

PROY-NOM-048/1-SCT2-2000

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA, PARA DURMIENTE DE CONCRETO. PARTE 1-DURMIENTE MONOLITICO.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.- Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal.

AARON DYCHTER POLTOLAREK, Subsecretario de Transporte y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, con fundamento en los artículos 36 fracciones VII y VIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracción XVI, 41, 43 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 6 fracción III, y 28 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 36 y 42 fracción IV del Reglamento del Servicio Ferroviario; 6 fracción XIII y 21 fracción XVI del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana se publica a efecto de que los interesados dentro de los siguientes 60 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación, presenten sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Transporte Terrestre, para que en términos de la ley se considere en su seno lo propuesto, sito en la calle Nueva York 115, 6o. piso, colonia Nápoles, código postal 03810, México, D.F.

Durante el plazo mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del Proyecto de Norma, así como la manifestación de impacto regulatorio del mismo, estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité.

Ciudad de México, D.F., a 18 de mayo de 2000.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, **Aarón Dychter Poltolarek**.- Rúbrica.

INDICE

- Prefacio
- Introducción
- 1. Objetivo
- 2. Campo de aplicación
- 3. Referencias
- 4. Definiciones
- 5. Especificaciones
- 6. Diseño
- 7. Materiales
- 8. Disposiciones constructivas
- 9. Pruebas de aceptación para el durmiente
- 10. Pruebas de control de calidad durante la producción del durmiente
- 11. Ejecución
- 12. Medición
- 13. Base de pago
- 14. Embarque
- 15. Manejo del durmiente
- 16. Garantía
- 17. Vigilancia
- 18. Sanciones
- 19. Bibliografía
- 20. Concordancia con normas internacionales
- 21. Vigencia
- Gráfica I
- Fig. 1 Prueba del momento negativo en el asiento del riel
- Fig. 2 Prueba del momento positivo en el asiento del riel
- Fig. 3 Prueba del momento negativo en el centro del durmiente
- Fig. 4 Prueba del momento positivo en el centro del durmiente
- Fig. 5 Prueba en el inserto de la fijación

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-048/1-SCT2-2000, PARA DURMIENTE DE CONCRETO
PARTE 1- DURMIENTE MONOLITICO**

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma participaron las dependencias del ejecutivo federal, organismos descentralizados y empresas privadas siguientes:

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
 - Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal.
 - Dirección de Transporte Ferroviario.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
- Ferrocarriles Nacionales de México.
 - Departamento de Vía.
 - Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.
 - Gerencia de Vía y Estructuras.
- ICA Construcción Urbana.
- Industrias Nylco Mexicana, S.A. de C.V.
 - Ingeniería Industrial.
- Impulsora Tlaxcalteca de Industrias, S.A. de C.V.
 - Proyectos Féreos.
- Cía. Comercial Metalplast.

Introducción

Para el soporte y guía del equipo rodante del ferrocarril, la estructura de la vía debe controlar las fuerzas conjuntamente laterales, verticales y longitudinales. Como elemento de estructura de la vía, los durmientes reciben las cargas de los rieles con los elementos de sujeción y, en su momento, las transmiten al balasto y a la subrasante. Consecuentemente, el diseño de un durmiente se ve afectado por las características de los otros componentes de la estructura de la vía. Para el uso de durmientes de concreto se deben tomar en cuenta las diferentes condiciones de trabajo de las vías. Cuando tales sistemas se diseñan apropiadamente y sus partes se interrelacionan, instalan y mantienen de igual forma, las vías con durmientes de concreto pueden proporcionar vías de calidad superior.

El análisis de requisitos para tales sistemas debe involucrar necesariamente no sólo al durmiente sino a todos los componentes de la vía, su interdependencia y las condiciones bajo las cuales se deben aplicar. Así se debe observar:

- El riel, la sujeción del durmiente, el balasto, la subrasante y la base.
- La calidad de cada componente, método de fabricación, instalación y mantenimiento.
- La dirección, magnitud y frecuencia de cargas impuestas por el tráfico; el efecto del medio ambiente como temperatura, clima y aspectos económicos de instalación y mantenimiento.
- La necesidad de soportar y guiar los vehículos del ferrocarril mientras controlan las fuerzas repetidas laterales, verticales y longitudinales.

La aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, que a continuación se describe, proporciona una guía básica necesaria en la selección, diseño e instalación de vías con durmientes de concreto. El éxito en su desempeño debe tener una supervisión cuidadosa para asegurar que todos los componentes cumplan con los estándares y que la vía sea instalada y mantenida apropiadamente.

1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece las condiciones técnicas de diseño, fabricación y uso que deben satisfacer los durmientes de concreto para ferrocarriles.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana cubre las condiciones técnicas que deben satisfacer los durmientes de concreto de diferentes tipos, según las condiciones de carga de acuerdo con el diseño solicitado por el usuario, para instalarse en vías del Sistema Ferroviario Nacional.

3. Referencias

Esta Norma se complementa con las normas mexicanas:

- | | |
|----------|--|
| NMX C-1 | Industria de la Construcción - Cemento Portland. |
| NMX C-30 | Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo. |
| NMX C-71 | Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales. |
| NMX C-72 | Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de Partículas Ligeras. |
| NMX C-75 | Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la Sanidad por medio del Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio. |
| NMX C-77 | Industria de la Construcción - Agregados para Concreto - Análisis Granulométrico - Método de Prueba. |

NMX C-84	Industria de la Construcción - Agregados - Partículas más finas que la criba FO.O75 por medio de lavado - Método de Prueba.
NMX C-109	Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes de cilindros.
NMX C-111	Industria de la Construcción - Concreto - Agregados especificaciones.
NMX C-156	Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Determinación de revenimiento.
NMX C-160	Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado en obra de especímenes de concreto.
NMX C-164	Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y la absorción de agua del agregado grueso - Método de prueba.
NMX C-165	Industria de la Construcción - Agregados - Determinación de la masa específica y la absorción de agua del agregado fino - Método de prueba.
NMX C-170	Industria de la Construcción - Agregados - Reducción de las muestras de agregados, obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.
NMX C-196	Industria de la Construcción - Agregados - Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la máquina de los Angeles - Método de prueba.
NMX C-255	Industria de la Construcción - Aditivos químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto.
NMX C-303	Industria de la Construcción - Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga al centro del claro.
NMX B-006	Varilla corrugada y lisa de acero procedente de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto.
NMX B-172	Método de prueba para productos de acero.
NMX CH-27	Verificación de máquinas de prueba.

4. Definiciones

Para la correcta aplicación de esta Norma se establecen las siguientes definiciones:

Acero de postensado: cable, alambre o barra de acero que es tensado después del vaciado y endurecimiento del concreto.

Acero de preesfuerzo: cable, alambre o barra diseñada para precomprimir el concreto.

Acero de pretensado: cable, alambre o barra de acero tensado antes del vaciado del concreto.

Acero de refuerzo: acero, excluyendo el acero de preesfuerzo, colocado dentro del durmiente para mejorar su esfuerzo estructural y para controlar la deflexión y el agrietamiento.

Asiento del riel: area del durmiente sobre la cual descansa el riel.

Carga lateral: componente horizontal de una carga en la vía perpendicular al riel.

Carga longitudinal: carga a lo largo del eje longitudinal del riel.

Carga vertical: carga o componente de carga aplicada en ángulo recto al eje longitudinal del riel.

Durmiente: componente transversal de la vía cuya función es mantener el escantillón y transmitir las cargas del riel al balasto.

Durmiente de concreto postensado: durmiente de concreto preesforzado que emplea acero para precomprimir el concreto después del fraguado.

Durmiente de concreto pretensado: durmiente de concreto preesforzado que emplea acero para precomprimir el concreto antes del fraguado.

Durmiente de concreto reforzado: durmiente reforzado con barras de acero acondicionadas, estructuras de alambres soldadas, alambres adaptados, barras o mallas de barras y concreto no precomprimido.

Durmiente preesforzado: durmiente en el que el concreto se encuentra precomprimido por acción del acero de preesfuerzo.

Durmiente reforzado preesforzado: durmiente de concreto reforzado que, además de acero de refuerzo longitudinal, emplea acero de preesfuerzo para resistir la flexión.

Esfuerzo de flexión: resistencia normal producida por la flexión.

Fijación: componente o grupo de componentes de un sistema de vía que fijan el riel a los durmientes.

Inserto: mecanismo para asegurar el ensamble del riel al durmiente. Puede ser colocado en el durmiente en el momento de su fabricación, o colocado en los alojamientos moldeados o barrenados en el durmiente.

Flexión negativa: flexionamiento que produce tensión o reduce la compresión en el área superior del durmiente.

Flexión positiva: flexión que produce tensión o reduce la compresión en la superficie inferior del durmiente.

Grieta estructural: plano de falla que se origina transversalmente en la cara de tensión del durmiente, extendiéndose al nivel del acero de preesfuerzo y que aumenta su tamaño al incrementarse la carga.

p.p.m.: partículas por millar.

5. Especificaciones

5.1 Cargas verticales

5.1.1 Separación entre durmientes

La separación entre durmientes afecta el esfuerzo flexionante del riel, el esfuerzo de compresión en el balasto y el terraplén, el esfuerzo flexionante generado en los durmientes mismos para valores determinados de las dimensiones

de durmientes y de las cargas por rueda, las consecuencias de incrementar la separación, entre durmientes, se tendrán momentos flexionantes más altos en el riel y esfuerzos mayores en cada durmiente.

Por lo descrito, entre mayor sea la separación entre los durmientes, mayor será el hundimiento de la vía por carga unitaria de rueda, esto es, el módulo de vía será más bajo. A la inversa entre menor sea el espaciamiento entre durmientes, menor será el esfuerzo unitario y mayor el módulo de vía.

5.1.2 Dimensiones del durmiente

El empleo de durmientes más largos, más anchos o más rígidos, que se empleen en el área de apoyo del durmiente-balasto, tendrá casi los mismos efectos que el reducir la separación entre durmientes. Existen sin embargo, límites dentro de los cuales el incremento en el tamaño no tiene efecto alguno para reducir el esfuerzo en la vía. La concentración de la carga de durmiente-balasto disminuye a medida que se separa el durmiente del riel. Y esta reducción es más rápida cuando los durmientes están contruidos con materiales flexibles. Por lo tanto, existe un punto en el cual el diseño de alargamiento del durmiente disminuirá significativamente la carga de la superficie por unidad. Existen además, limitaciones de la maquinaria y separaciones requeridas de la misma que restringen la longitud del durmiente.

El diseño de durmientes más anchos tiene beneficios similares a los incrementos en la longitud del durmiente. Dicho diseño, sin embargo, corresponde al punto donde resulta práctico compactar el balasto abajo del durmiente.

5.1.3 Distribución de la carga

El punto anterior y los requisitos siguientes están basados en que las cargas de la rueda aplicada al riel serán distribuidas por éste a varios durmientes. Tal distribución ha sido confirmada por algunas investigaciones de campo. La distribución de la carga depende del tipo de durmiente y las separaciones entre eje, de la reacción del balasto y de la subrasante y la rigidez del riel. El porcentaje de carga por rueda por riel soportada por un solo durmiente en forma individual es variable. Un cálculo conservador de la distribución está dada en la gráfica (I), mientras que la rigidez del riel influye en dichos porcentajes su efecto es pequeño comparado con el de otros factores. Como simplificación, los factores de distribución se muestran sólo como una función de la separación del durmiente. Los valores escogidos intentan compensar las variaciones de otras influencias.

5.1.4 Factores de impacto

Los requisitos de estas especificaciones se basan en cálculos que incluyen un factor de impacto supuesto. Este factor es un porcentaje de incremento sobre las cargas verticales estáticas que intenta incorporar el efecto dinámico de la rueda y las irregularidades del riel. Siendo este factor de impacto de 150%.

5.1.5 Balasto y subrasante

Además de las dimensiones y separación entre durmientes, la profundidad del balasto y la sección de la subrasante también son significativas en el sentido de que la carga vertical depende de esos parámetros. El incremento de la altura de la cama del balasto tiende a propagar las cargas de un durmiente sobre un área más amplia de la subrasante, reduciendo con ello la presión de la subrasante y el consecuente hundimiento de la vía. Así, el efecto de una mayor cama de balasto puede ser similar, dentro de ciertos límites, a la reducción de la separación del durmiente. Las subrasantes más rígidas no requieren de una presión de balasto como requeriría para subrasantes flexibles. Consecuentemente, son más capaces de tolerar separaciones entre durmientes más amplias, durmientes más pequeños, camas más gruesas de balasto o todas estas variantes combinadas, sin ninguna falla o depresión excesiva en las vías.

5.1.6 Balasto

El proyecto debe asegurarse de que el diseño de la vía no resulte con un sobreesfuerzo del balasto o de la subrasante. Para ello, deben considerarse las cargas por rueda, el factor de distribución, el factor de impacto, las capacidades unitarias de la superficie de apoyo del balasto y la subrasante, así como las dimensiones del durmiente y su separación.

5.1.7 Presión del balasto

Mientras que la presión del durmiente al balasto no se distribuye uniformemente a través o a lo largo de la base de un durmiente, puede hacerse un cálculo "promedio" de la presión en la base de éste. Se ha encontrado que la presión máxima del balasto ocurre algunos centímetros abajo de su contacto con el durmiente. Consecuentemente, el valor promedio calculado de la presión del balasto en la base del durmiente condiciona la presión máxima. La presión promedio en la base del durmiente es igual a la carga por eje, modificada por los factores de distribución e impacto y dividida por el área de apoyo del durmiente:

$$\text{Presión de balasto promedio (kPa)} = \frac{2P + \frac{IF}{(100)} \frac{DF}{(100)}}{A}$$

Donde:

P = Carga por rueda, en kilogramos.

IF = Factor de impacto, en %.

DF = Factor de distribución, en %.

A = Superficie de apoyo de los durmientes, en mm².

La presión de balasto recomendada no debe de exceder de 0,5864 kPa, para balasto de alta calidad resistente a la abrasión. Si se emplean materiales de balasto de calidad inferior la presión se reducirá en forma adecuada.

5.1.8 Presión en la subrasante

La presión ejercida por el balasto sobre la subrasante depende de la presión durmiente a balasto, la constante de distribución de carga a través del balasto y el espesor de la misma.

5.2 Cargas laterales

Las cargas laterales generadas por el movimiento del equipo de ferrocarril son transmitidas por el paso de las ruedas y los rebordes de las mismas a los rieles, los cuales deben mantenerse en su lugar por medio de sujeciones a los durmientes confinados por el balasto.

La rigidez lateral de los rieles distribuye las cargas laterales a las fijaciones riel-durmiente. La resistencia de las fijaciones mantienen el escantillón de la vía. La masa de los durmientes, la fricción entre los durmientes y el balasto, el área de apoyo lateral de los durmientes y la masa de balasto actúan en conjunto para controlar el movimiento lateral.

La estabilidad lateral de la vía puede incrementarse al disminuir el espaciamiento entre durmientes de dimensiones similares, incrementándose la masa de durmiente, la superficie de apoyo de los extremos del durmiente por unidad de longitud de vía y la resistencia friccional entre los durmientes y el balasto. El esfuerzo estructural de las sujeciones debe ser proporcional a la carga lateral transmitida a los durmientes individuales, que se determina por la rigidez lateral del riel y el espaciamiento entre durmientes.

La magnitud de las cargas laterales que deben controlarse, depende no solamente de las dimensiones, configuración, peso, velocidad y características del equipo de arrastre sino también de la estructura de la vía. Tanto la geometría de trazo como la geometría detallada de irregularidades y pequeñas desviaciones de diseño influyen en la magnitud de la carga lateral.

Estas especificaciones cubren fijaciones capaces de soportar las cargas rueda a riel laterales individuales superiores a 6,35 toneladas por 30,48 cm lineales de vía cuando tales cargas laterales son acompañadas por cargas verticales de una magnitud similar.

5.3 Cargas longitudinales

La carga longitudinal originada por la combinación del esfuerzo térmico en rieles soldados continuos y por la fuerza de tracción, se transfiere por medio de las anclas o sujeción de los durmientes al balasto y debe ser equilibrada finalmente por la fricción interna del balasto. La resistencia al movimiento del riel, con respecto a los durmientes, se determina por las características de la sujeción. Aunque el impedimento total del movimiento longitudinal del riel es generalmente deseable, existen situaciones en donde esta construcción es impráctica o no deseable. En la construcción de vías convencionales, el factor limitante de la reacción contra el movimiento longitudinal es a menudo la resistencia del balasto.

5.4 Requisitos de flexión

Se ha discutido la interacción entre riel y durmiente en 5.2. y 5.3. con respecto a los factores de distribución, el espaciamiento del durmiente y cargas verticales. El esfuerzo de flexión originado en el riel bajo carga es una función del momento flexionante aplicado y los módulos de sección del riel.

El momento mencionado se determina en el instante por la carga de rueda, la separación del eje y el módulo de la vía. Las secciones del riel más modernas son capaces de distribuir sin peligro las cargas de rueda en durmientes con separaciones hasta de 76.2 cm con soporte de balasto normal. Se recomienda que el ingeniero calcule el esfuerzo flexionante máximo para secciones de riel más ligeras de 100 lb/yard si se anticipa su uso.

Para este propósito puede emplearse la siguiente ecuación:

$$S = \frac{Mc}{I} = \frac{Pc}{I} \sqrt[4]{\frac{EI}{64u}}$$

Donde:

S = Tensión máxima en el riel, en KPa.

c = Distancia del eje neutro al borde más externo de la base o extremo, en mm⁴.

I = Módulo de inercia de las secciones del riel, en cm.

E = Módulo de elasticidad del acero, en KPa.

u = Módulo de la vía, en t/cm/cm.

P = Carga de rueda, en t.

$$M = P \sqrt[4]{4 \frac{EI}{64u}} = \text{momento flexionante, t - cm.}$$

5.4.1 Juntas de riel

- a) Para lograr la máxima economía y beneficios del uso de durmientes de concreto se recomienda que en vía de línea principal se usen rieles soldados continuos. Si se emplean durmientes de concreto en vías atornilladas convencionales o en los finales de vías con los rieles soldados continuos se debe tener cuidado de que la unión de dos rieles no ocurra sobre un durmiente de concreto. La magnitud de los impactos sobre un durmiente colocado en la unión de dos rieles puede ser destructiva para el asiento del riel y las sujeciones.
- b) Se recomienda que los durmientes de concreto no se instalen adyacentes a juntas aisladas o dentro de los límites de vigas de dimensiones especiales, cambios de vías y vías de enlace.

6. Diseño

6.1 Consideraciones generales

6.1.1 Los durmientes deben ser diseñados para usarse en vías armadas con riel de 100 lb/yard a 136 lb/yard sección "RE", escantillón 1 435 mm. y separación de 600 mm. entre centros de durmientes.

6.1.2 Puede utilizarse todo tipo de fijación si cumple con la adecuada sujeción del riel al durmiente y que mantenga el escantillón de vía y/o aislamiento para el caso de vías señalizadas, previa aprobación de los interesados.

6.1.3 Para el tipo de fijación con base en grapa elástica reforzada tipo "RN" se debe usar perno de anclaje "SL" de 22 mm. de cabeza "T" con tuerca hexagonal y roldana plana, cojinete semicilíndrico amortiguador y placa de neopreno tipo chevron 4.5 mm. bajo el patín del riel. Para vías señalizadas o electrificadas, debe utilizarse roldana aislante 60 mm. y 5 mm. de espesor tipo cañón. Las chimeneas para alojar los pernos de fijación deben contar con ductos para drenar el agua o tierra que penetre a través de ellas.

Si se aprueba otro tipo de fijación, lo descrito en las secciones 6.2 (dimensiones), artículos 6.2.5 y 6.2.6; y 8.1 (tolerancias de fabricación), artículos 8.1.4, 8.1.5, 8.1.6 y 8.1.7, debe sujetarse a los planos de ensamble del riel y elementos de fijación correspondientes, previamente revisados y autorizados por el cliente (ver NOM Para Fijación de Riel de Acero Sobre Durmiente de Concreto y Madera).

6.2 Dimensiones

6.2.1 La longitud de los durmientes deben ser:

TIPO 1	TIPO 3
2,400 mm.	2,440 mm.

6.2.2 El ancho de la cara inferior del durmiente puede ser constante o variable a lo largo de la pieza, con un máximo de 330 mm. y un mínimo de 220 mm.; pero la superficie de apoyo en el balasto bajo cada riel no debe ser menor de 2,440 cm².

6.2.3 El ancho de la cara superior del durmiente no debe ser mayor de 330 mm. ni menor de 150 mm. en ninguna sección. El ancho de la superficie de apoyo del patín del riel no debe ser menor de 200 mm.

6.2.4 El peralte máximo en el asiento del riel no debe exceder de 250 mm. y el mínimo no será inferior a 150 mm. en cualquier sección del durmiente.

6.2.5 En las cubetas externas el radio debe ser de 18 mm. y para las internas de 15 mm. Todas las cubetas seguidas a todo lo ancho de la cara superior del durmiente, cuando se use fijación "RN", con otra fijación que no cuente con cubetas se debe presentar de acuerdo a los planos del fabricante, aprobados por el usuario.

6.2.6 La profundidad del anclaje de los pernos debe estar comprendida entre (90,110) y (115,135) mm., para el tipo 1 y tipo 3, respectivamente, medidos a partir de la cara de apoyo del patín del riel hasta la parte inferior de la solera de anclaje donde apoya la cabeza del perno, para el caso de fijación "RN". En caso de usar otra fijación, las características del anclaje deben ser de acuerdo con cada fabricante, cuando sea aprobado por el cliente.

6.2.7 La superficie de apoyo de patín del riel debe tener una inclinación 1:40 hacia el centro del durmiente.

6.2.8 El peso del durmiente debe ser:

TIPO 1	TIPO 3
240 Kg.	330 Kg.

6.3 Solicitaciones

6.3.1 El durmiente debe diseñarse de manera que soporte sin presentar una fisura, los siguientes momentos flexionantes, expresados en el sistema métrico decimal para el caso de ancho constante en la superficie de apoyo.

6.3.2 Momento positivo en la sección del apoyo del riel

TIPO 1	TIPO 3
155.0 t-cm.	253.5 t-cm.

6.3.3 Momento negativo en la sección del apoyo del riel

TIPO 1	TIPO 3
95.0 t-cm.	132.5 t-cm.

6.3.4 Momento positivo en la sección del centro del riel

TIPO 1	TIPO 3
80.0 t-cm.	103.7 t-cm.

6.3.5 Momento negativo en la sección del centro del riel

TIPO 1	TIPO 3
160.0 t-cm.	253.5 t-cm.

6.3.6 Para el caso de durmientes con ancho variable en la superficie de apoyo con reducción hacia el centro, se aplicará una disminución de 10% al valor del momento negativo del durmiente en la sección del centro y aumentará el 10% al valor del momento positivo en el asiento del riel.

El procedimiento para la verificación de la resistencia a la fricción se describe en el capítulo 9.

7. Materiales

7.1 Concreto

La calidad de los materiales y la elaboración del concreto estará de acuerdo a las especificaciones A.S.T.M. vigentes.

7.1.1 Cemento

El cemento debe ser de una marca de prestigio reconocido y debe cumplir con la especificación C-150 de la ASTM para bajo contenido de álcalis. No debe exceder de 0.60% de contenido de álcalis totales expresados como NaO.

7.1.2 Previo acuerdo entre comprador y fabricante, puede usarse cemento puzolánico y/o cenizas volátiles que favorezcan la durabilidad del concreto sin deterioro de las características mecánicas exigidas.

7.2 Agregado fino

El agregado fino debe ser natural o producto de trituración; y estar exento de arcillas, limos y materia orgánica.

7.3 Agregado grueso

El agregado grueso debe ser de 38 mm. de tamaño máximo, producto de trituración de piedra con una densidad superior a 2.5 gr/cm³ con alta resistencia a la compresión y exento de arcilla, limos y materia orgánica.

7.3.1 El fabricante debe mostrar reportes de pruebas de laboratorio de que los agregados usados en la fabricación del concreto provienen de una misma fuente y que tienen una historia de servicio completamente satisfactoria, con una antigüedad mínima de 5 años.

7.4 Agua

El agua que se emplee en la elaboración de concreto debe ser limpia, exenta de sales solubles y contaminantes, comparable con la potable y con un contenido de iones cloro no mayor de 400 ppm.

7.5 Aditivos

Sólo con autorización del comprador, podrán emplearse aditivos para el concreto.

7.6 Características del concreto

7.6.1 El concreto debe tener revenimiento 0 (cero).

7.6.2 La mezcla debe ser plástica y manejable para que al vibrarse y compactarse no queden vacíos ni porosidades.

7.6.3 La resistencia mínima a la compresión del concreto será $f'_c=525$ kg/cm² a los 28 días en probetas cilíndricas de 15.2 x 30.5 cm. y la resistencia mínima a la tensión por flexión será de 65 kg/cm² a los 7 días en prismas de 10 x 15 x 70 cm.

7.6.4 El curado del concreto debe efectuarse mediante vapor húmedo a presión ambiental que permita acelerar la resistencia del concreto. Al aplicar el presfuerzo, el esfuerzo de compresión en el concreto debe ser menor de 75% y 60%, para tipo 1 y tipo 3 de su resistencia a esa edad medida en cilindros.

7.7 Mortero y lechada

7.7.1 El mortero para sellar las zonas de anclaje del preesfuerzo, debe tener una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm² a los 28 días de acuerdo a la prueba de cubo 5 x 5 x 5 cm.

7.7.2 La lechada de inyección utilizada en el durmiente de concreto postensado, debe tener una fluidez adecuada para evitar la formación de burbujas y una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm² a los 28 días en cilindros de 5 x 10 cm., y a la tensión por flexión de 65 kg/cm² a los 7 días en prismas de 4 x 4 x 16 cm.

7.8 Acero de preesfuerzo

7.8.1 El acero de preesfuerzo podrá consistir en barras, alambres o torones que cumplan las especificaciones A.S.T.M. A-421, A-416 y A-722 en vigor.

7.8.2 El acero para postensado debe tener un límite de fluencia mínimo de 14,000 kg/cm² y una resistencia a la ruptura no menor de 16,000 kg/cm², con un alargamiento permanente mínimo de 3.4% en una longitud de medición de 250 mm.

7.8.3 El acero de preesfuerzo debe estar limpio, libre de grasas, óxidos o materias extrañas.

7.9 Acero de refuerzo

7.9.1 Las varillas para refuerzo deben ser corrugadas y cumplir con las normas A.S.T.M. A-615, A-616 y A-617 en vigor y ser de acero, grado 42 o 50. El límite elástico mínimo debe ser de 4,200 kg/cm² y el esfuerzo a la ruptura no ser inferior a 6,300 kg/cm².

7.9.2 El acero de refuerzo debe estar limpio, libre de grasas, óxidos o materias extrañas.

7.9.3 El recubrimiento en ningún caso debe ser menor de 20 mm, cuando se usa en varillas número 6 o mayores, el recubrimiento mínimo debe ser el de un diámetro de varilla a usar.

8. Disposiciones constructivas

8.1 Tolerancia de fabricación

8.1.1 El largo nominal de los durmientes debe ser de (+10 mm. o -3 mm.) y (± 10) para tipo 1 y tipo 3.

8.1.2 El ancho nominal de los durmientes debe ser de ± 5 mm.

8.1.3 La altura de los durmientes debe ser de ± 5 mm.

8.1.4 Entre ejes de cubetas de apoyo de la fijación elástica de los durmientes debe ser +4.0 -0.0 mm.

8.1.5 Entre ejes de cubetas de apoyo de la fijación elástica en un mismo lado de los durmientes +2.0 -0.0 mm.

8.1.6 El radio de las cubetas de los durmientes debe ser +1.0 y -0.5 mm.

8.1.7 La dimensión transversal de las chimeneas para el perno de anclaje de los durmientes debe ser ± 2.0 mm.

8.1.8 El asiento del riel debe tener una superficie plana y lisa con diferencias de nivel de ± 1.0 mm. para ambos durmientes.

8.1.9 Alabeo

La diferencia de inclinación entre asientos de un mismo durmiente en el sentido de los rieles, no debe ser mayor de 2 mm. en un ancho de 150 mm., para ambos casos.

8.1.10 En la inclinación de la superficie de apoyo del patín del riel, en el sentido longitudinal del durmiente debe ser ± 4.0 mm., para tipo 1 y tipo 3.

8.1.11 Los anclajes de postensado no deben salir de los extremos del durmiente y deben ser cubiertas con mortero en ambos tipos.

8.1.1.2 Para la colocación del acero de preesfuerzo de los durmientes, debe ser de ± 1.5 mm. respecto a la posición que marcan los planos de fabricación.

8.1.13 Entre ejes de asiento de riel para ambos casos, debe ser $+4.0 -0.0$ mm.

El peso nominal del durmiente debe ser:

TIPO 1	TIPO 3
± 10 Kg.	± 30 Kg.

8.2 Acabado

8.2.1 Las superficies superior y laterales de los durmientes deben presentar un aspecto liso y uniforme con mínimo de porosidades. Las aristas de las caras superiores deben estar redondeadas y exentas de salientes o despostilladuras.

8.2.2 Los durmientes deben llevar aplicada una mano de impermeabilizante en sus caras extremas. Con el fin de proteger los anclajes del postensado de la humedad.

8.2.3 Los durmientes deben tener letras o números en la cara superior en alto o bajo relieve para identificar al fabricante, tipo o modelo del durmiente y el año de su fabricación. Todos los durmientes deben de llevar el logotipo del comprador, y se debe indicar en los planos que presente el fabricante para la revisión y aprobación del usuario.

9. Prue

bas de aceptación para el durmiente

9.1 Selección de piezas

9.1.1 Para efecto de pruebas físicas de aceptación de los durmientes, por única vez, de un lote previamente seleccionado no menor de 10 piezas producidas en las mismas condiciones que los durmientes que fabricará en serie el fabricante, se escogen cuatro piezas, las cuales son sometidas a examen para determinar si cumplen con los requisitos especificados en los puntos 6.2 (dimensiones), 7 (materiales), 8.1. (tolerancias de fabricación) y 8.2 (acabado), de ser así se toman tres de las cuatro, de las cuales dos son sometidas a las pruebas que se indican en los puntos 9.2, 9.3, 9.4 y 9.5 y el otro como se indica en el punto 9.6, que enseguida se describen. Si alguna de las cuatro piezas no cumple los requisitos indicados al principio de este párrafo o si cualquiera de las tres piezas sujetas a las pruebas mencionadas no las satisfacen totalmente, el diseño de los durmientes no es aceptado y por tal motivo el fabricante no tiene derecho a participar en el concurso al que el comprador haya convocado.

9.1.2 Las pruebas mencionadas en el punto 9 (pruebas de aceptación para el durmiente), deben ser realizadas en el laboratorio del propio fabricante, el cual debe contar con todo el equipo y mecanismos apropiados, debidamente calibrados y certificados oficialmente ante SECOFI o su equivalente para proveedores extranjeros o empresa autorizada por ésta; de no ser así, el comprador determina el laboratorio en que deban realizarse dichas pruebas, con la intervención de los representantes técnicos autorizados de ambas partes.

9.2 Pruebas de flexión en la sección del asiento del riel

9.2.1 La prueba de carga vertical en el asiento del riel se ejecuta en uno de dichos asientos, que se signa como asiento "A", con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura 1, una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplica hasta que la carga (P) produzca el momento negativo en el asiento del riel especificado en el punto 6.3.3. Esta carga se mantiene por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hace una inspección para determinar si ocurre agrietamiento.

9.2.2 De manera semejante, el durmiente es apoyado y cargado como se ve en la figura 2 para producir un momento positivo del asiento del riel denominado "A", igual al indicado en el punto 6.3.2. Se hacen observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún agrietamiento, los requisitos de cada parte de esta prueba se han cumplido.

9.2.3 Estas pruebas deben de repetirse en el otro asiento del riel, que se denomina como asiento "B".

9.3 Pruebas de flexión en la sección del centro del durmiente

9.3.1 Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura 3, se aplica una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, hasta producir un momento negativo igual al especificado en el punto 6.3.5. Esta carga se mantiene por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hace una inspección para determinar si ocurre agrietamiento, se hacen observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún fisuramiento, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

9.3.2 Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura 4, se aplica una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, hasta producir un momento positivo igual al especificado en el punto 6.3.4. Esta carga se mantiene por no menos de tres minutos, durante los cuales se hace una inspección para determinar si ocurre agrietamiento, se hacen observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún agrietamiento, los requisitos de esta prueba se han cumplido.

9.4 Prueba de desarrollo de adherencia, anclaje de postensado y carga última

9.4.1 Se efectúa en el asiento del riel "A" del durmiente, el que es apoyado y cargado como se muestra en la figura 2. La carga se aumenta en un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto hasta obtener una carga total de 1.75 P, siendo (P) la carga correspondiente al momento positivo en el asiento del riel. Si el durmiente es postensado y puede soportar esta carga durante 5 minutos, se ha satisfecho la prueba. La carga se incrementa hasta la falla total, haciéndose el registro.

9.4.2 Si el durmiente es pretensado, el corrimiento medido en los alambres o torones más próximos a la cara exterior al cabo de 5 minutos de aplicación de la carga, no debe ser mayor de 0.03 mm. para pasar esta prueba. La

carga se seguirá incrementando hasta que ocurre la falla total del durmiente, registrándose la lectura de la carga máxima.

9.5 Pruebas del anclaje de la fijación

Para determinar la habilidad de resistir la tensión que le transmite el perno al durmiente y la capacidad de éste para soportar los esfuerzos flexionantes negativos bajo el patín del riel, se efectúa esta prueba en cada anclaje como se muestra en la figura 5, aplicando una carga axial de 5.45 toneladas, y sosteniéndola por no menos de 3 minutos durante los cuales se efectúa una inspección a ojo desnudo para determinar si hay alguna falla en el anclaje o cualquier agrietamiento en el concreto, si ocurren tales fallas, los requisitos de esta prueba no se han cumplido.

9.6 Prueba de flexión repetitiva en la sección del asiento del riel

Siguiendo la prueba de carga vertical para el momento positivo sobre el asiento del riel "B", la carga debe incrementarse a 2.2 toneladas por minuto hasta que el durmiente se agriete de la superficie inferior al nivel más bajo del acero del refuerzo (grieta estructural). Después de remover del asiento del riel la carga estática para producir el agrietamiento y sustituir los apoyos de hule por triplay de 6.35 mm. de espesor, el durmiente es sometido a 3 millones de ciclos de carga repetida, variando en cada ciclo uniformemente de 1.8 toneladas al valor de 1.1 P. La carga repetida no debe exceder de 600 ciclos por minuto. Si después de la aplicación de los 3 millones de ciclos el durmiente puede soportar la carga de 1.1 P., los requerimientos de esta prueba han sido cumplidos.

10. Pruebas de control de calidad durante la producción del durmiente

10.1 Durante la producción del durmiente se deben efectuar pruebas de control de calidad para asegurar un producto uniforme y de alta calidad.

10.2 Las siguientes pruebas de control de calidad de la producción del durmiente deben de efectuarse en una pieza elegida al azar de cada 600 durmientes o fracción, producidos cada día, previamente a la recepción del comprador.

10.3 Debe cumplir con lo establecido en los puntos 6.2 y 8.1, dimensiones y tolerancias de estas especificaciones.

10.4 Prueba de carga vertical en el asiento del riel, se realiza según lo establecido en el punto 9.2 de estas especificaciones.

10.5 Prueba de anclaje de la fijación de acuerdo al punto 9.5 de estas especificaciones.

10.6 En caso de que el durmiente probado falle en cualquiera de las pruebas de control de calidad de estas especificaciones, a dos durmientes adicionales del mismo lote de 600 se les realizan las mismas pruebas. En caso de que cualquiera de estos durmientes falle, el 100% del lote es rechazado; si los durmientes pasan las pruebas, el lote es aceptado.

10.7 Prueba Duggan

La prueba Duggan de expansión del concreto debe realizarse para cada lote de 5000 durmientes o menor, el incremento de volumen no debe ser mayor de 0.15% y 0.05% para el tipo 1 y tipo 3, respectivamente, al día 20 de la prueba. En caso de resultar un porcentaje superior a 15%, debe detenerse la producción de durmientes hasta que se corrijan las causas que han provocado la reacción álcali, y el lote de los 5000 durmientes queda en observación estricta, para en su caso exigir la reposición de los durmientes.

10.8 Las pruebas de control de calidad durante la producción del durmiente indicadas en el punto 10, deben ser realizadas en el laboratorio propio del fabricante, el cual debe estar dentro de la planta, y dotado del equipo y mecanismos apropiados, debidamente calibrados y certificados por SECOFI o su equivalente para proveedores extranjeros o empresa autorizada por ésta.

10.9 Para fines estadísticos, sin que sea prueba obligada para la aceptación de los lotes de producción, se realiza en cada 5000 durmientes una prueba de desarrollo de adherencia, anclaje y carga última, tal como está establecido en el punto 9.4.1. de esta Norma Oficial Mexicana.

11. Ejecución

11.1 El proveedor fabrica los moldes y habilita los materiales que sean necesarios para la fabricación de los diversos elementos del durmiente, quedando bajo su responsabilidad la correcta fabricación del mismo, de acuerdo con lo especificado para el diseño aprobado. El durmiente se fabrica de acuerdo con los procedimientos de construcción fijados para el diseño aprobado y cumplir también con las características de sección, resistencia, preesfuerzo, etc., que el mismo diseño indique; los moldes para el durmiente se hacen de acuerdo con lo indicado en el mismo y deben tener la suficiente rigidez para evitar la deformación del durmiente; los moldes deben ser metálicos y no debe permitir la pérdida de la lechada del concreto; el colado del durmiente se hace de una sola vez y se compacta por vibrado.

11.2 Durante el desmoldeo del durmiente se toman las precauciones necesarias para evitarle cualquier daño, en particular, si se trata de durmiente postensado, éste permanece el tiempo suficiente para que el concreto alcance la resistencia que fije el diseño.

11.3 El manejo del durmiente durante el proceso de desmolde, curado, almacenamiento y transportación, se hará a manera de evitar dañarlo por esfuerzos de flexión excesivos, golpes, vibraciones u otras causas, quedando bajo la responsabilidad del proveedor, las maniobras de carga y manejo de las piezas en la planta. El fabricante se obliga a facilitar el libre acceso al taller, al personal que fije el comprador para supervisar los procedimientos de fabricación y toma de muestras de materiales, dicho personal tiene autoridad suficiente para aprobar o rechazar cualquier aspecto

del trabajo, de acuerdo con estas especificaciones, y para verificar la calidad de los materiales, ejecución, resistencia del concreto, acero de preesfuerzo y pruebas de laboratorio.

12. Medición

12.1 Se medirá tomando como unidad la pieza terminada.

13. Base de pago

13.1 El pago por unidad terminada es de acuerdo al precio fijado en el contrato. Este precio unitario incluye lo correspondiente a: regalías por patente de invención, adquisición de materiales, transportes, cargas, descargas, almacenamientos, cortes, desperdicios y en general todos los materiales, equipo y mano de obra para su fabricación conforme a lo indicado en estas especificaciones.

14. Embarque

14.1 El durmiente de concreto debe embarcarse en plataformas o en góndolas de Ferrocarril debidamente asegurado para su transporte, de tal manera que no pueda desplazarse ni ocasionarse daño alguno. Debe colocarse en posición horizontal en no más de 6 camas separadas por polines de madera. El comprador debe especificar la magnitud del embarque, de acuerdo con las facilidades de descarga con que se disponga.

15. Manejo del durmiente

15.1 Para efectos de cargadura y almacenamiento del durmiente en la planta, se recomienda que el fabricante cuente con un sistema de grúas con base en pórticos desplazables, con el cual sea capaz de manejar la producción de durmiente con la mayor seguridad y rapidez.

16. Garantía

Los durmientes de concreto deben tener una garantía de 10 años a partir de su recepción.

17. Vigilancia

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

18. Sanciones

El incumplimiento del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto en la Ley de Vías Generales de Comunicación, y demás ordenamientos aplicables.

19. Bibliografía

Manual del A.R.E.A., Asociación Americana de Ingenieros Ferrocarrileros.
Manual A.S.T.M., Asociación Americana para Pruebas y Materiales.
Reacción Alali-sílica en el Concreto, Revista del IMCYC, Autor, Mena F.M.

20. Concordancia con normas internacionales

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, no concuerda con normas internacionales.

21. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales contados a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.