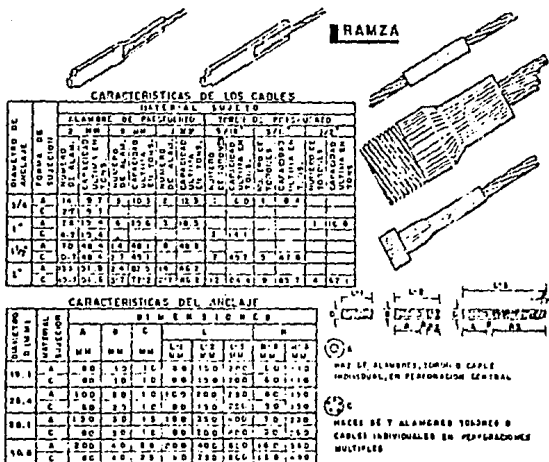
CONOS DE ANCLAJE			
DIMENSIONES			MATERIAL
CABLE	A	MED. A1	
12 # 6 MM	100	86	CONCRETO
12 # 7 MM	120	105	CONCRETO
12 T 1/2"	127	125	METALICO



CARACTERISTICAS DE LOS CABLES						
NOMENCLATURA DEL CABLE	NO DE ALAM. TORONES	DIAMETRO COMERCIAL DEL CABLE	AREA NOMINAL DEL CABLE	RESISTENCIA ULTIMA EN TONS	PESO DEL CABLE POR METRO	DIAMETRO INTERNO DEL BUNDO
12 # 6 MM	12	7 MM	220 MM ²	35.0	2.8	37 MM
12 # 7 MM	12	7 MM	220 MM ²	35.0	3.1	37 MM
12 T 1/2"	12	127	1200 MM ²	106.0	6.2	38 MM

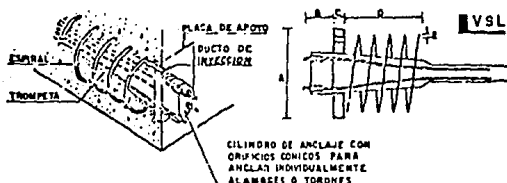
2.4 SISTEMA RAMZA.

Este sistema de patente mexicana utiliza un principio similar a la unión mecánica entre tornillo y tuerca - mediante una rosca. Dicho sistema se basa en la extrusión en frío de un casquillo metálico en torno del cable a anclar. La extrusión se efectúa mediante una prensa y unos dados de diseño especial. La sujeción se logra por la incrustación entre el casquillo y el acero de presfuerzo de un material de mayor dureza que ambos.



2.5 SISTEMA V.S.L.

Este sistema fué desarrollado en Sulza y se basa en el principio cuña-fricción. Los cables se anclan en un elemento con perforaciones cónicas para cada alambre o torón. El elemento de anclaje cuenta con una rosca para hacer ajustes.

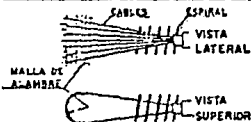


CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

NO. CLASURA DEL CABLE	NUMERO DE TORONES	DIAMETRO COMERCIAL DEL CABLE	AREA NOMI-NAL DEL CABLE EN MM ²	CAPACIDAD ULTIMA EN TONS.	PESO DEL CABLE POR M.L. EN LB	DIAMETRO INTERNO DEL DUCTO
3-1	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-2	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-3	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-4	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-5	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-6	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-7	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-8	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-9	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-10	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-11	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM
3-12	3	1/2"	73	16.0	0.7	18.250 MM

TROMPETAS DE ANCLAJE

CABLE	DIMENSIONES DE TROMPETAS (MM)				
	A	B	C	D	E
3-1	194.25	90	12.7	132.4	—
3-2	228.425	90	12.7	132.4	3.9
3-3	262.6	90	12.7	132.4	3.9
3-4	296.775	90	12.7	132.4	3.9
3-5	330.95	90	12.7	132.4	3.9
3-6	365.125	109	12.7	132.4	3.9
3-7	399.3	109	12.7	132.4	3.9
3-8	433.475	109	12.7	132.4	3.9
3-9	467.65	109	12.7	132.4	3.9
3-10	501.825	109	12.7	132.4	3.9
3-11	536.0	109	12.7	132.4	3.9
3-12	570.175	109	12.7	132.4	3.9



ANCLAJE CON CABLES DOBLADOS

Cabe hacer mención que existen otros sistemas de presfuerzo, que aunque no han sido muy utilizados en México, en otros -- países sí han dado buen resultado.

- Presfuerzo Eléctrico.

En este sistema se utilizan varillas lisas cubiertas con material termoplástico, que se dejan ahogadas dentro del concreto como si fuera refuerzo convencional. Después de que el concreto ha fraguado, se hace pasar por la varilla una corriente eléctrica de bajo voltaje y alto amperaje. Cuando las varillas de acero se calientan y se alargan se anclan las varillas en los extremos mediante tuercas.

Al enfriarse las varillas tienden a recuperar su tamaño original, lo cual ocasiona el presfuerzo. La adherencia entre concreto y acero se mantiene al solidificarse el material termoplástico.

- Presfuerzo Químico.

Las reacciones químicas logradas al utilizar una mezcla de cemento postland y cemento aluminoférrico, ocasionan que el concreto aumente de volumen. Los cables que se dejan ahogados en el concreto resfringen la dilatación, y esto ocasiona el presfuerzo. Como el cemento causa un aumento del volumen del concreto, se le conoce como cemento expansivo.

III. SISTEMA DYWIDAG.

3.1 Generalidades.

La patente Dywidag es un sistema de presfuerzo postensado que es aplicable a las estructuras de concreto - premezclado y consta de las siguientes etapas de construcción.

1. Colocación de la camisa del presfuerzo.
2. Colado y curado del concreto, con una resistencia a la compresión (f_c) de 300 Kg/cm² en adelante.
3. Anclaje y tensado del acero de presfuerzo con un grado de fluencia de 15000 a 22000 Kg/cm².
4. Inyección de la lechada de concreto.

Este sistema de construcción es aplicable a todo tipo de estructuras con las variantes de diámetros y trayectoria de los cables de presfuerzo con mejor comportamiento a estructuras con volados o claros con longitudes grandes, siempre que se garantice un anclaje adecuado.

3.2 Barras del Presfuerzo.

Un correcto funcionamiento de la estructura construída con el Sistema Dywidag requiere de un manejo adecuado de las barras para el presfuerzo:

1. Trabajos Preliminares.

1.1 Control de Calidad.

Las barras para el presfuerzo requieren un control de calidad estricto y deben de ser probadas bajo las especificaciones y normas solicitadas por el proyectista y muestreadas antes de que sean enviadas y los almacenes para la fabricación de los premezclados.

Todas las pruebas de control de calidad deberán -- ser supervisadas y aprobadas o rechazadas por el consumidor o su representante.

1.2 Transporte y Almacenamiento.

La identificación de las varillas para el presfuerzo se realiza por medio de una marca en las puntas de la varilla con diferentes colores de acuerdo como sea su conexión (anclaje, empalme y tensado) y sus diferentes longitudes y también nos ayuda para un buen ordenamiento en las estibas del almacén y en su transporte.

El almacén deberá ser un sitio techado y sin humedad para evitar la oxidación, las puntas de las varillas tienen una protección anticorrosiva por medio de esmaltes y deberán estar protegidas contra golpeo; de esta manera se evitan las deformaciones de las cuerdas para las uniones.

Un adecuado manejo de las barras para el presfuerzo es una manera preventiva, para un buen funcionamiento de los elementos estructurales.

2. Doblado del acero de presfuerzo.

Las barras para el presfuerzo deben ser dobladas - en frío. Por ningún motivo se deberán doblar las barras en caliente.

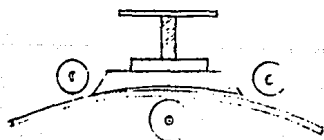
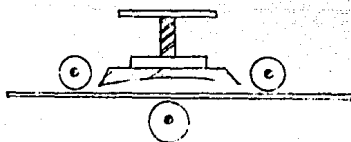
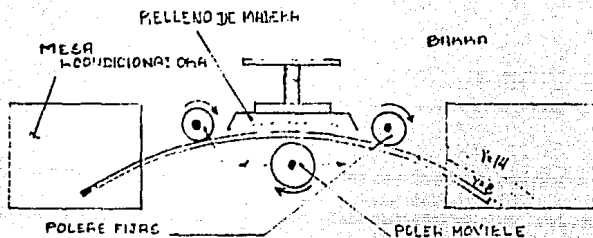
El doblado en frío de las barras de presfuerzo ala beadas deberá ser ejecutado con el procedimiento - de paso a través de la máquina dobladora de poleas o una máquina similar.

El trabajo de doblaje es colocar en ambos lados de la máquina dobladora mesas acondicionadoras.

En esta forma se puede preparar la barra en la mesa antes del doblaje. En la otra mesa están dibujados los distintos radios de barra, de tal modo - que la barra que está saliendo doblada va colocand dose sobre la curvatura que le corresponde, por me dio de esto se tiene inmediatamente el control de la curvatura correcta de la barra. Las cuerdas de las barras se protegen iniciando el doblaje cinco centímetros antes de la cuerda.

3. Montaje del acero del refuerzo para el presfuerzo.

La línea de proyecto de las barras dependen de la correcta colocación de los moldes que sostienen la camisa y es un trabajo de precisión. Si la cam isa sale de la curvatura de proyecto varía la resis tencia del elemento estructural y queda fuera de - proyecto, en caso de que se pueda corregir la tra yectoria de la camisa el elemento se deberá de le vantar de los apoyos de modo de que no se produzca un desgarre de los tubos de la camisa ó si la obs trucción de la camisa es total el elemento estructural deberá de ser demolido o desechado según sea el caso.



DOPLAT. 100

La trayectoria de las barras del presfuerzo especificadas por proyecto se fija por medio de soportes colocados a lo largo de todo el elemento estructural con una separación adecuada y para el firme apoyo de la camisa se deberá sujetar sin que se estrangulen los canales del presfuerzo.

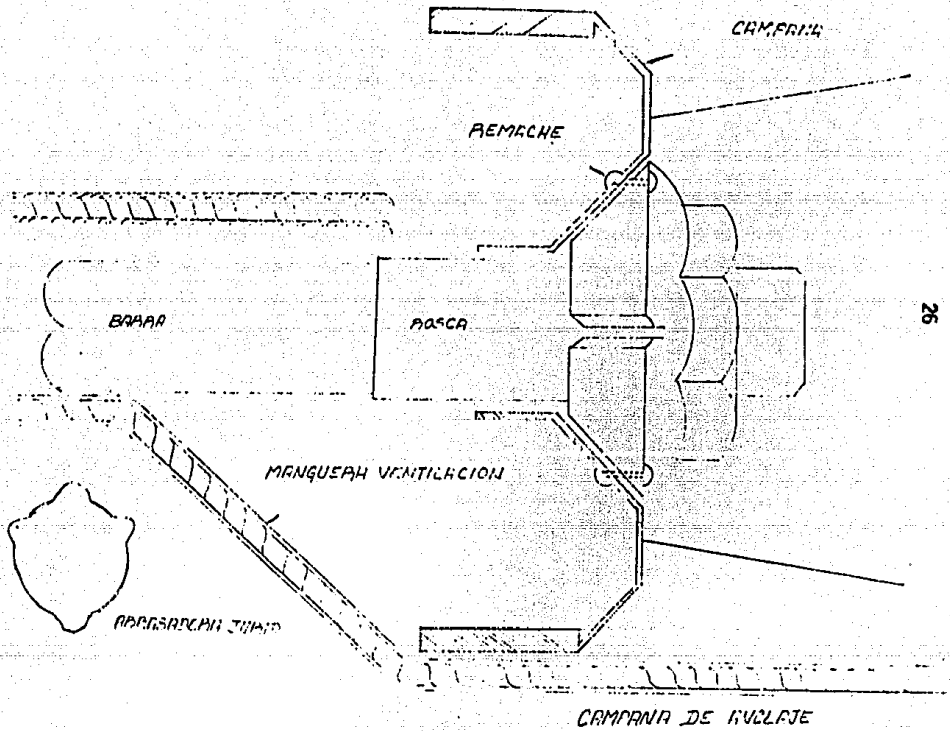
Los accesorios para el presfuerzo son de conexión, apoyo, tensión, para el inyectado y ennumeramos los siguientes:

- a) Camisa
- b) Campana de anclaje
- c) Campana de tensado
- d) Coples de conexión
- e) Manqueras de ventilación
- f) Grapa de Jurid

a) La camisa para el presfuerzo sirve de guía a las barras y queda holgada para facilitar su colocación es un tubo de metal con preparaciones en las puntas para las conexiones.

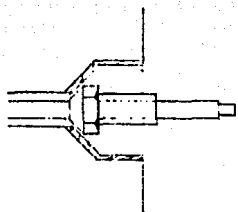
b) Campana de anclaje.- En uno de los extremos del elemento estructural se deberá colocar una campana de anclaje que nos sirve como ancla para la barra de presfuerzo y consta de una tuerca hexagonal remachada o soldada a una placa de metal y deberá llevar un tubo de conexión para unir a la camisa y también tiene la función de ducto para inyección de la lechada.

c) Campana del Tensado.- Es el apoyo para aplicar la fuerza de tensión especificada en el proyecto y necesita una placa de acero que sirve como apoyo al gato, ya que de esta manera aumentamos el área de aplasta-

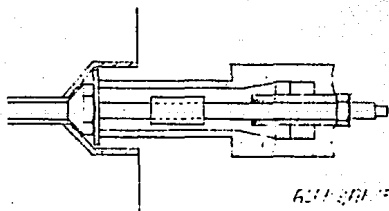




MEZCLA DE PARTES DIFERENTES
DE LA BARRA



ATOPALLADO DEL VASTAGO



REEMPLAZO DE LA BARRA

ALARGAMIENTO

0.07

miento del concreto. Una vez tensada la barra se aprieta una tuerca conica de un extremo y hexagonal del otro.

d) Coples de conexión.- En elementos estructurales muy largos, es necesario unir dos o más barras a lo largo por medio de coples con rosca, esta deberá tener la longitud suficiente para transmitir la fuerza.

También es necesario un cople de la camisa con sus respectivas uniones.

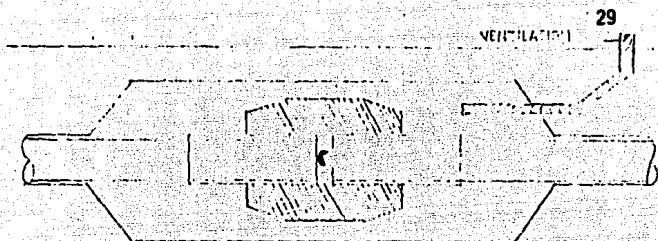
e) Mangueras de ventilación.- Estos se utilizan como conductos para la inyección de la lechada y se colocan a separaciones adecuadas con la finalidad de que llegue el cemento a todo lo largo del elemento estructural y pueden estar localizados en los extremos, intermedios o en coples.

f) Grapa Jurid.- Nos sirve para sellar los extremos de las mangueras y estan colocadas alrededor de las camisas. Se presionan como abrazadoras y con esto se evita que escape la lechada.

3.3 PRESFUERZO DE LAS BARRAS DYWIDAG

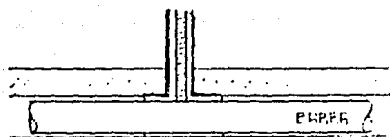
Los trabajos del presfuerzo deberán ejecutarse por personal calificado bajo la supervisión de un ingeniero residente para garantizar la correcta construcción y a la vez el buen funcionamiento en operación del elemento estructural.

Trabajos preliminares.- Las escotaduras deberán estar limpias y el área de apoyo del gato estará de acuerdo a su tamaño para garantizar la fuerza especificada en proyecto.

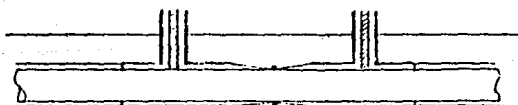


LONGITUD
DEL COPLE

COPLE DE CONEXION
con ventilacion intermedia.



VENTILACION INTERMEDIA



VENTILACION DOBLE

Las cuerdas de las barras de presfuerzo deberán estar limpias para que se pueda atornillar fácilmente el vastago del gato.

La herramienta para el presfuerzo deberá ser calibrada y revisada antes de iniciar el presfuerzo (contador, dinamómetro, manómetro y bomba para lechada). También se deberá contar con el 100% de la herramienta, en caso de que falle alguna, para no interrumpir el tensado en las barras del presfuerzo.

En el proceso del presfuerzo se recomienda un registro con las siguientes columnas (Tabla No. 1)

Descripción

- | | |
|---|---|
| 1 | No. de barra de presfuerzo, para un control se enumeran las barras desde el proyecto. |
| 2 | No. de barra en el orden que se aplica el presfuerzo de acuerdo al elemento de que se trate. Debido a que se tiene una secuencia de aplicación del presfuerzo. |
| 3 | Esfuerzo de trabajo. Una vez aplicada la fuerza es registrada por el dinamómetro y el esfuerzo de trabajo es la fuerza de tensión entre el área neta de la barra. |

Descripción

- 4 Longitud de la barra al milímetro, ésta nos sirve para medir deformaciones iniciales y finales.
- 5 Alargamiento de la barra, es el esfuerzo promedio por la longitud de la barra entre su módulo de elasticidad.
- 6 Deformación por aplastamiento del concreto, entre las campanas de apoyo hay una área la cual se deforma al aplicar la fuerza y esta en función de la resistencia a compresión del concreto de acuerdo a la gráfica.
- 7 Son las deformaciones por las conexiones de las barras del presfuerzo y los coacimientos de los anclajes se pueden obtener en la gráfica.
- 8 Es la suma de las deformaciones por longitud. Aplastamiento del concreto, de la barra y la suma por conexiones.
- 9 La longitud sobresaliente de la barra - antes del presfuerzo (tuerca apretada a mano).
- 10 La Longitud sobresaliente de la barra - después del presfuerzo (tuerca apretada con gato).

- 11 Diferencias entre longitudes sobresalientes de las barras del presfuerzo.
- 12 Presión leída en el manómetro después del presfuerzo.
- 13 Inyección de la lechada.

Se toman las siguientes mediciones durante el proceso del postensado.

Medición con el contador de vueltas. Las vueltas - que da la manibela del gato se transmiten a un contador acoplado al cilindro del gato.

Cada aparato tiene una constante que esta en función del desarrollo de cada vuelta (paso) y con el número de vueltas determinamos el alargamiento de la barra del presfuerzo.

Longitud = constante x No. de vueltas (en decimos de mm)

Medición con el manómetro. Con la presión manométrica se puede calcular el presfuerzo inducido en el acero, tomando en cuenta las pérdidas por fricción interior del gato, en la forma siguiente:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Area de la Barra}}{\text{Area efectiva del embolo}}$$

+ 10% por fricción interior del gato

= presfuerzo inducido en el acero

Para tomar lecturas rápidas el gato tiene los siguientes datos sobre la carátula:

Area efectiva del embolo A _____ cm²

Fuerza de presfuerzo máxima _____ ton

Las fricciones interiores del gato se pueden calcular por medio de comparación de las mediciones del manómetro y el dinamómetro.

Medición del Dinamómetro. El dinamómetro se coloca entre la parte superior del gato y la tuerca del vastago. Para centrar correctamente el dinamómetro sobre el vastago hay que colocar rondanas especiales en ambos extremos del dinamómetro.

Antes de empezar la medición hay que colocar el indicador en ceros por medio del tornillo de ajuste de la carátula. Al efectuar el alargamiento del acero, el indicador marca determinado valor que es la fuerza de tensión necesaria, eliminando con ello la fricción del gato y para calcular la fuerza de tensión con la siguiente fórmula.

$$Z = AC$$

Z = Fuerza de tensión

A = Lectura de la carátula

C = Constante del dinamómetro

La constante de cada dinamómetro se debe checar periódicamente por medio de un patrón.

Por medio de una comparación entre el indicador del dinamómetro y la lectura del manómetro, se puede calcular las fricciones internas del gato de la siguiente forma.

$$\Sigma \text{ manómetro} - \Sigma \text{ dinamómetro} = \Sigma \text{ fricción}$$

3.4 ERRORES EN EL PRESFUERZO.

- a) La matraca del gato solo permite la palanca normal sin ningún aditamento de prolongación. El uso de estos aditamentos daña las cadenas del gato.
- b) Roscas dañadas. En este caso sólo es posible atornillar hasta la parte dañada y queda escasa en agarre y no es posible aplicar la fuerza de diseño y en caso de reparar la cuerda se verificará el área neta de la barra.
- c) Longitud corta en la parte sobresaliente de la rosca. Se deberá presforzar por partes hasta que la rosca alcance la longitud deseada.
- d) Atasque del embolo del gato. Cuando esto sucede no es posible retirar el gato normalmente; en este caso se debe aflojar la tuerca del vastago por medio de una llave de brazo largo.

REGISTRO DEL PRESFUERZO

$\Delta_T = \Delta I_{T_v} + \Delta I_{T_h} - \Delta I$

No de prueba	SECUENCIA	PROFUNDIDAD MENSURADA	LONGITUD	ALARGAMIENTO	ALARGAMIENTO	COMPRESIONES (PROBAS, ETC)	ALARGAMIENTO	LONGITUD CONTINGENTE ORIGINAL	LONGITUD CONTINGENTE FINAL	ESFUERZO	DEFORMACION
		L_0	L	ΔI_{T_v}	ΔI_{T_h}	ΔI	ΔT	ΔI_{T_0}	ΔI_{T_f}	F	ϵ

IV. DURMIENTES DE CONCRETO POSTENSADOS.

4.1 Materiales.

GRAVA: La grava proviene de canteras, su tamaño varía de 5/16" a 3/4" y a 1 1/2".

ARENA TRITURADA: La arena triturada proviene de la -- piedra y el tamaños de sus granos varía de 1 a 7 mm.

Tanto la arena como la grava triturada deberán estar -- exentas de polvo, ya que éste impide que haya una buena adherencia entre el cemento y las piedras y por -- consiguiente baja la resistencia del concreto aumentándo el tiempo de fraguado.

ARENA DE RIO: La arena de río se extrae del caude de los ríos y el tamaño de sus granos varía de 1 a 7 mm.

Deberá estar exenta de lama, materias orgánicas, así -- como granzón, siendo éste muy perjudicial para obtener un concreto de alta resistencia que es el que se re quiere para lograr que los durmientes resistan el postensado.

Se requiere de la instalación de una criba lavadora de arena, la cual se acondicionará para lavar todos los -- demás materiales.

CEMENTO: El cemento utuilizado en la fabricación de -- durmientes de concreto postensados es del tipo III.

El cemento es de endurecimiento rápido y se emplea en donde se necesita una gran resistencia inicial como es

el caso de los durmientes de concreto.

El cemento debe cumplir con los requisitos físicos y químicos que exigen las especificaciones para cementos portland de la A.S.T.M.

Las pruebas a las que se somete el cemento en el laboratorio son las siguientes:

- a) Prueba de fluidez
- b) Prueba de finura blaine
- c) Prueba de resistencia
- d) Prueba de fraguado inicial
- e) Prueba de fraguado final
- f) Prueba de abrasión

AGUA: El agua proviene del deshielo de las montañas - (Popocatepetl, Iztacihuatl, Malinche, Citlaltepct), - originando ríos subterráneos que aseguren gran cantidad de agua limpia.

4.2 Dosificación.

Los materiales se concentran en un silo llamado de estrella, donde por medio de una pala semi-automática es alimentada la báscula que se encarga de pesar el proporcionamiento.

La pesada de los agregados debe realizarse exactamente de acuerdo como se indica en la carátula de la báscula.

En caso de existir una mala pesada en los agregados, - ésta afectará la fabricación del durmiente como puede ser: Una baja resistencia o una mala presentación del mismo.

4.3 Revoltura.

La revolvedora que se emplea es del tipo de tambor horizontal con paletas giratorias.

Al tiempo que caen los materiales dentro de la revoladora se abre la válvula de alimentación de agua dejando pasar la cantidad requerida por el proporcionamiento, para éste fin se cuenta con un medidor graduado de 2 en 2 litros, colocado antes de la llave; también al mismo tiempo se abre la compuerta del cemento y éste se introduce en la cantidad necesaria, para eso debajo del silo de distribución se encuentra una báscula automática que pesa exactamente la cantidad de cemento requerida en cada vaciada.

Estando los materiales dentro de la revolvedora, se mezclan por espacio de un minuto y medio. Al cabo de ese tiempo se abre la compuerta y con la ayuda de una banda transportadora reversible, se manda el concreto a la línea de producción.

La banda transportadora lleva al concreto a una tolva distribuidora que se encuentra sobre la mesa vibradora.

4.4 Vaciado y Vibrado.

Una vez que se llena la tolva distribuidora y que la banda deja de funcionar, se hace trabajar la mesa vibradora sobre la cuál han quedado fijos por medio de gatos hidráulicos los moldes debidamente armados.

Al empezar a vibrar la mesa, se hace funcionar la tolva distribuidora, moviéndose ésta a lo largo de los moldes en movimientos de ida y vuelta, vaciando al concreto sobre los moldes en cada uno de éstos movimientos por medio de 2 pequeñas bandas transportadoras una

sobre cada molde.

Ya que se han llenado los moldes con el concreto, se afina éste y se hacen bajar las vigas de compresión. Cada viga comprime al concreto de un molde ayudandose de 2 vibradores cada una.

Cuando por medio de la vibración de la mesa y las vigas de compresión sube el agua del concreto y las vigas estan en posición horizontal, quiere decir que el concreto ya esta perfectamente vibrado y que ha llenado todos los huecos del molde. Entonces se acciona el polipasto que sube las vigas de compresión, se aflojan los gatos de la mesa vibradora y paran sus vibradores.

Todo éste tiempo desde que se empieza a vaciar el concreto hasta que dejan de funcionar los vibradores de la mesa, no debe ser mayor de 2 minutos y 15 segundos.

4.5 Desmoldeo.

Una vez terminado el vibrado, los durmientes pasan a la siguiente etapa de fabricación que es el desmoldeo. Ahí se le sacan a cada molde las 4 cuñas y los cuadros que moldean los ductos, y se ponen sobre ellos unas paletas metálicas y por medio de un polipasto del cual pende una viga especial de giros automáticos llamada de desmoldeo, se parisionan las paletas contra los moldes haciendolos girar media vuelta, quedando los moldes boca abajo, en esta posición se le extraen a los durmientes las matrices por medio de un aparato llamado extractor de matrices.

Posteriormente se levantan los moldes por medio de un polipasto quedando en ese momento los durmientes perfectamente desmoldeados. Todavía para evitar deformaciones de los ductos antes del fraguado, se introducen en ellos unos casquillos especiales quedando los durmientes en ese momento listos para ser transportados a las cámaras de curado de vapor.

Utilizando el procedimiento de desmoldeo automático, la fabricación de los durmientes de concreto resulta singularmente sencilla y económica.

Bastan solamente 6 moldes y una jornada de 8 horas para lograr una línea de producción con un rendimiento de -- 320 durmientes.

Cabe mencionar que los moldes para la fabricación de los durmientes de concreto, son de una fabricación especial. De un acero también especial y las dimensiones de los mismos son de una aproximación al milímetro.

4.6 Escantillón y Siglas.

Estando fresco el concreto de los durmientes se chequea el escantillón de vía, este deberá ser de 1,435 mas menos 1 mm.

Se le imprimen las siguientes siglas para su fácil identificación:

Al centro de los durmientes y en alto relieve: ITISA N de M I-84.

La fecha de fabricación y nave: 11 02 A3 88. Lo que indica: 11 de febrero de 1988, nave A segundo turno.

Posteriormente y en la mesa de trabajo se verifican las demás dimensiones de los durmientes.

Cabe señalar que las cuñas junto con las torres darán la forma a las chimeneas y a los drenes de los durmientes de concreto.

El aceite desmoldante deberá aplicarse con una pistola de aspersion en forma vertical y a una altura adecuada, que alcance a cubrir toda la superficie del molde.

4.7 Curado.

El curado de los durmientes de concreto es a vapor. Las cámaras de vapor tienen una capacidad de 40 durmientes cada una y se cuenta con 12 cámaras por línea de producción. Estas cámaras de vapor son llenadas en su fondo con unos 8 cms. de agua hasta que se cubren perfectamente los tubos de alimentación de vapor para que éste no entre directamente a la cámara, y si conforme se van requiriendo las diferentes temperaturas, el vapor calentando el agua hasta que éste dejes escapar vapor, hasta llegar a la temperatura necesaria.

Posteriormente se cubren los durmientes con unas carpas que en sus cuatro costados son de lona aulada y en su parte superior es de lámina de acero y fibracel y entre los dos a manera de aislante una capa hule espuma.

El curado de los durmientes de concreto empieza precisamente cuando éstos han sido colocados dentro de la cámara.

El proceso de curado a vapor se completa en un término de 8 horas, habiendo un incremento de 5 grados centígrados hasta alcanzar una temperatura máxima de 50 grados centígrados. El descenso de la temperatura de

berá se al igual que el ascenso de la misma, lento - abriendo las aristas de las carpas.

El control de las temperaturas es mediante un termómetro atornillado a una tuerca en uno de los costados de la carpa. Estos termómetros deberán ser manejados - cuidadosamente para evitar daños o descomposturas para evitar que en un momento determinado causen descontrol en el curado de los durmientes de concreto.

El control de las temperaturas del curado del durmiente se lleva a cabo a través de las válvulas de paso de vapor mismo que es alimentado desde la caldera.

Cabe señalar que la fabricación de 40 durmientes lleva una hora. Posteriormente éstos 40 durmientes se dejan reposar una hora hasta que el concreto de los mismos alcance su tiempo de fraguado inicial que es de 55 minutos aproximadamente. A continuación empieza el curado de los durmientes que como antes se ha señalado es de 8 horas.

4.8 Tensado.

Es importante señalar que antes del tensado, los durmientes de concreto pasan a una zona que se denomina - zona de reposo donde deberán estar como mínimo un tiempo de 48 horas. Durante éste tiempo se les aplican baños de agua para que adquieran mayor resistencia.

Posteriormente los durmientes pasan a los carros transportadores y se procede a colocarles la varilla, primero se coloca la orquilla corta A y D y después la orquilla larga en los ductos B y C.

La orquilla es de un acero estirado en frío, que posee propiedades elásticas. Este acero le dará la resistencia a la tensión del durmiente.

De acuerdo con la capacidad de tensión y forma de ellos, las orquillas se clasifican en diferentes tipos. Podemos encontrar diferentes diámetros de orquilla dependiendo del tipo de durmiente que se tenga. Usualmente los diámetros son de 9.4 y 10.0 milímetros.

CUIDADOS DE ORQUILLA: No deberá exponerse al contacto con agua u otras sustancias, ya que puede originar una oxidación del acero, afectando sus propiedades elásticas y por ende su resistencia.

La persona encargada de habilitar las orquillas al durmiente, no deberá hacerlo violentamente ya que podrían resultar deformaciones en la parte curva y en las roscas. En el caso de que un durmiente tenga obstruidos los ductos, es recomendable el uso de un taladro.

Al evitar el golpeo de las orquillas, se estarán evitando deformaciones y problemas al realizar el proceso de tensado.

COLOCACION DE TUERCAS: La tuerca exagonal ranurada, se colocará uniformemente en los 4 puntos de la orquilla; es decir, las puntas A-B-D-C deberán encontrarse a la misma distancia respecto de la tuerca. Esto es para apoyar con un tensado posterior uniforme.

La habilitación de la tuerca se hará con una llave de impacto, que funciona a base de presión de aire. Antes de habilitar, está deberá estar libre de oxidación alguna, para evitar posibles problemas con su acción ancladora posterior.

La llave de impacto se deberá lavar y aceitar frecuentemente, para asegurar una fuerza adecuada al atornillar la tuerca.

MAQUINA DE POSTENSADO CON MOTOR: Las máquinas de postensado con motor son diseñadas de manera que la bomba hidráulica solamente esta en servicio durante el tiempo real del tensado.

Se aprieta el interruptor de la derecha, para que los husillos tensores sean atornillados, y para un mejor agarre de la cuerda de la orquilla la máquina se tambalea en suspensión luego se habrá atornillado y con motor parado se cambia el engranaje al accionamiento de las llaves tubulares (Spans).

Mediante la palanca de presión, se pone en marcha la bomba hidráulica y por lo tanto los gatos hidráulicos son puestos bajo presión. Para esto, el engranaje ha sido cambiado de accionamiento de llaves tubulares -- (Spans), que atornillaran las tuercas hexagonales ranuradas. Durante la elevación de la presión hay que observar como los embolos de los gatos se mueven hacia afuera; si uno de ellos se moviera mas rápido, ganando más distancia que los demás, entonces indica que un -- husillo tensor de este gato no ha atornillado la rosca de la orquilla. Para esto, se quita la presión y se atornilla el husillo tensor con una llave de boca cuadrada. Esta llave se conecta en el cuadro correspondiente de la caja de endranaje.

El tensado debe aplicarse en dos partes. Después de haber aplicado la fuerza media, debe descargarse la -- presión, cambiar un endranaje y proseguir atornillando los husillos, luego de que los husillo han tocado la tuerca, se cambia un engranaje a llave tubular (Spans) ahora es posible tensar hasta obtener el valor final.

Enseguida se cambia engranaje y se realiza manualmente el apriete uniforme de las tuercas a través de los -- trinquetes. Posteriormente, mediante la válvula hidráulica se quita la presión de los gatos.

Mediante el interruptor izquierdo, los husillos tensores son desatornillados de las orquillas ya tensadas.

Luego la persona encargada provee con un sello el durmiente; marca con pintura la cabeza del durmiente, indicando que máquina, que nave y turno lo tenso.

Es necesario lavar constantemente las partes de la máquina, principalmente telescopios largos y telescopios cortos.

Checar el buen estado de los husillos tensores: Las - roscas interiores deben estar en buenas condiciones.

Checar que la presión en el manómetro se mantenga constante y que no existan fugas de aceite en las válvulas hidráulicas, gatos hidráulicos y mangueras.

Es de mucha importancia que en las líneas de tensado - sean puestas instalaciones de seguridad para evitar -- accidentes causados por posible roturas del durmiente y/o del acero.

4.9 Inyección de lechada.

El durmiente una vez tensado procede a inyectarse.

El inyectado consiste en hacer pasar lechada a través - del durmiente para cubrir las orquillas con ésta. Esta es con el objeto de proteger el acero de un posible contacto con algunas sustancias extrañas, principalmen te agua y protegerlo de alguna corrosión u oxidación.

La mezcla en el mezclador de lechada para inyección se realiza en el orden siguiente: Agua, Aditivo y Cemento. El mezclado debe durar 3 minutos y luego se vacía en el recipiente de bombeo. Para la inyección, el gato hidráulico debe apretar fuertemente la empaquetadura de caucho, en el lado cruz del durmiente. Se hace funcionar la bomba, la cual inyecta la lechada a los -

ductos tensores, en forma comprimida, por medio de una manguera. La salida de la lechada de la inyección debe detectarse en un espejo colocado al lado opuesto al equipo de inyección.

En el caso de interrupciones cortas de trabajo, se debe recircular la lechada en la misma revolvedora, para mantener una constante circulación, evitándose así que se sedimente.

En el caso de que la lechada no salga por la manguera a pesar de haber inyectado varias veces se deberá desmontar la barra de tensado y limpiarse con agua los ductos. Si aún así hay bombeo de lechada, se tendrán que desarmar partes y limpiarlas perfectamente.

Durante éste proceso deben evitarse dificultades, manteniendo limpio el aparato de inyección. Es por ésta causa que se debe lavar 2 veces por turno.

La relación cemento/agua es igual a 0.5 para la lechada de inyección, en la práctica se preparan 40 kilogramos de cemento en 20 litros de agua.

Las personas encargadas de realizar las operaciones de inyección deberán mantener el equipo y áreas anexas con la mejor limpieza posible.

Además, éstas personas deberán usar el equipo adecuado para protección del daño causado al contacto con la piel, con los ojos y/o al respirarlo.

4.10 Mortero y Betón.

SELLADO EN LAS TERMINALES DEL DURMIENTE.

Se debe tener precaución con éste trabajo, ya que tiene que garantizarse la existencia de no huecos en el

sellado.

Mediante ésto se puede garantizar una protección duradera contra la penetración de la humedad.

COMPOSICION DEL MORTERO DE SELLADO.

En la práctica la composición debe ser la siguiente: - 100 Kilogramos de arena, 36 kilogramos de cemento y, - aproximadamente 16 litros de agua.

Por lo general, al mortero se agrega hasta que se forme una consistencia húmeda como la tierra; además, no debe prepararse más material del que se pueda usar en una hora.

En cantidades mayores, la evaporación aumenta y el mortero irá endureciéndose.

El material de sellado debe lograr una consistencia -- tal, que los espacios entre tuerca y pared del agujero de tensado queden totalmente sellados.

Comunmente para sellar un durmiente se usan aproximadamente 2.4 kilogramos de mortero. Además, el material de sellado debe estar bien estable en las zonas laterales de tal forma que impida el hundirse, motivado por vibraciones durante el transporte, lo cual puede originar ranuras entre el cemento del durmiente y el mortero, facilitando así la penetración de la humedad y, en consecuencia, una posible corrosión en el acero de tensado.

La herramienta usada (retacadores neumáticos) deberá limpiarse del polvo, restos de mortero, lechada, etc., para su posterior uso.

Las personas encargadas deberán checar continuamente - que las puntas de los retacadores no se encuentren muy desgastadas, para asegurar un eficiente retacado.

Asimismo éstas personas deberán usar una protección especial para los ojos, para preveer salpicaduras de lechada y/o mortero en los ojos.

APLICACION DE PASTA EN CARAS LATERALES DEL DURMIENTE.

El durmiente luego de haber sido retacado se procede a sellar con pasta en sus caras, esta pasta no es más que lechada, pero más espesa que la anteriormente usada para inyección.

Es necesario que todos los durmientes inyectados sean retacados y sellados en ambos lados. Ya que si se hiciera después, la lechada de inyección comenzaría a endurecerse de tal forma que el retacado y la aplicación de la pasta se haría sin seguir las normas correctamente.

La aplicación de ésta pasta es con el fin de impermeabilizar las caras frontales del durmiente, evitando de ésta forma la penetración de humedad en algún poro de retacado.

APLICACION DEL BETUN.

Inmediatamente después de la aplicación de la pasta debe hacerse una aplicación adecuada del betún frío en los lados frontales. Con ésto se reduce la evaporación del agua, mejorándose la calidad del mortero de sellado, y se evita también una posible penetración de humedad en los lados frontales del durmiente.

CHECADO DEL DURMIENTE.

El durmiente se deberá checar en las cavidades de fijación de riel con un perno adecuado. Este perno deberá girar un ángulo de 90°, en caso de que no suceda

así, deberá ayudarse con un leve golpeo en los brazos - del mismo.

Todos los durmientes, antes de aplicarse como producto terminado, deberán ir limpios en estas cavidades para evitar problemas en la operación de anclaje posterior.

La persona encargada de ésta operación deberá checar -- constantemente el desgaste del perno chegador.

La persona deberá contar con una mezcla y partes para - cualquier problema de tapadura de éstas zonas.

LIMPIEZA DEL DURMIENTE.

El durmiente como producto terminado, deberá ir totalmente limpio libre de tierra, lechada, cemento, grasa, etc., en su exterior.

Para ello, la persona encargada de verificar la limpieza, estará provista de agua, cepillo, escoba, etc.

Una vez que el durmiente se encuentra limpio, se procede a su apilamiento.

4.11 Pruebas del laboratorio para el control de calidad.

Durante el vaciado de los durmientes de concreto, se toman y prueban muestras de éste material, a saber:

CILINDROS de 15 x 30 Cms. a esfuerzo de compresión a los 28 días de edad deberán dar 490 Kgs./cm^2 como mínimo.

VIGAS de 10 x 15 x 70 cms. a esfuerzo de flexión a los 7 días de edad deberán dar 65 Kgs./cms.^2 como mínimo.

También se toman y prueban muestras de lechada:

CILINDROS de 5 x 10 cms. a esfuerzo de compresión a los 28 días de edad deberán 250 Kgs./cms.² como mínimo.

Asimismo se toman y prueban muestras de MORTERO:

CUBOS de 5 x 5 cms. a esfuerzo de compresión a los 28 días de edad deberán dar 350 kgs./cms.² como mínimo.

En relación a los durmientes de concreto se anexan tablas de los momentos flexionantes a los cuales son sometidos.

ACERO DE POSTENSADO.

El acero usado deberá tener un límite de fluencia mínimo de 14000 Kgs./cms.² y una resistencia a la ruptura no menor de 16000 Kgs./cm.², con un alargamiento mínimo en tensión de 3.5%.

El acero deberá ser cuidadosamente limpiado para que este libre de grasas, óxidos y polvo.

En la propia planta de durmiente de concreto, se hace la prueba de esfuerzo-deformación para el acero de postensado.

4.12 Estibado.

Los cimientos para el apilado de los durmientes, deberá tener las dimensiones de tal forma que no exista riesgo de hundimiento.

Las estibas son de una capacidad de 800 durmientes, siendo 20 camas de 40 durmientes cada una.

4.13 Embarque.

El embarque deberá realizarse según las especificaciones de las instrucciones ferroviarias.

Las maderas de apoyo deberán estar colocadas exactamente en el apoyo central posterior de los rieles.

Los durmientes deberán asegurarse contra deslizamiento provocados por el transporte, mediante maderas clavadas (tacones).

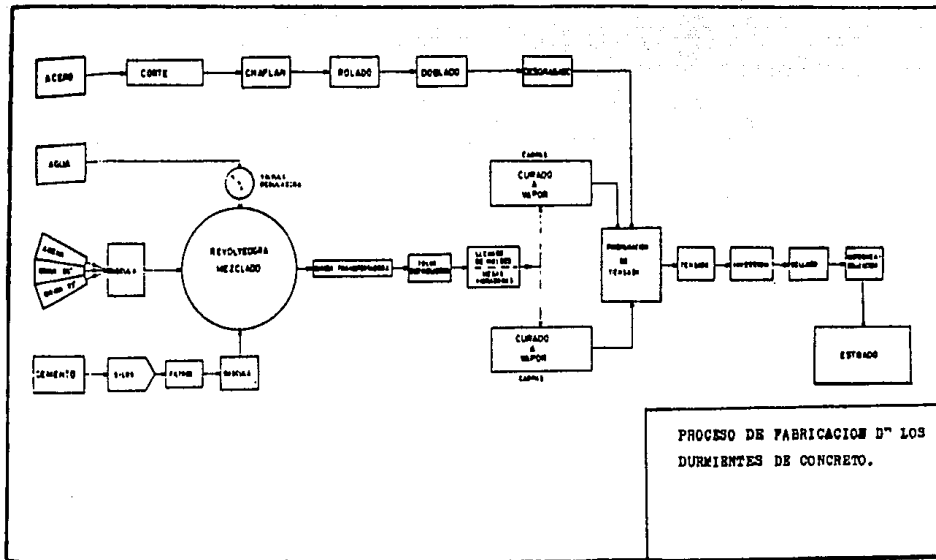
Es importante asegurar que las capas individuales de durmiente no se desprenden en curvas, en pendientes y durante servicios de maniobra.

Una segunda aplicación de BETUN para los lados frontales del durmiente, se realiza cuando éste ha sido ya cargado.

También aquí debe hacerse un segundo chequeo de las cavidades de anclaje, esto es para asegurarse que dichas cavidades se encuentran totalmente limpias que no presenten problemas en la fijación del riel.

ACCESORIOS PARA FIJAR EL RIEL AL DURMIENTE.

Placa de hule, grapa refrozada, roldana metálica, roldana de celerón, peron y tuerca y cojinete.



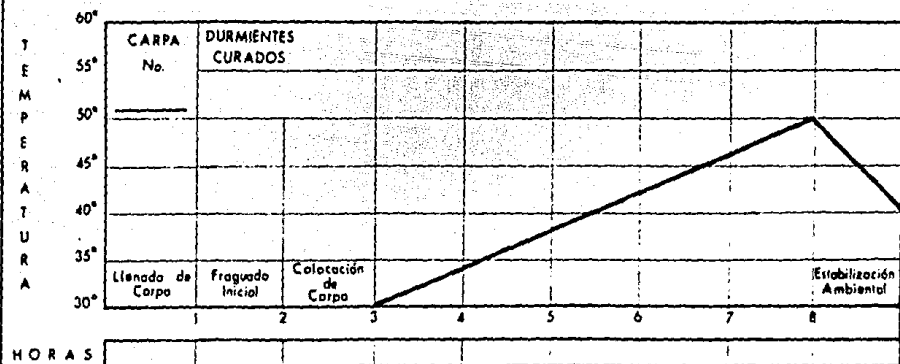
CONTROL DE TEMPERATURAS PARA CURADO

FECHA _____

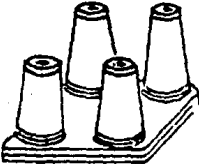



OPERADOR DE CALDERA _____

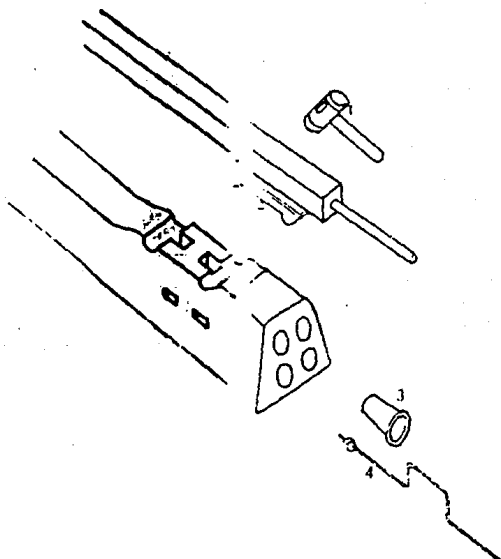
LÍNEA _____

OBSERVACIONES _____





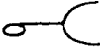



ACCESORIOS PARA ARMADO DE MOLDES



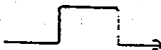
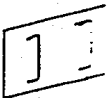

<p><u>CUADRO CON CONOS.</u> - Forman los ductos para los spans de la maquina de tensado en el durmiente.</p>	
<p><u>CUÑAS.</u> - Forman los drenes en el durmiente.</p>	
<p><u>MATRIZ.</u> - Forman los ductos para introducir las horquillas.</p>	
<p><u>TENSADO.</u> - Para sujetar cuadro con conos y Tensar las matrices.</p>	

VERIFICACION EN EL DORMIENTE FRESCO PARA EL LADO CARA

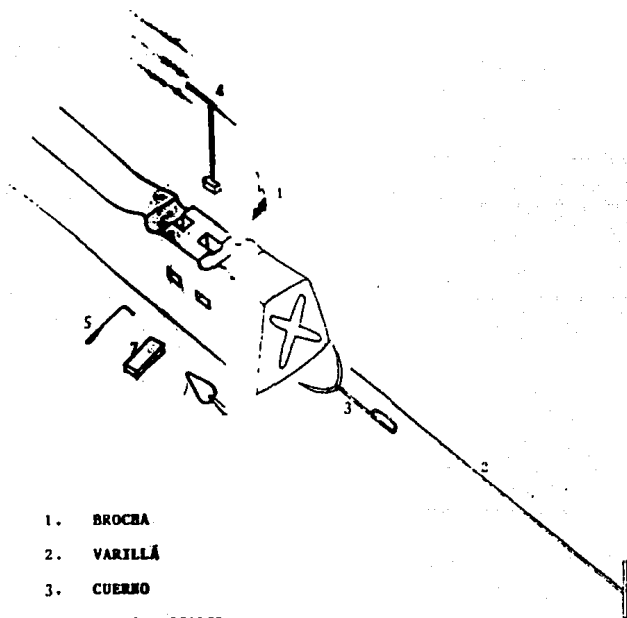
1. MAZO DE MULE
2. ESCANTILLON PARA EL DORMIENTE FRESCO
3. CONO DE PLÁSTICO
4. LIMPIA CAMPANAS

HERRAMIENTA PARA RECTIFICADO EN EL DURMIENTE FRESCO

NOMBRE	FUNCION	DIBUJO
ESCANTILLON PARA DURMIENTE FRESCO	Rectificar dimensiones - entre medias cañas, así como la pendiente en el asiento del riel del dte.	
VARILLA	Rectificar ductos inferiores en el durmiente - fresco	
CUERNO	Rectificar lado cruz para que asienten correctamente las horquillas.	
PERNO CHECADOR	Rectificar las chimeneas así como de verificar el giro de 360° en la parte inferior de la chimenea.	
ALAMBRE	Retirar residuos de concreto por la parte del dren.	
CUCHARA	Eliminar rebaba y dar un mejor acabado en el durmiente.	

<p>TABLA DE MADERA</p>	<p>Rectificar drenes.</p>	
<p>MAZO DE HULE</p>	<p>Golpear sobre la parte superior del escantillón para dte. fresco; para mejor asentamiento del mismo.</p>	
<p>LIMPIA CAMPANAS</p>	<p>Retirar residuos de concreto de las campanas.</p>	
<p>PLACA METALICA</p>	<p>Sirve de apoyo para corregir dimensiones junto con el escantillón.</p>	
<p>CONO DE PLASTICO</p>	<p>Mantiene los ductos en su dimensión correcta -- dentro de un determinado tiempo.</p>	

VERIFICACION EN EL AMBIENTE FRESCO PARA EL LADO CRUZ



1. BROCHA
2. VARILLÁ
3. CUERNO
4. PERNO CECADOR
5. ALAMBRE
6. CUCHARÁ
7. TABLA DE MADER.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
22/ ENERO/ 1987

Cálculos de las cargas para durmiente 1-84 N M, según especificaciones de los Ferrocarriles Nacionales de México 1987.

DURMIENTE MONOLITICO MODELO 1-84 N M

ASIENTO DEL RIEL		CENTRO DEL DURMIENTE	
(+)	(-)	(+)	(-)
253.5 t-cm	132.5 t-cm - 10 % 120. t-cm	103.7 t-cm	253.5 t-cm - 10 % 228 t-cm
$P = \frac{2 M}{29.85}$	$P = \frac{2 M}{27.94}$	$P = \frac{2 M}{67.93}$	$P = \frac{2 M}{67.93}$
$P = 16.98 \text{ t}$	$P = 8.61 \text{ t}$	$P = 3.05 \text{ t}$	$P = 6.71 \text{ t}$
$M = 14.925xP$	$M = 13.97xP$	$M = 33.965xP$	$M = 33.965 xP$

MOENTOS SEGUN ESPECIFICACIONES DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO PARA DURMIENTE DE CONCRETO KOLITICO PREESTRIBADO Y POSTERIBADO.

DURMIENTE TIPO A

Asiento Del Riel		Centro Del Durmiente	
(+)	(-)	(+)	(-)
M= 175 t- cm.	M= 95 t- cm	M= 80 t- cm	M= 160 t- cm
$P = \frac{2K}{29.85}$	$P = \frac{2M}{27.54}$	$P = \frac{2K}{67.93}$	$P = \frac{2M}{67.93}$
F= 11.73 t.	P= 6.8 t.	P= 2.36 t.	F= 4.71 t.
M= 14.925XP	M=13.97XP	M=33.965XP	M=33.965XP

DURMIENTE TIPO B

Asiento Del Riel		Centro Del Durmiente	
(+)	(-)	(+)	(-)
M= 250 t- cm	M= 125 t- cm	M= 115 t- cm	M= 190 t- cm.
$P = \frac{2K}{29.85}$	$P = \frac{2K}{27.94}$	$P = \frac{2M}{67.93}$	$P = \frac{2K}{67.93}$
F= 16.75 t.	P=5.95 t.	P= 3.39 t.	F= 5.59 t.
M= 14.93XP	M=13.97 XP	M= 33.97XP	M= 33.97XP



IMPULSORA TLAXCALTECA DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD.

ENERO DE 1989

Momentos según Especificaciones de los FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO para durmiente de concreto Monolítico Preeforzado y Postensado.

DURMIENTE TIPO B

B - 58 (FM)

ASIENTO DEL RIEL		CENTRO DEL DURMIENTE	
(+)	(-)	(+)	(-)
250.0 t-cm	125.0 t-cm	115.0 t-cm	190.0 t-cm
P- $\frac{2 M}{29.85}$	P- $\frac{2 M}{27.94}$	P- $\frac{2 M}{67.93}$	P- $\frac{2 M}{67.93}$
P- 16.75 t.	P- 8.95 t.	P- 3.39 t.	P- 5.59 t
M- 14.925 x P	M- 13.97 x P	M- 33.965 x P	M- 33.965 x P

CONCLUSIONES

El bajo costo de los durmientes de concreto presforzado se debe en gran medida, a que su producción es altamente mecanizada y con una mínima participación de mano de obra, además a que se producen en gran escala.

Por otro lado, la tala inmoderada de árboles en nuestro país, ha ocasionado que esta actividad sea restringida con el consiguiente aumento del precio de la madera y por ende también el de los tradicionales durmientes.

En cuanto al mantenimiento de los durmientes de concreto presforzado, es prácticamente nulo y su durabilidad es mucho más extensa que la de los de madera.

Por lo anteriormente mencionado, se concluye que en la actualidad los durmientes de concreto presentan ventajas considerables respecto a los de madera, tanto por su menor costo de producción y mantenimiento así como por su mayor durabilidad y resistencia.

B I B L I O G R A F I A

- Introducción al Concreto presforzado
A.H. Allen
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
- Especificaciones para Montaje, Presfuerzo e -
Inyectado de las barras Dywidag
- Durmientes de concreto Dywidag
Especificaciones de F. N. M.
- Concreto Presforzado
Narbey Khachaturian
German Gosfinkel
Edit. Diana, 506 p.