

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DECLARATORIA de utilidad pública, por la que con motivo de la ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano de la estación Lechería a la de Santa Lucía en el Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", se declara de utilidad pública la construcción del Patio de Maniobras de Carga de la Línea "H", en el inmueble con superficie de 52,329.074 metros cuadrados, ubicada en los municipios de Tultepec y Tultitlán, Estado de México.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- COMUNICACIONES.- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

JORGE ARGANIS DÍAZ LEAL, Secretario de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, con fundamento en lo dispuesto por el segundo párrafo del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confieren los artículos 2º, fracción I, 26 y 36, fracción VII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1º, fracciones III y XII, 2º, y 3º, de la Ley de Expropiación; 25 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; y 1º, 3º, 4º, y 5º, fracción XXIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de conformidad con lo dispuesto en el artículo segundo transitorio del Decreto por el que se reforman diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2021, y

CONSIDERANDO

Que conforme a las directrices del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, se llevó a cabo la construcción del Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", en la Base Aérea Militar número 1, de Santa Lucía, ubicada en el Municipio de Zumpango, Estado de México, como una obra de infraestructura aeroportuaria encaminada a conformar una triada de terminales aéreas con el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y Aeropuerto Internacional de Toluca, Estado de México, situación que demuestra con claridad el interés social de la instalación aérea, en razón de que permitirá la prestación del servicio público de aeropuertos, con un contenido eminentemente social, en beneficio de la población en general, lo que contribuirá al desarrollo de la industria aeroportuaria del país a través de la eficiente y eficaz administración de los recursos humanos, materiales, financieros, así como de tecnologías de la información;

Que para efectos de garantizar la conectividad desde y hacia el Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", diversas dependencias y entidades de la administración pública federal, en el marco de sus respectivas competencias participan en el proceso de colaboración interinstitucional para la conectividad intermodal del citado aeródromo, mediante la construcción, modernización y ampliación de vialidades de interconexión con el aeropuerto, tales como la ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano, la construcción de estaciones de pasajeros y la reubicación y construcción de un Patio de Maniobras de Carga;

Que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, elaboró el proyecto para llevar a cabo la ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano de la estación Lechería a Santa Lucía, que permitirá contar con un servicio ferroviario de transporte masivo de pasajeros, eléctrico, competitivo, eficiente y seguro, que reducirá los costos y tiempo de recorrido de personas que viajen de la Zona Metropolitana del Valle de México al Aeropuerto Internacional "General Felipe Ángeles" y viceversa; disminuirá los accidentes y contaminación ambiental en la zona, por tratarse de un medio de transporte eléctrico, además de impulsar el desarrollo urbano, dando como resultado un mayor bienestar social a los habitantes de la región;

Que el proyecto considera la ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano mediante la extensión de 23 kilómetros de vía única desde la estación Lechería hasta el Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", con cinco estaciones intermedias y la estación terminal del Aeropuerto, pasando por Jaltocán y hasta Nextlalpan, con una trayectoria de origen en la estación de Lechería, aprovechando el derecho de vía ferroviario de treinta metros de ancho de las vías generales de comunicación ferroviaria, líneas férreas "H" y "TS" (ramal Lechería-Jaltocán-Nextlalpan), para lo cual se requiere liberar las citadas líneas "H" y "TS", así como la reubicación de un Patio de Maniobras de Carga;

Que resulta primordial ofrecer movilidad eficiente y segura a los habitantes y visitantes de la localidad y en especial a aquéllos que tienen incidencia directa con el proyecto del Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", para lo cual se establecerá la construcción y modernización de redes viales a diferentes escalas, las cuales incluyen a la red ferroviaria de apoyo a las actividades como en su caso lo será la construcción del Patio de Maniobras de Carga;

Que el Patio de Maniobras de Carga es parte integrante de la vía general de comunicación ferroviaria de la Línea "H" indispensable para su operación, que permitirá realizar diversas operaciones ferroviarias, entre otras la formación de trenes, carga y descarga de mercancías y estacionamiento de trenes, el cual por razones técnicas y económicas que sustentan la selección de la ubicación se construirá antes del Circuito Exterior Mexiquense en los municipios de Tultepec y Tultitlán, Estado de México;

Que el Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, está llevando a cabo la adquisición de los terrenos necesarios para la construcción del Patio de Maniobras de Carga de la línea "H", ubicados en los municipios de Tultepec y Tultitlán, Estado de México, el cual se construirá en una superficie de 114,594.258 metros cuadrados, donde se distribuirán 6 vías férreas paralelas a lo largo de 2.70 kilómetros, un camino perimetral y accesos controlados;

Que de conformidad con la Ley de Expropiación es de utilidad pública la construcción de obras destinadas a prestar servicios de beneficio colectivo y los casos previstos por leyes especiales, asimismo conforme a la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario es de utilidad pública la construcción, conservación y mantenimiento de las vías férreas;

Que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes llevó a cabo los dictámenes técnicos y proyectos conforme a los cuales se determinó que los terrenos que son objeto de la presente Declaratoria, ubicados en los municipios de Tultepec y Tultitlán, Estado de México, son los más apropiados e idóneos para la construcción, conservación y mantenimiento del Patio de Maniobras de Carga, en virtud de que los mismos por su ubicación reúnen las características específicas que se requieren para este tipo de infraestructura, lo que justifica la utilidad pública para la adquisición de los terrenos objeto de esta Declaratoria;

Que la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, integró el expediente de expropiación número 01/MEX/2022, en el cual constan los elementos técnicos que justifican la idoneidad de los bienes materia de la presente Declaratoria, para atender la causa de utilidad pública, como son, entre otros, estudios fotogramétricos, anteproyecto y proyecto constructivo realizados sobre los terrenos que por su ubicación son indispensables para construir el Patio de Maniobras de Carga y conforme a las constancias que obran agregadas en el referido expediente de expropiación los inmuebles que se pretenden adquirir tienen la naturaleza jurídica de propiedad privada, y

Que en virtud de que se cumple con la causa de utilidad pública, consistente en la construcción, conservación y mantenimiento de vías férreas y sus servicios auxiliares y a fin de atender la necesidad de interés general que debe ser satisfecha de manera prioritaria es indispensable la construcción de obras que permitan el libre acceso de pasajeros, trabajadores y cualquier ciudadano que requiera ingresar al Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles" y viceversa, he tenido a bien expedir la siguiente:

DECLARATORIA

PRIMERO.- Con motivo de la ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano de la estación Lechería a la de Santa Lucía en el Aeropuerto Internacional Civil y Militar "General Felipe Ángeles", se declara de utilidad pública la construcción del Patio de Maniobras de Carga de la Línea "H", en el inmueble con superficie total de 52,329.074 metros cuadrados, ubicada en los municipios de Tultepec y Tultitlán, Estado de México, en la margen izquierda del actual derecho de vía ferroviario de las vías férreas "H" y "TS" a la altura del kilómetro 11+663.605 de la vía general de comunicación ferroviaria Línea Férrea "H" y cuyos datos de localización son los siguientes:

1. La superficie de 36,286.913 metros cuadrados, ubicada en el Municipio de Tultepec, Estado de México, comprendida en once fracciones, y cuyos datos de localización son los siguientes:

FRACCIÓN I

Se afecta una superficie de 1,558.3415 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM X=489,415.9805, Y=2'176,797.1325, continúa tangente de 75.149 m. y RAC=N47°29'26.10"E hasta el vértice 2, continúa tangente de 68.361 m. y RAC=S10°08'26.22"W hasta el vértice 3, continúa tangente de 46.400 m. y RAC=N69°09'00.29"W hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN II

Se afecta una superficie de 984.5167 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM X=489,405.7977, Y=2'176,787.7986, continúa tangente de 13.813 m. y RAC=N47°29'26.10"E hasta el vértice 2, continúa tangente de 46.400 m. y RAC=S69°09'00.29"E hasta el

vértice 3, continúa tangente de 68.361 m. y $RAC=N10^{\circ}08'26.22''E$ hasta el vértice 4, continúa tangente de 11.176 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 5, continúa tangente de 79.189 m. y $RAC=S10^{\circ}13'27.53''W$ hasta el vértice 6, continúa tangente de 5.938 m. y $RAC=S47^{\circ}40'14.14''W$ hasta el vértice 7, continúa tangente de 57.181 m. y $RAC=N75^{\circ}33'10.95''W$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN III

Se afecta una superficie de 8,463.1688 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,479.6162$, $Y=2'176,855.4631$, continúa tangente de 124.322 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 62.084 m. y $RAC=S80^{\circ}54'03.46''E$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 225.90 m. y $RAC=S47^{\circ}40'14.14''W$ hasta el vértice 4, continúa tangente de 79.189 m. y $RAC=N10^{\circ}13'27.53''E$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN IV

Se afecta una superficie de 11,285.2378 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,571.2624$, $Y=2'176,939.4691$, continúa tangente de 60.580 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 16.395 m. y $RAC=S80^{\circ}55'25.88''E$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 20.358 m. y $RAC=N08^{\circ}21'55.94''E$ hasta el vértice 4, continúa tangente de 179.265 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 5, continúa tangente de 11.693 m. y $RAC=S84^{\circ}56'11.35''E$ hasta el vértice 6, continúa tangente de 63.000 m. y $RAC=S07^{\circ}20'47.40''W$ hasta el vértice 7, continúa tangente de 187.000 m. y $RAC=S47^{\circ}40'14.14''W$ hasta el vértice 8, continúa tangente de 62.084 m. y $RAC=N80^{\circ}54'03.46''W$ hasta el vértice 1, donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN V

Se afecta una superficie de 166.8727 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,615.9201$, $Y=2'176,980.4038$, continúa tangente de 25.98 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 20.358 m. y $RAC=S08^{\circ}21'55.94''W$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 16.395 m. y $RAC=N80^{\circ}55'25.88''W$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN VI

Se afecta una superficie de 78.2083 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,767.2198$, $Y=2'177,119.0902$, continúa tangente de 18.122 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 13.387 m. y $RAC=S07^{\circ}20'47.40''W$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 11.693 m. y $RAC=N84^{\circ}56'11.35''W$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN VII

Se afecta una superficie de 502.0292 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,780.5790$, $Y=2'177,131.3358$, continúa tangente de 10.391 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 76.743 m. y $RAC=S07^{\circ}32'22.36''W$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 9.953 m. y $RAC=S47^{\circ}40'14.14''W$ hasta el vértice 4, continúa tangente de 63.000 m. y $RAC=N07^{\circ}20'47.40''E$ hasta el vértice 5, continúa tangente de 13.387 m. y $RAC=N07^{\circ}20'47.40''E$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN VIII

Se afecta una superficie de 7,820.8494 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,788.2390$, $Y=2'177,138.3572$, continúa tangente de 105.214 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 67.865 m. y $RAC=S85^{\circ}07'46.77''E$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 210.000 m. y $RAC=S47^{\circ}40'14.14''W$ hasta el vértice 4, continúa tangente de 76.743 m. y $RAC=N07^{\circ}32'22.36''E$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN IX

Se afecta una superficie de 1,434.8712 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM $X=489,933.0133$, $Y=2'177,271.0622$, continúa tangente de 56.912 m. y $RAC=S07^{\circ}02'10.95''W$ hasta el vértice 2, continúa tangente de 50.473 m. y $RAC=N85^{\circ}29'16.06''W$ hasta el vértice 3, continúa tangente de 77.714 m. y $RAC=N47^{\circ}29'26.10''E$ hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita;

FRACCIÓN X

Se afecta una superficie de 1,689.8148 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM X=489,933.0133, Y=2'177,271.0622, continúa tangente de 58.573 m. y RAC=N47°29'26.10"E hasta el vértice 2, continúa tangente de 92.738 m. y RAC=S20°36'47.94"W hasta el vértice 3, continúa tangente de 19.800 m. y RAC=S62°06'44.64"W hasta el vértice 4, continúa tangente de 56.712 m. y RAC=N07°02'10.95"E hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita, y

FRACCIÓN XI

Se afecta una superficie de 2,303.0026 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM X=489,865.7996, Y=2'177,209.4518, continúa tangente de 13.464 m. y RAC=N47°29'26.10"E hasta el vértice 2, continúa tangente de 50.473 m. y RAC=S85°29'16.06"E hasta el vértice 3, continúa tangente de 19.800 m. y RAC=N62°06'44.64"E hasta el vértice 4, continúa tangente de 92.738 m. y RAC=N20°36'47.94"E hasta el vértice 5, continúa tangente de 23.267 m. y RAC=N47°29'26.10"E hasta el vértice 6, continúa tangente de 96.990 m. y RAC=S16°24'19.46"W hasta el vértice 7, continúa tangente de 44.003 m. y RAC=S47°40'14.14"W hasta el vértice 8, continúa tangente de 67.865 m. y RAC=N85°07'46.77"W hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita.

2. La superficie de 16,042.161 metros cuadrados, ubicada en el Municipio de Tultitlán, Estado de México, comprendida en dos fracciones, y cuyos datos de localización son los siguientes:

FRACCIÓN I

Se afecta una superficie de 959.7140 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 3 con coordenadas UTM X=489,275.8520, Y=2'176,668.6860, continúa tangente de 20.050 m. y RAC=S12°57'36"W hasta el vértice 4, continúa tangente de 22.950 m. y RAC=S75°52'48"E hasta el vértice 5, continúa tangente de 60.040 m y RAC=N16°55'48"E hasta el vértice 6, continúa tangente de 12.480 m. y RAC=S47°29'24"W hasta el vértice 7, continúa tangente de 35.320 m. y RAC=S47°29'24"W hasta el vértice 3 donde se cierra la poligonal descrita, y

FRACCIÓN II

Se afecta una superficie de 15,082.4470 metros cuadrados. Se inicia la poligonal de afectación en el vértice 1 con coordenadas UTM X=489,461.1700, Y=2'176,773.5330, continúa tangente de 57.180 m. y RAC=N75°33'00"W hasta el vértice 2, continúa tangente de 128.470 m. y RAC=S47°29'24"W hasta el vértice 3, continúa tangente de 60.040 m. y RAC=S16°55'48"W hasta el vértice 4, continúa tangente de 22.950 m. y RAC=N75°52'48"W hasta el vértice 5, continúa tangente de 20.050 m. y RAC=N12°57'36"E hasta el vértice 6, continúa tangente de 138.270 m. y RAC=S47°29'24"W hasta el vértice 7, continúa tangente de 37.610 m. y RAC=S42°48'36"E hasta el vértice 8, continúa tangente de 89.520 m. y RAC=S41°45'00"W hasta el vértice 9, continúa tangente de 434.600 m. y RAC=N47°40'12"E hasta el vértice 1 donde se cierra la poligonal descrita.

Los planos de las áreas y el expediente formado con motivo de la presente Declaratoria, están a disposición de quienes justifiquen ser interesados, en la Unidad de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes ubicada en Avenida Insurgentes Sur 1089, 5o. Piso, Colonia Nochebuena, Alcaldía Benito Juárez, C. P. 03720, Ciudad de México.

SEGUNDO.- Publíquese en el Diario Oficial de la Federación y en un Diario de la localidad y notifíquese personalmente a los titulares de los bienes y derechos, en el domicilio que de ellos conste en el expediente correspondiente. En caso de ignorar quiénes son los titulares o bien se desconozca su domicilio o localización, efectúese una segunda publicación en el Diario Oficial de la Federación, para que surta efectos de notificación personal.

TERCERO.- Los interesados tendrán un plazo de quince días hábiles a partir de que se les notifique o bien se realice la segunda publicación en el Diario Oficial de la Federación de la presente Declaratoria, para manifestar ante esta Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, lo que a su derecho convenga y presentar las pruebas que se estimen pertinentes.

Dado en la Ciudad de México, a 12 de julio de 2022.- El Secretario de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, **Jorge Arganis Díaz Leal**.- Rúbrica.

NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-ARTF-2022, Sistema Ferroviario-Infraestructura-Durmientes monolíticos-Especificaciones y métodos de prueba.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- COMUNICACIONES.- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.

NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA NOM-EM-001-ARTF-2022, SISTEMA FERROVIARIO-INFRAESTRUCTURA-DURMIENTES MONOLÍTICOS-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.

DR. DAVID CAMACHO ALCOCER, Titular de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Ferroviario (CCNN-TF), con fundamento en los artículos, 17, 36 fracciones VII, VIII y XXVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 3, fracciones VII, VIII, IX, 4, fracción XVI, 10, fracciones VII, XII, XV, 31, 34 y 35 de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 6 Bis fracciones I y XIX de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 40 del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Segundo del Decreto por el que se crea la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y,

CONSIDERANDO

I. Que conforme a lo dispuesto por el artículo 28, párrafos cuarto y quinto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los ferrocarriles son un área prioritaria para el desarrollo nacional en términos del artículo 25 del ordenamiento en mención y que el Estado, al ejercer en ella su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

II. Que el 26 de enero de 2015, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, el cual señala en los artículos 2, fracción I y Transitorio Segundo, la creación de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En ese sentido, la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario en su artículo 6 Bis, fracciones I, II y XVI establecen la atribución de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario para determinar las características y especificaciones técnicas de las vías férreas, verificar que las mismas cumplan con las disposiciones aplicables y emitir lineamientos y disposiciones de observancia obligatoria para los concesionarios, permisionarios y usuarios de los servicios ferroviarios.

III. Que con fecha 18 de agosto de 2016 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se crea la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (DECRETO), ahora Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes.

IV. Que la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario tiene dentro de su objeto, establecido en el artículo SEGUNDO del DECRETO, el de regular la construcción, operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria.

Se expide la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-ARTF-2022, SISTEMA FERROVIARIO-INFRAESTRUCTURA-DURMIENTES MONOLÍTICOS- ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA**Prefacio**

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia participaron las autoridades normalizadoras siguientes:

- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF).

Contenido

Introducción

1. Objetivo, campo de aplicación y objetivos legítimos de interés público
2. Términos, definiciones y términos abreviados
3. Disposiciones generales de diseño, fabricación, ensayos y control de la calidad
4. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC)

5. Verificación y vigilancia
 6. Sanción
 7. Referencias a estándares para su implementación
 8. Normas Internacionales y su Concordancia
 9. Bibliografía
 10. Apéndices
- Apéndice A: Método de diseño AREMA. (Normativo)
- Apéndice B: Método de diseño UIC. (Normativo)
- Apéndice C: Descripción de los métodos de prueba. (Normativo)
- Apéndice D: Defectos durante la inspección de sistemas de durmientes en vía. (Normativo)
- Apéndice E: Formato de registro georreferenciado. (Normativo)
- Apéndice F: Formato de registro de calificaciones a durmientes en la vía ferroviaria. (Normativo)
11. Clasificación
- Transitorios

Introducción

En cumplimiento de las disposiciones contenidas en la Ley de Infraestructura de la Calidad, en la presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia se establecen de forma integral las disposiciones y parámetros para el diseño, fabricación, tipos de ensayo a aplicar, inspección de los durmientes de concreto diseñados, fabricados e instalados en el Sistema Ferroviario Mexicano.

El durmiente de concreto es la estructura física que sustenta las vías férreas, es soporte estructural del riel donde giran las ruedas de los ferrocarriles. Al durmiente se transmiten los esfuerzos físicos de los trenes que circulan a diario transportando millones de toneladas de carga que incluyen materiales peligrosos, combustibles, materiales de construcción, bienes y productos agropecuarios que constituyen los medios de alimentación de los mexicanos. Esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia, establece los mecanismos, modos, instrumentos y procedimientos mediante los cuales la autoridad, que cuenta con las atribuciones para verificar la seguridad de las infraestructuras ferroviarias, realizará la evaluación que permitirá garantizar que los durmientes acreditan la calidad para la que fueron diseñados y un funcionamiento adecuado, lo que evitará descarrilamientos u otros accidentes y prevendrá daños materiales y humanos.

1. Objetivo, campo de aplicación y objetivos legítimos de interés público

La presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia tiene por objetivo establecer las especificaciones y condiciones técnicas de fabricación, uso y pruebas de ensayo que deben cumplir los durmientes de concreto para instalarse en las vías generales de comunicación ferroviaria del Sistema Ferroviario Mexicano.

Esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia es aplicable dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y los sujetos obligados a su cumplimiento son todas las personas físicas y morales que participan directa o indirectamente dentro del Sistema Ferroviario Mexicano, mencionando sin limitación a los concesionarios, asignatarios, mantenedores, proyectistas, así como los fabricantes, instaladores y comercializadores de durmientes de concreto.

Los objetivos legítimos de interés público que persigue esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia son: la seguridad nacional y de la seguridad de las vías generales de comunicación ferroviaria.

2. Términos, definiciones y términos abreviados

Los términos, definiciones y términos abreviados serán los establecidos en la Ley de Infraestructura de la Calidad, la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, el Reglamento del Servicio Ferroviario y los siguientes:

2.1. Acero de presfuerzo

Es el elemento de acero que tensado y anclado se utiliza para impartir presfuerzo al concreto.

2.2. Acero de refuerzo

Es el acero, excluyendo el acero de presfuerzo, colocado dentro del durmiente para mejorar su resistencia estructural y para controlar la deflexión y el agrietamiento.

2.3. Acreditación

Documento emitido por una Entidad de Acreditación, por el cual, se reconoce la competencia técnica y confiabilidad de una persona moral para operar como Organismo de Evaluación de la Conformidad.

2.4. Aprobación

Acto por el cual la Agencia reconoce a un Organismo de Evaluación de la Conformidad (laboratorios, unidades de inspección y organismos de certificación) que haya obtenido la Acreditación, para realizar la Evaluación de la Conformidad relacionada con Normas Oficiales Mexicanas.

2.5. ARTF/AGENCIA

Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario.

2.6. Asiento del riel

Es el área del durmiente sobre la cual se apoya el riel.

2.7. ASTM

Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés *American Society for Testing Materials*.

2.8. Balasto

Material pétreo seleccionado, producto de la trituración de piedra, que se coloca sobre el subbalasto, debajo de los durmientes y entre ellos, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas, en la forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas y que cumple con los "Lineamientos que son empleados para el tráfico de pasajeros y mixto" y la NOM-003-ARTF-2019, o vigentes que los sustituyan.

2.9. Carga lateral

Componente horizontal de una carga en la vía perpendicular al riel.

2.10. Carga vertical

Carga o componente de carga aplicada en ángulo recto con respecto al eje longitudinal del riel.

2.11. Descantillado

Defecto superficial que consiste en la pérdida de material en las aristas o vértices.

2.12. Desconchado

Defecto superficial de forma irregular, similar al descascarillado, pero de profundidad superior a 1.5 mm e inferior a 10 mm.

2.13. Descascarillado

Defecto superficial de forma irregular de profundidad no superior a 1.5 mm y que suele afectar a parte de la superficie.

2.14. Durmiente

Componente transversal de la vía con separación uniforme cuya función es mantener el escantillón y transmitir las cargas de las ruedas soportadas por el riel hacia el balasto. Al trabarse con el balasto, previene movimientos laterales, longitudinales y verticales de la estructura de vía.

2.15. Durmiente de concreto postensado

Durmiente de concreto presforzado que emplea acero de presfuerzo para precomprimir el concreto después de que éste está endurecido.

2.16. Durmiente de concreto pretensado

Durmiente de concreto presforzado que emplea acero de presfuerzo que se tensiona antes de la colocación de concreto.

2.17. Durmiente presforzado

Durmiente en el que el concreto se encuentra precomprimido por acción del acero de presfuerzo.

2.18. Durmiente reforzado presforzado

Durmiente de concreto reforzado que, además de acero de refuerzo longitudinal, emplea acero de presfuerzo para resistir la flexión.

2.19. Entidad de Acreditación

Persona moral debidamente autorizada por la Secretaría de Economía para conocer, tramitar y resolver las solicitudes de Acreditación y, en su caso, emitir las Acreditaciones a favor de aquéllos que pretendan operar como Organismos de Evaluación de la Conformidad, los cuales podrán operar como: unidades de inspección, laboratorios, de ensayos y pruebas, medición o calibración, entre otros de acuerdo con el Artículo 53 de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

2.20. Esfuerzo de flexión

Resistencia normal producida por la flexión.

2.21. Fijación

Componente o grupo de componentes de un sistema de vía que fijan el riel a los durmientes (por ejemplo, planchuelas, tornillos, clips y clavos).

2.22. Flexión negativa

Flexionamiento que produce tensión o reduce la compresión en el área superior del durmiente.

2.23. Flexión positiva

Flexión que produce o reduce la compresión en la superficie inferior del durmiente.

2.24. Grieta/Fisura estructural

Plano de falla que se origina transversalmente en la cara de tensión del durmiente, extendiéndose al nivel del acero de refuerzo o de presfuerzo y que aumenta su tamaño al incrementarse la carga.

2.25. 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.

2.26. Inspección

Constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición o examen de documentos que se realiza por la Agencia y por las Unidades de Inspección, las cuales forman parte de los Organismos de la Evaluación de la Conformidad, para evaluar la conformidad en un momento determinado a petición de una parte interesada.

2.27. Laboratorio.

Persona física o moral que realiza una o más de las siguientes actividades: medición, ensayos, calibración y muestreos.

2.28. Oclusión

Oquedad similar al poro, pero de diámetro superior a 5 mm.

2.29. Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC)

Persona física o moral que aplica el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad y que está acreditado por una Entidad de Acreditación o en su caso por la AGENCIA para operar como: unidades de inspección, laboratorios, de ensayos y pruebas, medición o calibración, entre otros.

2.30. Poro

Oquedad superficial de diámetro no superior a 5 mm que se manifiesta por una discontinuidad redondeada. Su profundidad no excede de la mitad de su mayor dimensión.

2.31. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC)

Conjunto de acciones especificadas que tienen por objeto comprobar que el bien, producto, proceso o servicio cumple con una Norma Oficial Mexicana o Estándar, a través de los medios que para ello se definan en la Ley de Infraestructura de la Calidad y en su Reglamento. Comprende, entre otros, los procedimientos de muestreo, inspección y certificación.

2.32. Rebaba

Exceso de material en las aristas inferiores.

2.33. Subbalasto

Capa de material seleccionado que se construye sobre las terracerías terminadas, resistente a la penetración del balasto y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas, en la forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

2.34. Sujeto Obligado

Persona física o moral responsable del cumplimiento de las disposiciones de esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia.

2.35. Unidad de Inspección

Persona física o moral acreditada por una Entidad de Acreditación o en su caso por la AGENCIA y que opera como OEC y que realiza actos de inspección para evaluar la conformidad en un momento determinado mediante la aplicación de un PEC.

2.36. Tirafondo.

Un perno con punta y cuerda que se coloca con herramienta especial en taladros practicados en el durmiente para asegurar el riel o las placas de asiento.

2.37. Verificación

Actividad que realizan las autoridades competentes para constatar a través de visitas, requerimientos de información o documentación física o electrónica, que los bienes, productos, procesos y servicios cumplen o concuerdan con las Normas Oficiales Mexicanas o Estándares, en este último caso, cuando su aplicación sea obligatoria en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

2.38. Vía

Conjunto de balasto, durmientes, rieles, dispositivos de sujeción y de apoyo, juegos de cambio y cruceros que se colocan para sustentar y guiar al equipo rodante de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Las vías pueden ser: a) elásticas, en las que se emplean placas de hule amortiguadoras entre rieles y durmientes, y sujeciones del tipo de muelle o de resorte; y b) clavadas, en las que se emplean placas de asiento metálicas entre rieles y durmientes, sujeciones con clavos de vía y anclas a presión sujetas a los rieles.

2.39. Vigilancia

Acto por el cual las autoridades competentes revisan que las actividades de las Entidades de Acreditación y los Organismos de Evaluación de la Conformidad (Unidades de inspección y laboratorios) se realicen conforme a lo establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad.

3. Disposiciones generales de diseño, fabricación, ensayos y control de la calidad

3.1. Diseño.

3.1.1. El diseño de todos los modelos de durmientes de concreto que se fabriquen e instalen dentro del sistema ferroviario mexicano, deben cumplir, además de lo especificado en esta sección, con lo indicado en 4.2.

3.1.2. Todo modelo de durmiente sea comercial o no comercial, debe contar con una memoria descriptiva que lo justifique. El contenido de la memoria debe contener, como mínimo:

- I. Memoria de cálculo donde se demuestre el método de diseño aplicado para la conformación del modelo. Este método puede corresponder a los propuestos en el Apéndice A: Método de diseño AREMA. y Apéndice B: Método de diseño UIC., o ser uno propio, previamente aprobado por la AGENCIA;
- II. Memoria de cálculo para la determinación de la cantidad, espaciamiento y especificaciones del acero que requiere el modelo para cumplir con las solicitudes estructurales determinadas por los métodos de diseño;
- III. Memoria de cálculo donde se demuestre que el modelo se integra estructuralmente con todos los elementos de la vía (riel, fijaciones, balasto, subbalasto, subbase y cualquier otro elemento de la vía) donde será instalado, con base en las siguientes solicitudes, mismas que deben estar claramente especificadas:
 - a) Cargas verticales, horizontales, longitudinales, esfuerzos, momentos derivados a partir de las cargas por eje con las que operará el sistema;
 - b) Velocidad;
 - c) Espaciamiento entre durmientes;
 - d) Diferencia de nivel del asiento del riel;
 - e) Solicitud de proyecto que contemple aumentar el calibre del riel a futuro, incluyendo análisis de fatiga;

- IV. Especificaciones de los materiales que deben ser empleados para su fabricación;
- V. Manual de manejo, conservación y almacenamiento del durmiente;
- VI. Planos de diseño; y
- VII. Otros documentos que establezca y solicite la Agencia.

3.1.3. Además de lo solicitado con anterioridad, para poder ser aprobados los modelos de durmientes, éstos deben cumplir satisfactoriamente con los ensayos solicitados en el subinciso 3.4.1.

3.1.4. Los modelos de durmientes fabricados e instalados en el sistema ferroviario mexicano deben ser compatibles única y exclusivamente para escantillón de vía de 1435 mm.

3.1.5. El valor promedio calculado de la presión del balasto en la base del durmiente no deberá exceder los 6 kg/cm².

3.1.6. El esfuerzo de precompresión máximo, después de todas las pérdidas, en cualquier punto de los durmientes no debe exceder de los 175.8 kg/cm².

3.1.7. Debe existir un esfuerzo de precompresión mínimo, en cualquier sección transversal vertical a través del área del asiento del riel, de 35.2 kg/cm², después de todas las pérdidas y sin ninguna carga aplicada.

3.1.8. Las dimensiones de diseño del durmiente deben estar comprendidas en los intervalos que se presentan en la Tabla 1, en el entendido de que, para un mismo proyecto, las dimensiones seleccionadas no pueden ser modificadas una vez aprobado el diseño.

Dimensión	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Observaciones
Largo.	2400	3100	En espuelas, cambio de vía, cruces ferroviarios u otro tipo de vías especiales podrá ser mayor esta dimensión para respetar el gálibo requerido.
Ancho de la cara inferior.	220	330	La superficie de apoyo en el balasto bajo cada riel no debe ser menor de 2400 cm ² .
Ancho de la cara superior.	150	330	El ancho de la superficie de apoyo del patín del riel no debe ser menor de 190 mm.
Peralte.	150	250	

Tabla 1 Límites permisibles de dimensiones de diseño de durmientes de concreto.

3.1.9. El peso de diseño del durmiente debe estar comprendido entre 240 kg y 350 kg, en el entendido de que, para un mismo proyecto, el peso de las piezas no puede variar sustancialmente de los durmientes fabricados e instalados en la vía.

3.1.10. La superficie de apoyo del patín del riel debe tener un peralte de 1:40 hacia al centro del durmiente. En caso de tener una inclinación distinta, será bajo responsabilidad o pedido del usuario y nunca será menor a 1:20.

3.1.11. El recubrimiento de concreto mínimo para el alambre de presfuerzo, conductos o accesorios finales del sistema de pretensado o postensado debe ser de 19 mm.

3.1.12. El recubrimiento mínimo de concreto para el acero de refuerzo, tendones de pretensado, conductos o accesorios finales de pretensado debe ser de 19 mm cuando se trata de durmientes pretensados o postensado.

3.2. Fabricación.

3.2.1. Se debe seleccionar un tamaño para los lotes, el cual será empleado para todo el proceso de fabricación del durmiente que ha sido solicitado en un pedido o contrato. El tamaño del lote seleccionado se encontrará en el rango de doscientos cincuenta (250) a trescientas (300) piezas. Cada proyecto debe tener su propio conjunto de lotes; éstos deben tener una identificación particular, que los distingan entre otros lotes de otros proyectos.

3.2.2. El fabricante debe brindar al concesionario el manual de manejo, conservación y almacenamiento del durmiente.

3.2.3. Los materiales con que se fabriquen deberán obtener una aprobación de su calidad, la cual se debe obtener a través del cumplimiento satisfactorio de los ensayos prescritos en las Normas y Estándares dispuestos en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Material	Característica sujeta a prueba	Norma o estándar de referencia	Observaciones
Agua para la mezcla	Aprobación de uso.	NMX-C-122-ONNCCE.	El contenido de iones cloruro detectados debe ser inferior a 400 ppm.
Cemento.	Resistencia a la compresión; fluidez; fraguado Vicat; fraguado falso; finura, superficie específica (permeabilidad al aire); expansión Autoclave; contenido de aire de mortero; calor de hidratación.	NMX-C-414-ONNCCE.	El contenido de álcalis debe ser inferior a 0.60%. La penetración al falso fraguado debe ser: 50.00 mm al inicio, 35.00 mm en tiempos intermedios, 40.00 mm después de la remezcla.
	Análisis químico.	NMX-C-131-ONNCCE.	
	Penetración al falso fraguado.	ASTM-C359.	
	Contenido de álcalis.	NMX-C-180-ONNCCE.	
Agregados.	Calidad de agregados finos y gruesos.	NMX-C-111-ONNCCE.	Se realiza para nuevas fuentes de agregados incluyendo nuevas frentes de explotación o canteras existentes, para determinar los componentes minerales potencialmente reactivos. En caso de que durante la fabricación de durmientes se utilice la misma fuente, se realizará un análisis petrográfico con una frecuencia mínima de 6 meses.
	Identificación de agregados para concreto potencialmente reactivos con álcali-sílice y agregados reactivos con álcali-carbonato.	ASTM C1260.	
	Análisis petrográfico.	NMX-C-265-ONNCCE.	
Aditivos.	Aprobación de uso.	NMX-C-255-ONNCCE.	Queda prohibido la utilización de aditivos acelerantes de fraguado y, en general, no se usarán aditivos que contengan cloruros. En climas severos, donde los durmientes puedan estar expuestos al proceso de congelación y descongelación, se utilizará un aditivo de inductor de aire de acuerdo con la Norma ASTM C260.
Concreto.	Resistencia a la compresión.	NMX-C-083-ONNCCE.	La resistencia a la compresión a los 28 días debe ser mínimo de 495 kg/cm ² . La relación agua/cemento debe ser menor de 40. El fabricante debe llevar un registro de los procedimientos que aplica para proteger el concreto contra la corrosión.
	Identificación de Formación de Etringita Tardía.	NMX-C-265-ONNCCE.	
	Resistencia a congelación y descongelación rápidas.	ASTM C666.	
	Propiedades físicas y químicas del agregado para concreto.	NMX-C-265-ONNCCE.	
Soldadura.	El reforzamiento para soldar y la especificación del procedimiento del mismo se indicará en los planos constructivos.	Código AWS D.1.4.	

Tabla 2 Características y métodos de prueba que deben cumplir los materiales a emplear en la fabricación.

Acero				
Presentación		Característica sujeta a prueba	Norma	Observaciones
Para pretensado.	Alambre.	Resistencia a la rotura, límite de fluencia, elongación, propiedades de relajación.	NMX-B-293-CANACERO.	Aplicar la Metodología establecida para cada material en base de la Norma correspondiente.
	Torón.		NMX-B-292-CANACERO.	
Para postensado.	Varillas.		ASTM A722.	
Varillas de refuerzo.		Resistencia a la tensión, límite elástico, elongación, deformación, flexión, peso, espaciado entre varillas.	NMX-B-506-CANACERO.	
			ASTM A184.	
			ASTM A996.	
Alambre.	Para refuerzo en espiral.	Resistencia a la tensión; límite de fluencia; tolerancias de los diámetros; flexión.	NMX-B-455-CANACERO.	
	Recocido.			
	Corrugado.			
Estructural.		Composición química; resistencia a la corrosión atmosférica; resistencia a la tensión; límite de fluencia; elongación; contenido de la aleación.	ASTM A242.	Aplica para acero estructural de alta resistencia y baja aleación.
			NMX-B-254-CANACERO.	Aplica para acero al carbono.
			ASTM A529.	Aplica para acero al carbono-manganeso de alta resistencia.
			NMX-B-284-CANACERO.	Aplica para acero de columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación.
			ASTM A588.	Aplica para acero de alta resistencia y baja aleación, hasta 345 MPa. Punto de fluencia mínimo, con resistencia a la corrosión atmosférica.
Tubería.		Resistencia a la tensión; flexión; aplanamiento; prueba hidrostática; prueba eléctrica no destructiva; límite elástico.	ASTM A53.	
			ASTM A500.	
			ASTM A501.	

Tabla 3 Características y métodos de prueba que debe cumplir el acero empleado en la fabricación.

3.2.4. Se debe contar con un registro de control de cada lote de material utilizado en fábrica, el cual debe contener la fecha de ingreso a la planta y su trazabilidad dentro de la producción de cada pieza de durmiente fabricado. El registro de control también debe contener información relativa a fecha de fabricación del durmiente, tiempo de curado u otros de utilidad para el fabricante.

3.2.5. Armaduras.

3.2.5.1. En armaduras pretensadas se acepta hasta un empalme por durmiente.

3.2.5.2. En armaduras no pretensadas no se permiten empalmes.

3.2.5.3. Para armadura longitudinal de pretensado se debe dotar un mínimo de cuatro hilos o cordones con distribución simétrica con relación al plano vertical de simetría longitudinal del durmiente.

3.2.5.4. Las extremidades de los hilos de pretensión con sistemas de anclaje mecánico deben ser protegidas e impermeabilizadas con mortero de cemento y arena de resistencia a la compresión a los 28 días de un mínimo de 306 kg/cm² y terminación con pintura de protección anticorrosiva.

3.2.5.5. La armadura debe estar dispuesta y exactamente en el lugar previsto en los planos de diseño de forma que no se desplace durante el colado.

3.2.5.6. Está prohibido posicionar o reposicionar la armadura durante el colado.

3.2.6. Moldes.

3.2.6.1. Cada molde utilizado para la fabricación de los durmientes debe ser marcado con su correspondiente número de identificación; éste tiene que ser visible y ser indeleble.

3.2.6.2. El fabricante debe contar con bitácora donde registre las fichas de todos los moldes con los que cuente; en ésta debe llevar un historial de hasta por dos años de las inspecciones y reparaciones que realice a cada uno de los moldes, lo cual se integrará en una bitácora de moldes.

3.2.6.3. En las inspecciones de los moldes se debe verificar su nivel de desgaste, que sus juntas no tengan aberturas mayores de 5 milímetros, deformaciones, roturas o depresiones que afecten directamente la fabricación. En caso de que se identifique alguna de estas características en algún molde, éste debe ser retirado y reparado a la brevedad, para poder volver a utilizarse.

3.2.6.4. Todos los moldes deben limpiarse de agentes externos o concreto endurecido, antes de una nueva utilización.

3.2.6.5. No está permitido el moldeado del durmiente por etapas, cuando en la anterior ya se había iniciado el fraguado.

3.2.6.6. El desmolde podrá ser realizado por el método diferido (concreto endurecido al desmoldar), inmediato (concreto maleable al desmoldar) u otro similar, según el proceso de fabricación. Debe ser efectuado con precaución, sin choques, de forma que no se provoque ninguna deformación o fisura.

3.2.6.7. En caso de que el desmolde se realice por método inmediato se atenderá a lo siguiente:

- a) El desmoldeo de los bloques del durmiente debe ser rigurosamente simultáneo.
- b) El desmontaje de los dispositivos que provocan los taladros de la sujeción debe ser realizado de forma tal que no provoque ninguna sacudida o choque al concreto.
- c) Después del desmoldeo, los durmientes no deben ser objeto de ninguna manipulación que altere su estado tensional antes de un plazo mínimo de 20 h.
- d) Cuando la temperatura exterior sea inferior a 0° C, los durmientes no deben salir del lugar de tratamiento hasta después de haber pasado un tiempo complementario de tratamiento, respecto del curado normal de 12 h.
- e) En tiempo caluroso, el fabricante debe tomar todas las medidas de precaución necesarias desde la salida del sol.

3.2.6.8. Durante el desmolde de la pieza, cada durmiente fabricado debe ser marcado, en bajo o sobre relieve, en la cara superior y de forma permanente, con la siguiente información, misma que debe estar contenida en un registro de control:

- I. Marca del fabricante y marca de identificación de la fabricación.
- II. Marca del comprador.
- III. Fecha de fabricación.
- IV. Modelo del durmiente
- V. Número del molde con el que se fabricó.
- VI. Calibre de riel para el que fue diseñada el área de asiento de riel.
- VII. Número de lote.

3.2.7. Consideraciones para el curado.

3.2.7.1. El proceso de curado debe apegarse a lo establecido en la norma NMX-C-148-ONNCCE-2010 o la vigente que la sustituya, además de las condiciones siguientes:

- a) El curado deberá ser natural durante las tres primeras horas, como mínimo, después del vibrado. En caso de que la temperatura ambiente sea superior a 30 °C el plazo indicado deberá prorrogarse hasta cuatro horas.
- b) El curado natural deberá realizarse mediante alguno de los siguientes procedimientos: mantener el molde en la nave de fabricación, cubrir con plásticos u otros elementos húmedos, rociar agua o aplicar compuestos de curado que formen membranas de protección.
- c) Si tras el curado natural se aplicara tratamiento térmico, éste deberá cumplir las siguientes condiciones:
 - I. El gradiente de temperatura no podrá superar los 10 °C/hora en el calentamiento, ni los 15 °C/hora en el proceso de enfriamiento. Las temperaturas en el concreto se medirán en el punto más cálido de la línea de fabricación en la fase de curado y lo más cerca posible de la altura media y de la anchura media del durmiente. En cualquier caso, si el fabricante facilita una relación entre la temperatura del concreto y la del aire durante todo el ciclo de curado, se podrá medir la temperatura exterior del entorno del durmiente en la línea de fabricación.
 - II. La temperatura máxima, no deberá rebasar los 60 °C medidos con el mismo procedimiento que en el subinciso 3.2.7.1 c) párrafo I.
 - III. Para evitar choques térmicos en el concreto, la diferencia de temperatura entre el molde y el concreto no superará los 15 °C.
 - IV. Deberá mantenerse el grado de humedad relativa necesario para evitar la deshidratación del concreto, el cual no podrá ser menor al 95%.
 - V. Se impedirá la proyección directa del vapor sobre el concreto en aquellas superficies que no estén cubiertas por el molde.

3.2.8. Aspecto Externo.

3.2.8.1. Durante el desmolde de la pieza, el alojamiento de la fijación debe encontrarse limpio y bien conformado.

3.2.8.2. La cara superior, la inferior y laterales del durmiente deben tener un aspecto homogéneo y carente de anomalías que puedan perjudicar su empleo o sean indicativas de defectos de fabricación.

3.2.8.3. La base debe ser rugosa y plana.

3.2.8.4. No se admiten rebabas que dificulten el transporte en los cantos inferiores.

3.2.8.5. Las armaduras activas deben cortarse al ras de las caras frontales.

3.2.8.6. Nunca debe permitirse la calcinación del concreto.

3.2.8.7. Se debe prestar especial atención a las zonas de apoyo de las placas elásticas de asiento del riel para prevenir algún defecto de los señalados en la Tabla 4.

3.2.8.8. En la Tabla 4 se presentan los principales defectos en el aspecto externo del durmiente (en el proceso de fabricación), así como las condiciones de admisibilidad.

Defecto	No admisible	Admisible
Poros		Siempre.
Oclusión.	En las superficies de asiento de carriles y en el área de apoyo del conjunto de las sujeciones.	<p>Por tamaño:</p> <p>Si la dimensión máxima es menor de 25 mm.</p> <p>Si ningún defecto permite la inscripción de una circunferencia de 15 mm de diámetro.</p> <p>Por profundidad:</p> <p>Si es inferior a 10 mm.</p> <p>Si no hay más de 5 defectos que superen los 5 mm de profundidad.</p> <p>Por número:</p> <p>Si el número de oclusiones contabilizadas con dimensión máxima superior a 10 mm, para todas las caras del durmiente, no supera las 20 unidades.</p>
Descascarillado		Siempre.
Desconchado.	En las superficies de asiento de carriles y en el área de apoyo del conjunto de las sujeciones.	En el resto de los casos, si su profundidad es inferior a 5 mm.
Descantillado.		Si el defecto en la arista es de longitud total inferior a 70 mm y profundidad de 10 mm, con un número máximo de 6.
Rebaba.	Aquellos excesos de material que, por cualquier causa, pudieran producirse en las restantes aristas.	
Fisura.	En las superficies interiores comprendidas entre dos líneas situadas a 5 cm de los bordes exteriores del conjunto de las sujeciones, en caso de durmientes de plena vía, o de los taladros de anclaje de la sujeción en caso de durmientes de aparatos de vía.	En el resto de los casos, si su espesor es inferior a 0.2 mm.

Tabla 4 Defectos en durmientes de concreto en el proceso de fabricación

3.2.9. Las tolerancias admisibles en las dimensiones de las piezas terminadas se presentan en la Tabla 5.

Dimensión	Tolerancia (mm)
Largo.	±6.35
Ancho de la cara inferior.	±3.18
Ancho de la cara superior.	
Peralte.	+6.35 -3.18

Tabla 5 Tolerancias admisibles en las dimensiones del durmiente fabricado.

3.2.10. La tolerancia admisible en el peso de las piezas terminadas no debe ser mayor del 10% del peso de diseño.

3.2.11. Las tolerancias para la colocación de los refuerzos, con respecto a los planos de diseño, deben ser como se establece en la Tabla 6.

Especificación	Tolerancia [mm]
Profundidad de colocación del acero de refuerzo convencional y de presfuerzo.	±3.18
Colocación del acero de presfuerzo en plano vertical.	±3.18
Colocación del acero de presfuerzo en plano horizontal.	±6.40
Colocación del acero de pretensado vertical.	±3.18
Colocación del acero pretensado horizontal.	±6.35
Ubicación longitudinal de trayectorias curvas en el acero de refuerzo.	±50
Ubicación en los extremos de las barras de refuerzo.	±12

Tabla 6 Tolerancias para la colocación de los refuerzos.

3.2.12. La tolerancia permitida en el peralte del asiento del riel fabricado debe ser de ±5 unidades, con respecto al valor nominal (1:40).

3.2.13. El asiento del riel debe tener una superficie plana y lisa; la tolerancia permitida en la diferencia de nivel de esta superficie es de ±0.80 mm, tanto en el sentido transversal como longitudinal del durmiente.

3.2.14. Se permite una tolerancia máxima de 1.6 mm en la dirección lateral de cada riel, debido a la diferencia de nivel entre los asientos del durmiente.

3.2.15. Manejo en fábrica.

3.2.15.1. Se debe contar con un procedimiento de movimiento y traslado de los durmientes, que asegure que las piezas no estarán sujetas a cargas ni esfuerzos que puedan deformarlos o dañarlos, así como la exención de éstas a golpes, saltos, impactos u otros movimientos.

3.2.15.2. El fabricante contará con un área de almacenamiento destinada para los durmientes de concreto terminados. Esta área debe estar limpia, drenada y capaz de resistir el peso de los durmientes, sin sufrir asentamientos diferenciales.

3.2.15.3. Los durmientes deben apilarse en camas de no más de 12 pisos. Las camas de durmientes deben corresponder a un mismo modelo, con un mismo tipo de fijación y destinados a un mismo proyecto, fabricados en una misma jornada en condiciones exactamente iguales.

3.2.15.4. En las pilas, los durmientes deben estar dispuestos en un mismo sentido y con la cara superior hacia arriba, interponiendo separadores de apilado (trozos de madera, plástico, neopreno o piezas diseñadas especialmente para ello) entre cada pieza, para impedir el contacto directo entre durmiente y durmiente en sentido transversal y longitudinal.

3.2.15.5. Las pilas estarán apartadas entre sí y de cualquier obstáculo fijo, por lo menos 50 cm.

3.2.15.6. Cada pila debe estar identificada con un letrero cuyas dimensiones deben ser de 50x30 cm, cuyo color de caracteres y fondo mantengan un contraste que permita su lectura, y que contenga la siguiente información mínima:

- I. Modelo del durmiente que está siendo apilado.
- II. Fecha y turno de fabricación.
- III. Cantidad de durmientes que están siendo apilados.
- IV. Marca del comprador.

3.3. Colocación en vía.

3.3.1. Manejo y colocación en sitio.

3.3.1.1. Se debe contar con un procedimiento de movimiento y traslado de los durmientes a su lugar de colocación que asegure que las piezas no estarán sujetas a cargas ni esfuerzos que puedan deformarlos o dañarlos, así como la exención de éstas a golpes, saltos, impactos u otros movimientos.

3.3.1.2. En obra, podrá existir un área de almacenamiento destinada para los durmientes de concreto. Esta área debe estar limpia, drenada y capaz de resistir el peso de los durmientes, sin sufrir asentamientos diferenciales.

3.3.1.3. La colocación de durmientes en vía podrá realizarse por diferentes métodos como son:

I. Instalación por izaje:

- a)** Utiliza una grúa para levantar, bajar, empujar o tirar una carga por medio de equipos eléctricos, de aire o hidráulicos, con ayuda de accesorios como cadenas, ganchos, poleas, entre otros.
- b)** Para este método los durmientes deben apilarse en camas de no más de 6 (seis) pisos. Los durmientes deben estar dispuestos en un mismo sentido y con la cara superior hacia arriba, interponiendo trozos de madera entre cada pieza, para impedir el contacto directo entre durmiente y durmiente.

II. Instalación por cargadores o maquinaria similar.

- a)** Es un método similar al izaje donde se emplea maquinaria y/o accesorios especializados para la colocación de durmientes las cuales, dadas sus características técnicas permiten:
 - Colocar simultáneamente hasta 8 durmientes adyacentes utilizando un sistema de suministro de acompañamiento.
 - Funcionar con acoplamientos estándar de excavadoras y cargadores.
 - Reducen el desacomodo del lecho de balasto.
 - Garantiza el correcto posicionamiento de los durmientes a través de sistemas hidráulicos o mecánicos de medición de precisión, proporcionando la separación de proyecto a los durmientes.
 - Puede utilizarse para agrupar durmientes para su almacenamiento.

III. Instalación por métodos automatizados.

- a)** Es un proceso que consta de un conjunto de máquinas sobre la vía ferroviaria que realizan labores de colocación automática de tramos de rieles y durmientes previamente ensamblados y fijados. La maquinaria de este proceso es variada, pero en general se compone de tractor oruga, carro de montaje, carro de energía auxiliar, juego de carro de transporte de rieles y durmientes, grúa pórtico con sus sistemas de energía, control y movimiento, entre otros.
- b)** Permite instalar de manera precisa entre 1 y 2.5 kilómetros de vía al día de manera continua y precisa o más en comparación con otro tipo de métodos de colocación.
- c)** Este tipo de equipos puede colocar el balasto ferroviario antes o después de la colocación de la sección de durmientes y rieles según las capacidades del equipo.
- d)** Toda la maquinaria automatizada utilizada en este método deberá estar dotada con sistemas de registro de parámetros de geometría de vía.
- e)** Al usar este método, como mínimo, los siguientes datos deben registrarse:
 - El resultado de todo tratamiento efectuado a bordo, incluyendo los ajustes.
 - Información de localización o distancia recorrida a partir del punto de salida.
 - Fecha y hora del registro.
 - Identificación de la máquina.
 - Notas y actuaciones del usuario o del operador.
 - Cualquier información sobre la validez de la medición.

3.3.1.4. Secuencia general de colocación:

- I.** Los durmientes deben ser colocados por el medio que los transporta a obra lo más cerca posible al dispositivo de elevación o bien deben ser colocados en la máquina automatizada llevándose al sitio por medio de ésta.
- II.** Se realiza la sujeción de los durmientes al dispositivo de elevación (estrobado) y en el caso de métodos automatizados a la grúa pórtico integrada en el equipo.
- III.** Se iza el durmiente y se coloca en su sitio requerido sobre la vía.

- IV. Se alinea y nivela el o los durmientes en su posición definitiva, corroborando la topografía previa.
- V. Se debe asegurar la conexión del durmiente en su lugar por medio de una fijación provisional, parcial o final de la misma.
- VI. Se suelta el durmiente del equipo de izaje y se reinicia la secuencia para el siguiente durmiente o conjunto de durmientes, realizando los movimientos y desplazamientos necesarios del dispositivo de elevación.

3.3.1.5. Durante la colocación de durmientes el personal que trabaja en el dicho proceso debe conocer los procedimientos constructivos, medidas de seguridad y lenguaje corporal para el proceso de izaje y colocación de manera que todo el personal involucrado logre entender y coordinar adecuadamente las maniobras requeridas. Para lograrlo, la empresa que realice la colocación de durmientes debe capacitar a su personal respecto a los trabajos que se realizarán.

3.3.1.6. En cualquier método de colocación se deben de seguir los manuales de procedimientos y seguridad correspondientes a cada equipo y maquinaria utilizada.

3.3.1.7. La parte central de los durmientes no debe apoyarse en sobre el balasto. Para evitar esto, se debe realizar una huella rebajando el lecho de balasto en la zona del eje de la vía. Las dimensiones de este rebaje deben ser de 70 ± 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad como se muestra en la Figura 1. Para evitar este problema, se recomienda que el rebaje sea realizado por la propia extendedora de balasto o bien de manera manual.

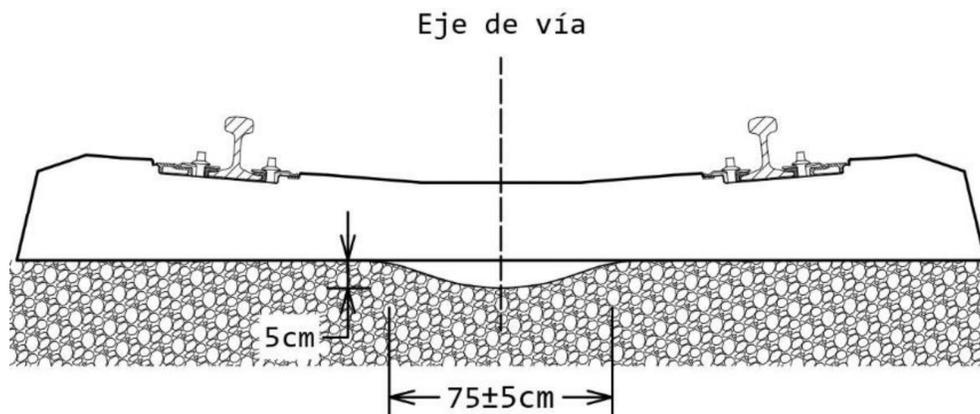


Figura 1 Huella en balasto para colocación de durmiente.

3.3.1.8. Al momento de la colocación, se debe evitar deteriorar las fijaciones así mismo, se cambiarán los clips, los tirafondos, las placas de asiento o las placas acodadas que presenten defectos de acuerdo con la Tabla 14.

3.3.1.9. Se permite un descuadre máximo de los durmientes de 10 mm con respecto a la perpendicular de los rieles.

3.3.1.10. Los durmientes de transición de los cambios de vía y aparatos de dilatación se incorporarán a la vía a la vez que el resto de los durmientes de vía general replanteándolos mediante medios topográficos. La distribución de estos durmientes será la indicada en los planos de los aparatos de vía a instalar.

3.3.1.11. Los elementos de sujeción del riel (tirafondos y clips) en ningún momento deberán ser empleados para el izado o la manipulación de las durmientes.

3.3.1.12. Tratándose de obras nuevas o de rehabilitación, para poder seguir avanzando con la colocación de durmientes, deberán estar recogidos y acopiados los durmientes sobrantes, así como los durmientes de los 5 kilómetros anteriores.

3.3.1.13. Se debe realizar la colocación de riel hasta que los durmientes estén correctamente alineados.

3.3.1.14. Los separadores de apilado de los durmientes, empleados durante su apilamiento, deberán ser retirados completamente del derecho de vía. Durante la obra, los separadores de apilado en desuso deberán llevarse a una zona de la obra en la que sea posible el acceso por camión u otro medio de transporte adecuado.

3.3.1.15. El constructor de la obra y el concesionario serán responsables de generar la logística inversa y entregar al fabricante por su cuenta y costo, al menos el 50% de los separadores de plástico o neopreno empleados para la pila de durmientes. También debe retirar todos los separadores del derecho de vía que no se encuentren en uso en un plazo máximo de un mes después de haber sido instalados los durmientes de las pilas que dieron origen al desperdicio.

3.3.2. Espaciamiento entre durmientes.

3.3.2.1. El espaciamiento entre durmientes, de eje a eje, debe estar comprendido entre 500 mm y 700 mm. En caso de que el proyecto requiera una separación entre durmientes distinta a la establecida, se deberá presentar una memoria de cálculo que justifique la decisión para su aprobación por parte de la AGENCIA.

3.3.2.2. Es necesario asegurar que el espaciamiento de durmientes en las juntas de riel sea suficiente para permitir la soldadura de campo de rieles sin necesidad de realizar trabajos de reespaciamiento.

3.3.3. Rieles.

3.3.3.1. La unión de dos rieles no debe quedar apoyada directamente sobre un durmiente, se deberán eliminar las juntas emplanchueladas en vías con durmientes de concreto pues éstos resultan dañados al soportar altos impactos constantemente.

3.3.3.2. Los durmientes no deben ser instalados adyacentes a juntas aisladas de rieles o dentro de los límites de un durmiente de madera con dimensiones especiales, cambios de vías o corta vías.

3.3.4. Escantillón.

3.3.4.1. Las dimensiones y la resistencia a la flexión del durmiente terminado deben permitir un escantillón en vía de 1 435 mm, con una tolerancia de 1.6 mm, medido en ángulo recto en un plano horizontal ubicado a 1.58 cm, debajo del hongo del riel. Lo cual deberá quedar asentado en la Memoria del cálculo de la infraestructura de vía.

3.3.5. Fijaciones.

3.3.5.1. Deben ser de tipo elástico, a base de grapa o clip, y con el riel asentado en una almohadilla para riel, en conformidad con el apartado 4.3.2 de la NOM-003-ARTF-2019 o la disposición vigente que lo sustituya, debiendo cumplir con las siguientes propiedades mecánicas:

- I. Carga de fijación mínima de 0.75 toneladas, por clip.
- II. Fuerza de extracción de la fijación mínimo de 6 toneladas.
- III. Para almohadilla de riel de goma, un espesor mínimo de 10 mm y una rigidez mínima de 4.0 toneladas por milímetro y una máxima de 46 toneladas por milímetro.

3.3.5.2. Tener la capacidad de resistir el movimiento del riel en forma longitudinal y lateral, debido a las cargas a las que se ve sometido en condiciones de servicio, lo cual se comprobará a través del cumplimiento de los ensayos de restricción longitudinal y lateral, respectivamente, conforme a lo dispuesto en la Tabla 10.

3.3.5.3. Capacidad para soportar, como mínimo, cargas laterales de 6.42 toneladas por 305 mm lineales de vía, bajo condiciones en las que estas cargas son acompañadas por cargas verticales de una magnitud similar a las mencionadas.

3.3.5.4. El análisis del diseño del sistema de fijaciones propuesto debe demostrar que tiene la capacidad de:

- I. Resistir las cargas teóricas laterales y longitudinales calculadas para el sistema de rieles propuesto;
- II. Cumplir, como mínimo, con los ensayos establecidos en la Tabla 10.
- III. Integrarse con el sistema de vía completo, en particular con los durmientes. Realizando un análisis de la transmisión de las cargas de servicio hacia cada uno de los elementos de la vía.

3.3.5.5. Se deben presentar las especificaciones mecánicas de los materiales con los que se fabrican las fijaciones, demostrando que éstos cumplen, como mínimo, con la capacidad para soportar los esfuerzos solicitados que se generen en el servicio regular de la línea, ya sea ésta únicamente de carga o pasajeros, o mixta, para lo cual el sistema de fijaciones debe satisfacer satisfactoriamente las especificaciones de carga para los dos tipos de servicio.

3.3.5.6. Es responsabilidad del concesionario conservar el análisis del sistema de fijaciones, el cual podrá ser realizado por éste o en convenio con las empresas encargadas de fabricar los elementos de vía (durmientes, rieles y fijaciones).

3.3.6. Vías señalizadas.

3.3.6.1. Para su uso en vías señalizadas, los durmientes deben aislarse eléctricamente junto con su sistema de fijación correspondiente a fin de proporcionar una impedancia mínima de 20 000 Ohm por durmiente, al aplicar un voltaje en corriente alterna de 10 V 60 Hz.

3.4. Ensayos.

Los ensayos se describen particularmente en los apéndices de esta Norma Oficial Mexicana. En el caso particular de los ensayos del Apéndice C: Descripción de los métodos de prueba, se conforman de pruebas que aplican a etapas diferentes, los parámetros de aceptación son los indicados en la Tabla 7. Los ensayos sólo podrán ser realizados por un Laboratorio que cumpla con los requisitos establecidos en 4.9.

Apéndice	Parámetros de aceptación
C.1 ¹	Sin fisuras.
C.4	Deslizamiento del tendón menor o igual a 0.025 mm determinado por la lectura de un extensómetro. Sin falla de compresión del concreto. Sin grietas por cortante. Sin fallo del tendón.
C.5	Sin fisuras.
C.6	
C.7	Para durmientes pretensado: Deslizamiento de tendón menor o igual a 0.025 mm, determinado por la lectura de extensómetro con precisión de 1/400 de mm. Para durmiente postensado: Que soporte la carga sin ningún tipo de falla, durante al menos 5 minutos.
C.8	El inserto de la fijación sin rotación, deformación permanente y sin fisuramiento en el concreto.
C.9	Para fijación elástica: El inserto no debe desfijarse o aflojarse del concreto, ningún elemento del sistema de fijación se debe fracturar y el riel no debe soltarse.
C.10	Medición de la impedancia igual o mayor a 20000 ohmios.
C.11	El riel no debe moverse más de 5.1 mm durante los tres (3) primeros minutos de la carga; posteriormente, el riel no debe presentar un movimiento mayor de 0.254 mm. Las fijaciones no deben presentar fallas ante las cargas aplicadas.
C.12	El sistema de fijaciones no debe presentar ninguna falla estructural.
C.13	El sistema de fijaciones debe tener la capacidad de soportar la carga aplicada, presentando una traslación lateral igual o menor de 3.18 mm. Que el sistema de fijación no falle. Que el escantillón se mantenga con las dimensiones reglamentarias, con un movimiento menor o igual a 6.35 mm.

Tabla 7 Criterios de aceptación del apéndice C.

3.4.1. Ensayos para la aceptación de modelos de diseño de durmientes.

3.4.1.1. Se deben fabricar 2 especímenes del modelo a evaluar, con base en el contenido de la memoria descriptiva entregada.

3.4.1.2. Para llevar a cabo los ensayos en los 2 especímenes fabricados, éstos deben ser marcados con el número del durmiente que le sea asignado al azar (es decir, "Durmiente 1; Durmiente 2"), para poder ser identificados entre ellos y evitar confusiones.

¹ Los apéndices C2 y C3 son complementos a la prueba del apéndice C1.

3.4.1.3. Los ensayos a los que deben sujetarse los especímenes, así como la secuencia que se debe llevar a cabo se muestran en la Tabla 8, los parámetros de aceptación correspondientes se indican en la Tabla 7, para su aprobación deberá haber aprobado todos los ensayos descritos en la tabla indicada. Si uno de los dos especímenes no cumple con los criterios de aceptación de los ensayos, la solicitud de aprobación debe ser rechazada.

SEC	Ensayo	Durmiente ensayado	Sección a ensayar	Metodología
1	Carga vertical en la sección del asiento del riel.	D1	Asiento derecho del riel.	Apéndice C: C.1
2	Momento negativo en la sección del centro del durmiente.		Centro del durmiente.	Apéndice C: C.5
3	Momento positivo en la sección central del durmiente.		Centro del durmiente.	Apéndice C: C.6
4	Carga vertical en la sección del asiento del riel.		Asiento izquierdo del riel.	Apéndice C: C.1
5	Carga repetida en el asiento del riel.		Asiento izquierdo del riel.	Apéndice C: C.4
6	Desarrollo de adherencia, anclaje de postensado y carga última.		Asiento izquierdo del riel.	Apéndice C: C.7
7	Insertos de la fijación.	D2	Todos los insertos de la fijación.	Apéndice C: C.8
8	Extracción del inserto.		Asiento derecho del riel.	Apéndice C: C.9
9	Resistencia eléctrica.		Sistema de fijación completo.	Apéndice C: C.10

Tabla 8 Secuencia de ensayo para la aceptación de una propuesta de modelo de durmientes.

3.4.2. Ensayos para la aceptación de durmientes fabricados en planta (Ensayos de control).

3.4.2.1. Por cada lote fabricado se deberá seleccionar 1 durmiente para someterse a muestreo. Para el caso de la prueba de desarrollo de adherencia, por cada 10 lotes producidos, 1 durmiente debe someterse a este ensayo. Éstos serán evaluados bajo las condiciones indicadas en la Tabla 9. Los resultados de cada ensayo, así como los datos del lote se registrarán en un informe de resultados de laboratorio

3.4.2.2. Si el durmiente seleccionado para ensayarse no pasa alguna de las pruebas descritas en la Tabla 9, el 100% del resto del lote que está siendo inspeccionado se rechazará por cada modelo y lote y se integrará en la bitácora de resultados de laboratorio.

3.4.2.3. En el caso particular de los durmientes sometidos al ensayo de Desarrollo de adherencia, anclaje de postensado y carga última, si no se cumplen los parámetros solicitados por la prueba, se procederá a seleccionar un (1) durmiente de los siguientes 3 lotes de producción subsecuentes. Si se reincide en incumplimiento de la prueba, todos los lotes producidos anteriores a éste estarán sujetos a ser rechazados.

3.4.2.4. Para realizar las mediciones de las dimensiones y geometría del durmiente, se deberá emplear como mínimo un vernier y un flexómetro. Para el peso, se debe utilizar una báscula calibrada.

3.4.2.5. Para evaluar las dimensiones, peso y geometría, las mediciones se realizarán en tres (3) puntos del durmiente, el resultado del promedio de dichas mediciones se debe comparar con las dimensiones y peso nominales establecidas en la memoria descriptiva, tomando en cuenta las tolerancias presentadas en el subinciso 3.2.9.

3.4.2.6. En caso de que dos (2) de las tres (3) mediciones incumplan las tolerancias aceptables, el 100% del resto del lote que está siendo inspeccionado debe ser medido bajo los criterios descritos en 3.4.2.5. Sólo aquellos durmientes que cumplan con los criterios de aceptación para las dimensiones, peso y geometría, se podrán utilizar para conformar un nuevo lote, los durmientes que no cumplieron deben ser rechazados.

SEC	Ensayo	Durmientes ensayados (Tamaño de la muestra)	Sección del durmiente que se ensaya	Metodología	Criterio de aceptación
1	Dimensiones.		Largo, ancho, peralte.	Subinciso 3.4.2.4.	Subinciso 3.1 Tabla 1 y 3.2.9.
2	Peso.		Completa.		Subinciso 3.1.9 y 3.2.10.
3	Geometría.		Apoyo del patín, asiento del riel.		Subincisos 3.1.10 3.2.12 3.2.13 y 3.2.14.
4	Aspecto Externo.		Completa.		Subincisos 3.2.8.
5	Carga vertical en la sección del asiento del riel.	Por cada lote se seleccionará un (1) durmiente al azar, que debe ser ensayado.	Asiento derecho del riel.	Apéndice C: C.1.	Ver Tabla 7.
6	Momento negativo en la sección del centro del durmiente.		Centro del durmiente.	Apéndice C: C.5.	
7	Momento positivo en la sección central del durmiente.		Centro del durmiente.	Apéndice C: C.6.	
8	Insertos de la fijación.		Todos los insertos de la fijación.	Apéndice C: C.8.	
9	Desarrollo de adherencia, anclaje de postensado y carga última.	Por cada diez (10) lotes de durmientes fabricados, se seleccionará uno (1) al azar que debe ser ensayado.	Asiento izquierdo del riel.	Apéndice C: C.7.	

Tabla 9 Ensayos a los que se someterán durmientes durante la fase de fabricación (Ensayos de control).

3.4.2.7. Para garantizar la calidad del sistema de fijaciones, los durmientes se someterán a los ensayos, considerando las pruebas y sus secuencias descritas en la Tabla 10, bajo la misma frecuencia indicada en 3.4.2.1. Si el durmiente seleccionado para ensayarse no pasa alguna de las pruebas descritas, el 100% del resto del lote que está siendo inspeccionado se rechazará.

3.4.2.8. Se debe realizar el cálculo para la obtención de la rigidez del sistema de fijaciones, realizando un análisis de los efectos que ésta tiene sobre la vida útil y el desgaste en este sistema, y su relación con la carga de fijación resultante, definiendo el método numérico (v.g. elemento finito o algún análisis experimental) utilizado para validar la propuesta realizada.

Secuencia	Ensayo	Metodología	
1	Extracción de la fijación.	Apéndice C: C.9.	
2	Restricción longitudinal de la fijación.	Apéndice C: Descripción de los métodos de prueba.	
3	Carga repetida de la fijación.		Apéndice C: C.11.
4	Restricción lateral de la fijación.		Apéndice C: C.12.
5	Resistencia eléctrica.		Apéndice C: C.13.
			Apéndice C: C.10.

Tabla 10 Ensayos aplicables a sistemas de fijaciones.

3.5. Inspección de sistemas de durmientes instalados en vía

3.5.1. Las actividades de autoinspección deben ser constantes ya que en cualquier momento un durmiente o sus fijaciones pueden evolucionar de un grado de deterioro tal que amerite su sustitución. Este método permite una vigilancia continua y efectiva de la vía para identificar los momentos precisos en los que debe ser intervenida para reacondicionar cada uno de los elementos que lo necesiten.

3.5.2. La autoinspección de los sistemas de durmientes debe realizarse a lo largo de toda la vía ferroviaria sin importar su clase de vía o uso (carga o pasajeros), o su importancia.

3.5.3. El concesionario por sí mismo, o a través de un tercero, deberá realizar una autoinspección de las vías que tenga a su cargo, las frecuencias dependerán de la manera en que se realicen y según la importancia de vía indicada en la Tabla 11. A continuación, se indican los principales defectos, los límites permisibles y los plazos de sustitución a cumplir en caso de sustitución de durmientes como resultados de estas autoinspecciones.

Tipo de servicio	Importancia de la vía ²	Frecuencia mínima de autoinspección de la vía ferroviaria		
		Inspección con vehículos de inspección continúa especializados	Recorridos de inspección a pie	Recorridos de inspección en la cabina del tren
Mixto y pasajeros.	Muy Alta.	6 meses.	Semanal.	Quincenal ³ .
Transporte de hidrocarburos y materiales peligrosos.				
Carga.	Alta.	6 meses.	Quincenal.	
	Media.	12 meses.	Mensual.	
	Baja.	18 meses.	Bimestral.	

Tabla 11 Frecuencias de autoinspección del sistema de durmientes en vía.

3.5.3.1. Cuando se realice la sustitución de durmientes para hacer reparaciones o rehabilitaciones de vía, no se deben mezclar durmientes de madera con durmientes de concreto de modo aleatorio. La sección final sustituida deberá ser de una longitud mayor o igual a 50 metros con durmientes de un mismo material. No se permitirán secciones menores a las anteriormente descritas intercaladas.

3.5.3.2. Se limitará la velocidad de paso de trenes a 20 km/h en tangente y curva cuando se realicen trabajos de sustitución de durmientes donde se tenga un máximo de 3 durmientes consecutivos sin fijar al riel para vías en tangente y de 2 durmientes consecutivos sin fijar al riel para tramos en curva. En caso de que el tramo de vía que esté sujeto a acciones de sustitución de durmientes supere los 50 m, no se permitirá el paso de trenes hasta que los nuevos durmientes se hayan colocado y fijado al riel.

3.5.3.3. Queda prohibido la colocación de durmientes en tramos de vía que no cuenten con una correcta conformación de terraplén, subyacente, subbalasto y balasto según lo especifique la NOM-003-ARTF-2019 o la vigente que la sustituya.

3.5.3.4. No se permite el remplazo de más de 3 durmientes consecutivos o durmientes de cambio en una sola operación. Cuando la temperatura exceda los 30 °C no se permite el remplazo de más de 2 durmientes consecutivos o durmientes de cambio sin que el riel haya sido relevado de esfuerzos.

² Con actualización anual. Importancia Alta se refiere a un transporte mayor a 6 millones de toneladas anuales. Importancia Media se refiere a un transporte entre 6 millones de toneladas anuales y 1 millón de toneladas anuales. Importancia Baja se refiere a un transporte menor a 1 millón de toneladas anuales.

³ Además deben realizarse reportes de los conductores de tren cada vez que se identifique una anomalía en la infraestructura durante la operación ferroviaria.

3.5.3.5. La Tabla 12 muestra diversos defectos, límites permisibles y acciones a realizar en los sistemas de durmientes instalados en vía.

Defecto a revisar⁴	Límite permisible.	Acciones	Plazo de sustitución	Observaciones
1. Despostillado en el concreto sin acero aparente.	Se puede conservar el durmiente en la vía realizando acciones correctivas.	Reparar el concreto con mortero o resina de reparación.	Ver Tabla 13.	
2. Despostillado de concreto con rejilla de refuerzo aparente, pero sin acero de refuerzo aparente.	Se puede conservar el durmiente en la vía realizando acciones correctivas. Si alguna medida del defecto (largo, ancho o alto) es mayor a 5 cm el durmiente se debe sustituir.	Reparar el concreto con mortero o resina de reparación después de proteger los aceros de la rejilla de refuerzo contra la corrosión. Sustitución del elemento si alguna medida de defecto es mayor a 5 cm.		
3. Despostillado de concreto con acero de refuerzo corroído o aparente.	No se acepta este defecto.	Sustitución del durmiente por uno nuevo.		
4. Deterioro por pérdida de agregados en el de concreto en la cara inferior.	No se acepta este defecto.	Sustitución del durmiente por uno nuevo.		Deterioro importante en la cara inferior que cause un apoyo defectuoso en el balasto, susceptible de descubrir las varillas y llegar a la fisuración.
5. Deterioro del asiento del riel.	El asiento del riel aún proporciona un apoyo correcto del riel.	Si al asiento de riel no proporciona un apoyo correcto del riel debe ser sustituido por uno nuevo. Si esto no ocurre se debe sustituir la almohadilla o placa de asiento desgastada para limitar el deterioro.		Generado por defectos en la superficie del riel, combinados con una almohadilla de hule o placa de asiento desgastada que ya no amortigua lo suficiente por la disminución de su espesor.
6. Presencia de fisuras o agrietamientos en el concreto.	Grado 1: Toda de fisura cuyo espesor no sea mayor a 0.5 mm.	Sustitución del durmiente por uno nuevo (Cuando aplique) o cuando se observe un posible desgajamiento rápido del concreto.	1. En un plazo máximo de 1 año. Cuando 5 durmientes consecutivos que presenten el daño de grado 1. 2. De manera inmediata, en un plazo máximo de 120 horas en durmientes con daño grado 2 y 3. 3. En un plazo máximo de 1 año, en más de 4 durmientes con daño grado 1 sin importar su espaciamiento entre sí, por cada tramo de vía de 20 metros 4. De manera inmediata, en un plazo máximo de 120 horas, si se identifican rieles contiguos con daño grado 2 y 3.	Fisuraciones longitudinales que parten de la cara superior del durmiente para ir avanzando por toda la longitud hasta extenderse a otras caras del durmiente conduciendo al deterioro del concreto.
	Grado 2: Toda fisura cuyo espesor se encuentre entre los 0.5 mm y los 2 mm.			
	Grado 3: Toda fisura longitudinal y transversal en la base del durmiente cuyo espesor supere los 2mm.			
7. Fisuras horizontales en la base del durmiente.	No se acepta este defecto.	Sustitución del durmiente por uno nuevo.		El origen de este defecto se debe principalmente a una instalación incorrecta de tirafondos demasiado largos en los insertos de anclaje.
8. Fisuras transversales.	No se acepta el defecto.	Sustitución del durmiente por uno nuevo.		Son fisuras que se presentan perpendiculares al eje longitudinal del durmiente y son típicas en aquellos elementos donde los esfuerzos de flexión han sido superiores a la capacidad portante del mismo, probablemente por una deficiencia en la compactación del balasto en los tercios extremos del durmiente.

⁴ En el Apéndice D: Defectos durante la inspección de sistema de durmientes en vía, se ilustran los defectos que pueden encontrarse en los durmientes de concreto.

9. Daños al soporte del sistema de fijación en el asiento del riel.	Apoyo lateral de la fijación sobre el asiento del riel mayor o menor al 50% del tamaño de la fijación.	Si hay un apoyo lateral mayor al 50% el durmiente puede conservarse.	Ver Tabla 14.	Puede haber uno o varios despostillados de concreto. Sin fisuras visibles y apoyo lateral del sistema de fijación dañado.
		Si hay un apoyo lateral menor al 50% o si la fijación ya no cumple con su papel de sostén del riel, el durmiente debe ser sustituido.		
10. Inserto de anclaje aislante dañado.	No se acepta al no permitir el sostén del riel.	Sustitución del durmiente por uno nuevo si se identifican más defectos.		Se refiere al deterioro del inserto de anclaje aislante hembra que no permite el apriete correcto del tirafondo.

Tabla 12 Defectos en sistemas de durmientes instalados en vía.

3.5.3.6. La Tabla 13 muestra los plazos de sustitución para defectos por despostilladuras y deterioros.

Tipo de defecto	Importancia de vía			
	Muy Alta	Alta	Media	Baja
	Plazo de sustitución			
Defecto 1 y 2.	Máximo 12 meses.	Máximo 16 meses.	Máximo 20 meses.	Máximo 24 meses.
Defecto 3 y 4.	72 horas si el defecto se presenta 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso 1 mes.	72 horas si el defecto se presenta 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso 2 meses.	72 horas si el defecto se presenta 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso 3 meses.	72 horas si el defecto se presenta 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso 4 meses.
Defecto 5	120 horas con restricción de velocidad a 20 km/h al tener el defecto presente más de 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso máximo 3 meses.	120 horas con restricción de velocidad a 20 km/h al tener el defecto presente más de 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso máximo 5 meses.	120 horas con restricción de velocidad a 20 km/h al tener el defecto presente más de 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso máximo 8 meses.	120 horas con restricción de velocidad a 20 km/h al tener el defecto presente más de 1 vez en 5 durmientes consecutivos. En otro caso máximo 10 meses.

Tabla 13 Plazos de sustitución máximo en despostilladuras y deterioros.

3.5.3.7. En caso de los defectos 3 y 4 presentes en 5 durmientes consecutivos para vías de alta importancia, la vía deberá permanecer cerrada y no se permitirá circulación de trenes hasta completar el reemplazo de los mismos.

3.5.3.8. El grado de deterioro por fisuras en los durmientes de concreto que se deben evaluar durante las actividades de inspección será considerado de acuerdo con el siguiente criterio:

- I. Daño grado 1: Se refiere a toda fisura cuyo espesor no sea mayor a 0.5 mm.
- II. Daño grado 2: Se refiere a toda fisura cuyo espesor se encuentre entre los 0.5 mm y los 2 mm.
- III. Daño grado 3: Se refiere a toda fisura cuyo espesor supere los 2 mm. Se consideran fisuras de daño grado 3 a las fisuras transversales y horizontales en la base del durmiente.

3.5.3.9. Acciones a realizar por fisuras en durmientes de concreto.

- a) Los durmientes con daño grado 1 deben remplazarse uno a uno por cada 5 durmientes consecutivos que presenten dicho daño hasta completar la sustitución de todos ellos y así reducir los efectos de consolidación en el balasto y cambios en la geometría de vía en un plazo máximo de 1 año sin importar la importancia de vía.
- b) Todo durmiente con fisuras de daño grado 2 y 3 debe ser reemplazado de manera inmediata en un plazo máximo de 120 horas sin importar la importancia de vía.
- c) No se permiten más de 4 durmientes con grado daño 1 sin importar su espaciamiento entre sí, por cada tramo de vía de 20 metros, el plazo de sustitución será el mismo del subinciso 3.5.3.9 a).

- d) Al identificarse una serie de durmientes contiguos con daño grado 2 y 3, se limitará la velocidad del tramo a 20 km/h, el tramo deberá ser reparado sustituyendo los durmientes afectados, estabilizando la vía y la capa de balasto y rectificando la geometría del tramo. No se permite eliminar esta restricción de velocidad si no se atienden adecuadamente las afectaciones, con el plazo indicado en el subinciso 3.5.3.9 c).
- e) Durante la inspección se revisará el estado de las fijaciones y su correcta interacción como parte del sistema riel-durmiente, los defectos que no se permitirán se ilustran en la Tabla 14.

Defectos	Límite permisible	Plazo de sustitución
1. Anclajes (pernos, clavijas o tirafondos rotos o faltantes).	a) Se admite que 1 de cada 5 fijaciones por cada 5 durmientes como máximo no sean funcionales.	En máximo 12 meses.
2. Inserto del tirafondo roto.		
3. Clip ausente o roto.	b) Se admiten tener hasta 2 fijaciones con algún defecto en un mismo lado de 5 durmientes consecutivos, pero se debe reparar la zona con la sustitución de las fijaciones deterioradas.	En 72 horas luego de su identificación.
4. Tope de clips, aislador, hombros otro accesorio de la fijación ausente o roto.		
5. Grapas ineficaces que no aseguren el tope lateral del riel.	c) No se admiten tener 3 o más fijaciones con defectos en las mismas condiciones que la condición anterior 2.	De manera inmediata hasta la reparación del daño.
6. Placa de asiento desgastada, rota o ausente.		

Tabla 14. Defectos, límites permisibles y plazos de reparación en fijaciones.

3.5.3.10. Acciones a realizar por defectos en las fijaciones.

- a) Se admite que 1 de cada 5 fijaciones por cada 5 durmientes como máximo no sean funcionales, pero deberán repararse en un plazo de hasta 12 meses.
- b) Si se tienen 2 fijaciones con algún defecto en un mismo lado de 5 durmientes consecutivos se debe reparar la zona con la sustitución de las fijaciones deterioradas en un plazo de 72 horas luego de su identificación.
- c) Si se tienen 3 o más fijaciones con defectos en las mismas condiciones que el subinciso 3.5.3.10 b) se debe interrumpir la circulación del tramo de manera inmediata hasta la reparación de éste.
- d) Los plazos de sustitución son independientes de la importancia de la vía.

3.5.3.11. Los durmientes cuyos defectos se encuentren dentro de los límites permisibles deberán marcarse de color amarillo después de haber sido sujetos a las acciones de reparación correspondientes para su identificación y seguimiento.

3.5.4. El concesionario debe llevar un registro (bitácora de autoinspección), de cada una de las autoinspecciones que realice y sus resultados; el cual debe contener de manera enunciativa mas no limitativa la localización del tramo inspeccionado con datos GPS en el formato indicado en Apéndice E: Formato de registro georreferenciado., el registro de los elementos con defecto, los defectos encontrados en ellos, su localización dentro del tramo y otras observaciones relevantes. Deberá resguardarlo por un período mínimo de 3 años. Cada año deberá reportar a la Agencia su bitácora como parte del Reporte Anual llamado "Sistema Nacional de Indicadores Ferroviarios".

3.5.5. La AGENCIA podrá solicitar al Concesionario para que éste realice mediciones adicionales en los puntos con el mayor número de defectos reportados en su bitácora de autoinspección como resultado de la revisión e interpretación por la AGENCIA. Lo anterior con equipo e instrumentación electrónica, sónica, ultrasónica, ecográfica o de tecnología similar, con la finalidad de llevar a cabo ensayos no destructivos sobre los durmientes y sus fijaciones, para la determinación de alguna de sus características físicas o mecánicas, haciendo mención sin limitación, la magnitud de las cargas laterales, longitudinales, momento flexionante y esfuerzos normales combinados.

3.5.6. El empleo de tecnología descrita en 3.5.5 o similar, será sometido, según corresponda, a la aprobación de la AGENCIA por la Entidad de Acreditación, sometido a la Entidad de Acreditación por parte del Organismo de Evaluación de la Conformidad, y sometido al Organismo de Evaluación de la conformidad por el concesionario o Asignatario cuando desee realizar estos trabajos.

3.5.7. El empleo de tecnología descrita en 3.5.5 o similar, deberá tener un documento que avale la Calibración con trazabilidad a los patrones en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

3.5.8. El procedimiento para realizar las mediciones descritas en 3.5.6 y 3.5.7 serán las siguientes:

- I. La frecuencia con la que se deberá realizar las mediciones será de 1 año para vías con servicio de carga de más de 6 millones de toneladas por año, de 2 años para vías con servicio de carga entre de 1 millón y menos de 6 millones de toneladas por año, y de tres años para vías con niveles de servicio de carga inferiores a un 1 millón de toneladas por año.
- II. Se selecciona un tramo en una distancia de 200 m, y cada tramo se divide en puntos de inspección en subtramos de 50 m, de acuerdo con los puntos con mayores deterioros reportados por el concesionario.

3.5.8.1. El porcentaje de la red operada por el concesionario deberá ser auto inspeccionada de acuerdo con la importancia de vía como se muestra en la Tabla 15.

Tipo de servicio	Importancia de la vía	Porcentaje de la red operada por el concesionario que deberá ser inspeccionada
Mixto y pasajeros.	Muy Alta.	5 %
Transporte de hidrocarburos y materiales peligrosos.		
Carga.	Alta.	5 %
	Media.	2 %
	Baja.	1 %

Tabla 15. Proporción de la red del sujeto obligado que deberá ser inspeccionada según la importancia de la vía.

4. Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC)

4.1. Disposiciones Generales.

4.1.1. El Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC) de la NOM-EM-001-ARTF-2022 (Norma) se llevará a cabo por:

- a) La AGENCIA.
- b) O por el Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC) acreditado por una Entidad de Acreditación y aprobado por la AGENCIA para operar como: Unidad de Inspección o Laboratorio en lo que le competa según este PEC.

4.1.2. Las Evaluaciones de Conformidad que deben ser realizadas para demostrar el cumplimiento de esta Norma son obligatorias, y son las mostradas en la Tabla 16 donde se indica, además, el sujeto obligado.

Tipo de Conformidad	Obligado a obtenerla	Etapas	Frecuencia	Apartado a cumplir	Tipo de OEC
A	Diseñador.	Diseño.	Una por cada diseño. Con vigencia hasta el cambio y/o modificación al diseño original.	4.2	Laboratorio/ Unidad de Inspección.
B	Fabricante.	Fabricación.	1 año.	4.3	
C	Constructor.	Colocación en vía.	Cada 80 lotes	4.4	Unidad de inspección.
D	Concesionario.		Por cada obra-contrato-constructor.	4.5	
E	Concesionario.	Durante la vida útil del proyecto.	De acuerdo con la importancia de vía establecida en la Tabla 17.	4.6	

Tabla 16 Características generales de las evaluaciones de Conformidad.

4.1.3. Para efectos de este PEC, los sujetos obligados serán los indicados en la Tabla 16. El diseñador se refiere a la empresa encargada de realizar el diseño de los modelos de durmientes, la cual, puede ser la misma que fabrique los durmientes, cuando ésta realice las actividades de diseño. El Fabricante se refiere a la empresa que fabrica los durmientes de concreto. El constructor se refiere a las empresas constructoras o contratistas que instalarán físicamente los durmientes de concreto en vía. El Concesionario, se refiere a cualquier persona física o moral que tiene la concesión para construir, operar y explotar vías férreas. Para los efectos de este PEC, Concesionario también se refiere a los asignatarios, a los que hace mención el artículo 10 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

4.1.4. Los gastos que se originen por concepto de Evaluación de la Conformidad serán a cargo de los sujetos obligados previamente indicados.

4.1.5. Cualquier queja o irregularidad durante el Proceso de Evaluación de la Conformidad realizada por un OEC, se deberá remitir a la AGENCIA y a la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía para su atención.

4.1.6. Para efectos de este PEC se entenderá como "Conformidad" al cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia; se entenderá como "No Conformidad" al acto de incumplimiento con la misma, lo anterior en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

4.1.7. Los resultados obtenidos de las evaluaciones de cada una de las etapas realizada por el OEC deben ser remitidas en un tiempo máximo de 30 días hábiles o en los periodos establecidos en cada etapa. En caso de presentar una "No conformidad" estos plazos serán los establecidos como se indica en cada etapa de evaluación correspondiente.

4.1.8. Las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia que se aplican a los durmientes de vía también aplican para los durmientes de cambio. Las especificaciones correspondientes a durmientes de concreto pretensados, no son aplicables a los durmientes de concreto postensado y viceversa.

4.2. Conformidad tipo A.

4.2.1. Se obtiene durante la etapa de Diseño del modelo del durmiente de concreto. Esta conformidad será solicitada y obtenida por el sujeto obligado referido en este PEC, previo al inicio de fabricación y disposición de los durmientes de concreto. Su vigencia una vez emitida la "Conformidad" por parte de la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA se mantendrá siempre y cuando no se realice algún cambio y/o modificación al diseño original.

4.2.2. Para poder solicitar una evaluación de la conformidad, el sujeto obligado deberá entregar a La AGENCIA o a la Unidad de Inspección (OEC):

- a) Memoria descriptiva del modelo del durmiente a emplear, en base a lo descrito en el subinciso 3.1.2.
- b) El registro de las pruebas de calidad del Laboratorio, que indiquen haber aprobado todas las pruebas de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8.
- c) Copia de las acreditaciones vigentes del Laboratorio, emitidas por una Entidad de Acreditación de acuerdo con los requisitos de la Tabla 20.

4.2.3. El sujeto obligado debe fabricar la cantidad de durmientes requerida en el subinciso 3.4.1 de acuerdo con el diseño propuesto.

4.2.4. Los durmientes se someterán a los ensayos y evaluaciones descritas en el numeral 3.4.1.

4.2.5. El sujeto obligado debe fabricar dos (2) durmientes (D1 y D2) de acuerdo con el diseño propuesto y realizará un reporte de seguimiento que contendrá como mínimo, reporte fotográfico, informe de calidad de los materiales y procedimientos del proceso de fabricación de los durmientes a evaluar que constate la correcta construcción de los mismos de acuerdo con la memoria de cálculo del diseño; y debe remitir una copia de este reporte al Laboratorio (del OEC), el cual podrá proceder a realizar el proceso de muestreo previamente indicado y entregar el informe con los resultados a la Unidad de Inspección (OEC) que determinará como favorable o no favorable esta evaluación.

4.2.6. Una vez emitida la "Conformidad", y en caso de que el modelo original de durmientes de concreto, por la razón que sea, implique ser sujeto a modificaciones y/o cambios sobre el mismo, se deberá obtener una nueva aprobación del modelo nuevo o modelo con ajuste.

4.2.7. En caso de que se emita una "No Conformidad" por parte de la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA, el sujeto obligado debe esperar como mínimo un período de veintiocho días naturales para la nueva solicitud, misma que debe ser evaluada por la AGENCIA.

4.3. Conformidad tipo B.

4.3.1. Se obtiene durante la etapa de fabricación del modelo del durmiente de concreto. La vigencia de esta conformidad será de un (1) año a partir de la fecha de emisión de la conformidad como favorable por parte de la unidad de inspección (OEC) o la AGENCIA.

4.3.2. Para poder solicitar una evaluación de la conformidad, el sujeto obligado deberá entregar a la AGENCIA o a la Unidad de Inspección (OEC):

- a) Copia de la documentación que avale la "Conformidad" tipo A vigente de diseño que se está fabricando y del que pretende obtener la "Conformidad" B.
- b) Los documentos que demuestren y garanticen la calidad de los materiales suministrados que fueron empleados en la fabricación de los durmientes de concreto de acuerdo con lo indicado en 3.2.3 y 3.2.4 del último mes de producción.
- c) Bitácora(s) de resultados de laboratorio de los ensayos realizados a los modelos de durmientes de los cuales se desea obtener la "Conformidad" B de acuerdo con 3.4.2 del último mes de producción.
- d) Informe de inspección con resultados aprobatorios por parte de la AGENCIA o la Unidad de Inspección (OEC).

4.3.3. Para el inicio de la producción de durmientes, el sujeto obligado deberá contar con copia de la conformidad tipo A vigente, que avale la aprobación del modelo.

4.3.4. El sujeto obligado deberá ensayar los durmientes con un Laboratorio que cumpla lo indicado en 4.9 e integrar las bitácoras de resultados de laboratorio según lo indicado en 3.4.2; también se deberá anexar la bitácora de moldes indicada en el mismo inciso, las cuales contendrán todos los informes de resultados o reportes aprobados de los ensayos de control. Cada bitácora se conformará con un registro máximo de 80 lotes y se deberán entregar tantas bitácoras como se hayan producido durante el mes. Cada bitácora deberá incluir una tabla que resuma las calidades y resultados de los lotes que la integran.

4.3.5. La visita de inspección se realizará por la AGENCIA o por la Unidad de Inspección (OEC) al sujeto obligado, designando por escrito a un representante de cada parte. En las visitas se testificará la realización y aprobación de todas las pruebas a las que se refiere el subinciso 3.4.2. La Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA seleccionará el número de muestra al azar bajo lo indicado en el subinciso 3.4.2.1. Además de lo anterior, también se asegurará que se cumplan en su totalidad las disposiciones del inciso 3.2. Al finalizar elaborará el informe de la inspección con conclusiones de estos trabajos, el cual, deberá incluir rúbrica de ambas partes, independientemente de los resultados, para remitir copia al sujeto obligado y a la AGENCIA (en caso de que la inspección sea realizada por un OEC). Si al finalizar la inspección se cumplen las disposiciones que hace referencia este inciso, se determina la "Conformidad".

4.3.5.1. Una vez emitida la "Conformidad" por la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA, se debe realizar al menos una (1) visita adicional de inspección de seguimiento durante el periodo de vigencia de la conformidad, ésta será física y documental.

4.3.6. En el caso que la AGENCIA o la Unidad de Inspección (OEC) determinen que no se cumplen con los requerimientos solicitados en la inspección, se notificarán los hallazgos detectados y se emitirá una "No Conformidad" de la inspección que conllevará a la cancelación de la "Conformidad" previamente obtenida, en su caso.

4.3.7. Además de lo descrito en 4.3.5 durante la vigencia de la conformidad, todos los lotes producidos deberán integrarse en las bitácoras bajo los requerimientos solicitados en 4.3.4. Se deberá llevar el control de los documentos que garanticen la calidad de los materiales suministrados que serán empleados en la fabricación de los durmientes bajo lo indicado en 4.3.2 b). Si la producción no cuenta con las bitácoras indicadas, la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA podrán emitir una "No Conformidad" de la inspección que conllevará a la cancelación de la "Conformidad" previamente obtenida.

4.3.8. En caso de que se emita una "No Conformidad" por parte de la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA, no se podrán distribuir, comercializar o instalar los durmientes que forman parte del lote no conforme. Se brindará al sujeto obligado las recomendaciones necesarias para dar cumplimiento a los requerimientos para nuevos lotes de fabricación.

4.3.9. Para producciones cuyo número de durmientes no alcancen el valor de un (1) lote, el sujeto obligado tendrá que realizar todos los ensayos solicitados para asegurar la calidad de los durmientes.

4.4. Conformidad tipo C.

4.4.1. Se obtiene durante la etapa de colocación de durmientes de concreto. Esta conformidad será solicitada y obtenida por el sujeto obligado. Se deberá obtener para cada tramo de obra continuo y en el que se empleen hasta 80 lotes de durmientes.

4.4.2. Para poder solicitar una evaluación de la conformidad de cada tramo de obra, el sujeto obligado deberá entregar a la AGENCIA o a la Unidad de Inspección (OEC) lo siguiente:

- a) Documento que acredite la autorización de realizar los trabajos al que hace mención el inciso 4.3.3;
- b) Copia de la documentación que avale la "Conformidad" B de los lotes a instalar.
- c) Bitácoras de instalación de cada lote instalado con un registro máximo de 80 lotes por bitácora.
- d) Documento que demuestre no haber presentado irregularidades durante la inspección realizada por la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA.

4.4.3. Previo al inicio de los trabajos, el sujeto obligado deberá demostrar mediante la documentación correspondiente, que cuenta con el permiso para realizar los trabajos que se refieren en el Art. 15, fracción V de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

4.4.4. Además del permiso descrito en el subinciso anterior, deberá presentar copia de la "Conformidad" B, de los lotes que vaya a instalar en sitio, relacionándolos con el punto de la obra donde se planea instalarlos.

4.4.5. La bitácora de instalación consiste en un control de los lotes de durmientes instalados en la vía. Los registros deberán contar como mínimo, con la información de los parámetros de instalación empleados de acuerdo con los subincisos 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5 y 3.3.6. Además, deberá referenciar geográficamente el lote de durmientes de acuerdo con el Apéndice E: Formato de registro georreferenciado.

4.4.6. La Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA deberá realizar la inspección de la colocación de los durmientes en puntos específicos en conjunto con el Sujeto Obligado al menos una vez por cada obra donde se usen hasta 80 lotes de durmientes en un solo tramo, para obras nuevas o de reconstrucción.

4.4.7. El número de puntos específicos donde se realizará la inspección del tramo u obra del cual el sujeto obligado debe obtener la conformidad, dependerá de la cantidad de kilómetros de dicho tramo que no podrá exceder los 200 km. El número de inspecciones se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N Z_a^2 p q}{e^2 (N - 1) + Z_a^2 p q}$$

En donde:

n = número de puntos de inspección;

N = total de kilómetros a inspeccionar (< 200 km);

Z_a = parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC), equivalente a 1.96;

e = error de estimación máximo esperado;

p = probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito); y

q = (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

4.4.8. Se debe considerar un error estadístico aceptable (e) del 5% y un nivel de confianza (NC) del 95%. Para el primer año, los valores serán de p=0.5, q=0.5. Estos valores son de referencia, y podrán ser sujetos a modificación si la AGENCIA así lo determina.

4.4.9. La distribución de los puntos de inspección resultante serán los propuestos aleatoriamente por parte de la Unidad de Inspección (OEC) o la AGENCIA.

4.4.10. Para cada punto de inspección seleccionado, se inspeccionarán 50 durmientes continuos, 25 a la derecha y 25 a la izquierda del punto seleccionado de acuerdo con lo señalado en el subinciso 3.3. Para cada durmiente se deberá verificar el cumplimiento de los numerales 3.2.8.8, 3.3 y otros verificables en campo.

4.4.11. Se deberá llenar el formato de inspección del Apéndice F: Formato de registro de calificaciones a durmientes en la vía ferroviaria. Éste se obtendrá una calificación para el punto de inspección. La tolerancia máxima permisible de defectos será del 10%.

4.4.12. En caso de rebasar los límites permisibles, se dictaminará una "No conformidad". El OEC deberá informar a la AGENCIA en un plazo de 3 días hábiles estos resultados especificando la ubicación geográfica y remitiéndole copia de todo el expediente de la evaluación (de manera física y digital en un dispositivo USB). La AGENCIA ordenará el retiro y/o remplazo de los durmientes que considere necesarios.

4.5. Conformidad tipo D.

4.5.1. Toda obra en la que se hayan empleado durmientes de concreto deberá contar con una "Conformidad" tipo D, para lo cual el sujeto obligado entregará a la AGENCIA o a la Unidad de Inspección (OEC) por cada obra-contrato-constructor, a más tardar un año después de iniciada la obra (para obras mayores a un año), o cuando ésta finalice (para obras menores a un año), el Informe que dé cuenta de que realizó la supervisión de los trabajos de colocación de durmientes y que cumplen con lo establecido en 3.3 para su integración en las estadísticas de mantenimiento y estado físico de la vía. El informe debe contener la longitud del tramo supervisado, la georreferenciación del mismo, el modelo de durmientes empleado, la descripción de la integración a la vía de los mismos y las conclusiones generales de los trabajos supervisados. Este informe debe estar firmado por el representante legal del sujeto obligado.

4.5.2. Además de lo anteriormente descrito, incluirá copia de la "Conformidades" A, B y C necesarias correspondientes a los durmientes instalados en la obra-contrato para la cual se debe obtener la conformidad con la debida trazabilidad del tramo supervisado.

4.6. Conformidad tipo E.

4.6.1. Se obtiene durante la etapa de vida útil de la vía general de comunicación, será solicitada y obtenida por el sujeto obligado para todos los tramos que conformen su concesión o asignación con la frecuencia dependiendo de la importancia de vía de acuerdo con la Tabla 17.

Tipo de servicio	Millones de Toneladas por año	Importancia de la vía	Frecuencia obligatoria de obtención
Mixto y pasajeros.	No aplica.	Muy Alta.	1 año.
Transporte de hidrocarburos y materiales peligrosos.	Independiente del volumen de carga.		
Carga.	Mayor a 6.	Alta.	3 años.
	Entre 1 y 6.	Media.	
	Menor a 1.	Baja.	

Tabla 17 Vigencia de conformidad E por importancia de vía.

4.6.2. Para poder solicitar una evaluación de la conformidad, el sujeto obligado deberá entregar a la AGENCIA o a la Unidad de Inspección (OEC), un expediente por cada uno de los tramos para los que se debe obtener la "Conformidad" y que debe contener:

- a) Plan de autoinspección de durmientes de concreto.
- b) Bitácora de autoinspección de acuerdo con el plan de inspección del tramo de vía.
- c) Bitácora de la visita de inspección del tramo ferroviario (exclusiva de esta etapa).
- d) En caso de requerir sustitución de durmientes, la trazabilidad de los durmientes a instalar que constaran de la documentación correspondiente que avale las "Conformidades" A, B, C.

4.6.3. El plan de autoinspección y la bitácora de autoinspección deben ser realizadas correspondientes a los tramos de las vías generales de comunicación a obtener la conformidad y acorde con las frecuencias mínimas señaladas en el subinciso 3.5.3.

4.6.4. El OEC (Unidad de inspección) o la AGENCIA, según sea el caso, revisará la bitácora de autoinspección y elegirá ubicaciones de vía ferroviaria donde considere conveniente realizar una visita de inspección, la cual debe corroborar que no existan defectos en los durmientes de acuerdo con lo señalado en el subinciso 3.5 y lo presentado previamente por el sujeto obligado: el registro de los elementos con defecto, los defectos encontrados en ellos, su localización dentro del tramo y otras observaciones relevantes. El sujeto obligado deberá resguardar dicha bitácora por un periodo mínimo de 3 años. Cada año deberá entregar a la Agencia copia de su bitácora como parte del Reporte Anual llamado "Sistema Nacional de Indicadores Ferroviarios".

4.6.5. El número puntos de inspección que contendrá dicha visita de inspección se determinará de acuerdo con el subinciso 4.4.7 y 4.4.8. La distribución de los puntos se realizará de acuerdo con el subinciso 4.4.9. El mecanismo de inspección se realizará de acuerdo con el subinciso 4.4.10. El formato de presentación se realizará de acuerdo con el subinciso 4.4.11.

4.6.6. La Unidad de Inspección (OEC), o la AGENCIA, realizará un informe de la visita de inspección donde se registrarán los resultados y las conclusiones de la inspección, el número de identificación asignado de los durmientes, kilometrajes en que se encuentran los defectos, los detalles o deficiencias encontrados en su caso, y la ubicación geográfica referenciada de acuerdo con el Apéndice E: Formato de registro georreferenciado. Se pueden marcar los durmientes con pintura o aerosol en la parte central para facilitar su identificación. En el informe de la visita de inspección se registrarán las ubicaciones y el número de durmientes que requieren remplazo, lo que conduce a emitir una "No Conformidad".

4.6.7. El sujeto obligado deberá realizar los trabajos de remplazo de durmientes, los cuales se considerarán como trabajos de construcción, por lo que deberán cumplir con lo establecido en este Procedimiento de Evaluación de la Conformidad.

4.6.8. El sujeto obligado puede optar por obtener una conformidad E utilizando inspecciones mediante equipo con tecnología como lo indica el subinciso 3.5.5. En este caso el concesionario deberá entregar de manera adicional a la AGENCIA o la Unidad de Inspección (OEC) un informe que contendrá como mínimo lo siguiente:

- a) Documentación que avale la calibración metrológica del equipo de medición.
- b) La aprobación del equipo de medición por parte de la Agencia.
- c) Ubicación geográfica GPS de los tramos muestreados o sometidos a esta prueba presentando la información según se encuentra establecido en el Apéndice E: Formato de registro georreferenciado, o en su caso, constancia de entrega a la Agencia de dicha información.
- d) Los resultados de las inspecciones y pruebas realizadas.

4.6.9. Una vez recibida la solicitud para la obtención de la conformidad de esta etapa, la AGENCIA o la Unidad de Inspección (OEC), evaluará y emitirá alguna de las recomendaciones siguientes:

- a) Aprobar la conformidad E de las inspecciones con representatividad para todo el tramo analizado con vigencia similar al período de frecuencia de realización de las pruebas establecido en el subinciso 4.6.1.
- b) Repetir la prueba.
- c) No aprobar la conformidad E y solicitar al sujeto obligado realizar lo establecido desde el subinciso 4.6.1 al 4.6.7.

4.7. Requisitos que debe cumplir la Entidad de Acreditación y el OEC.

4.7.1. El OEC debe cumplir con los requisitos generales solicitados en la Tabla 18 y los particulares establecidos en la Tabla 19 para poder participar en la Evaluación de la Conformidad.

Sujeto obligado	Requisitos generales de cumplimiento	
	Artículo / disposición	Ordenamiento
Entidad de Acreditación.	Artículos 43 al 48.	Ley de Infraestructura de la Calidad.
	Artículos 49 al 52.	
Organismo de Evaluación de la Conformidad.	Artículos 43 al 48.	
	Artículos 53 al 61.	
	Todas las disposiciones.	Para Unidades de Inspección: Norma Mexicana NMX-EC-17020-IMNC-2014 o la vigente que la sustituya. Para los Laboratorios: Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2018 o la vigente que la sustituya.

Tabla 18. Requisitos generales que debe cumplir el OEC.

4.7.2. Las unidades de inspección que realicen procedimientos de Evaluación de la Conformidad deben ser Tipo A o Tipo B de acuerdo con la Norma NMX-EC-17020-IMCN “Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de unidades (organismos) que realizan la verificación (inspección)” o la vigente que la sustituya.

Sujeto obligado	Requisito	Documento probatorio
Entidad de Acreditación.	Contar con expertos técnicos calificados en su padrón de evaluadores y expertos técnicos que demuestren tener conocimiento de al menos 5 años en el sector ferroviario, para la Unidad de Inspección, para el caso de Laboratorios tener conocimiento en los estándares (pruebas) indicados en esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia.	Presentar el listado de evaluadores y expertos técnicos calificados en el padrón incluyendo su currículum vitae y el soporte de su competencia.
	Personal con capacitación en la aplicación de la Ley de Infraestructura de la Calidad o la vigente.	Evidencia de la capacitación de la LIC.
	Personal con Capacitación en la Norma Mexicana NMX-EC-17020-IMNC-2014 o la vigente que la sustituya.	Evidencia de la operación como organismo de acreditación de acuerdo con la norma ISO-IEC17011.
Organismo de Evaluación de la Conformidad.	Personal con experiencia en materia ferroviaria de al menos 3 años.	Constancia Seguridad Social o cartas de recomendación.
	Acreditaciones por una entidad de acreditación aprobada por la AGENCIA, en las siguientes normas vigentes o las que las sustituyan. Para Unidades de Inspección: NMX-EC-17020-IMNC-2014. Para Laboratorios: NMX-EC-17025-IMNC-2018.	Documento de acreditación
	Personal con capacitación en las siguientes materias: A) Sistema ferroviario mexicano; B) NOM-003-ARTF-2019 o la versión vigente; C) NOM-001-ARTF-2019 o la versión vigente.	Constancia de término del curso aprobado por la AGENCIA para cada materia.
	Personal capacitado en cada una de las pruebas establecidas en la Tabla 20.	Constancia de término del curso aprobado por la AGENCIA para cada prueba o brindado por una Entidad de Acreditación u otro OEC.

Tabla 19. Requisitos particulares que debe cumplir el OEC.

4.8. Requisitos administrativos que deben cumplir el OEC.

4.8.1. Cumplir con los siguientes criterios:

4.8.1.1. Deben ser independientes de las partes involucradas.

4.8.1.2. Ser responsables para efectuar las inspecciones y verificaciones; no debe ser alguno de los sujetos obligados que se mencionan en la Tabla 1 ni ser su representante autorizado.

4.8.1.3. No deben involucrarse en cualquier actividad que puede crear conflicto con su independencia de juicio e integridad con relación a sus actividades de inspección.

4.8.1.4. Deben, en particular, no involucrarse directamente en la provisión, instalación, uso o mantenimiento de los elementos inspeccionados o de elementos similares de la competencia.

4.8.1.5. Estar constituidos legalmente.

4.8.1.6. Los procedimientos bajo los cuales operan deben administrarse de manera no discriminatoria.

4.8.2. Los Organismos de Evaluación de la Conformidad deberán presentar a la AGENCIA los requisitos que ésta determine además de los que le apliquen del inciso 4.7.

4.8.3. Una vez obtenida la acreditación por la entidad de acreditación, los Organismos de Evaluación de la Conformidad deberán presentar la solicitud de aprobación ante la AGENCIA, con fundamento la Ley de Infraestructura de la Calidad y su Reglamento, entre otras:

4.8.3.1. Las tarifas y precios que aplicará en la prestación de sus servicios, así como la metodología utilizada para determinarlos bajo un procedimiento transparente basado en costos.

4.8.3.2. La metodología que utilizará para llevar a cabo la Evaluación de la Conformidad acorde a Normas Oficiales Mexicanas, Estándares, Normas Internacionales, de Reglamentos Técnicos ahí referidos o de otras disposiciones legales. Cualquier cambio sustancial en esa metodología que difiera de las Normas señaladas, deberá ser presentado para su previa aprobación por parte de la Entidad de Acreditación que lo hubiera acreditado quien dará vista a la AGENCIA.

4.8.3.3. Su plan de negocios para los siguientes doce meses, con la justificación respectiva; incluyendo, entre otros, una estimación de los servicios de Evaluación de la Conformidad que llevará a cabo y de la infraestructura que utilizará para ello.

4.8.3.4. Todos los demás los requisitos y documentos que le exija la Entidad de Acreditación.

4.8.3.5. Todos los demás requisitos y documentos que le exija la AGENCIA.

4.8.4. Las Unidades de Inspección (OEC) estarán sujetas a lo establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad y a las disposiciones que emita la AGENCIA para su aprobación.

4.8.5. Adicional a lo descrito en el inciso 4.8 deberán ponerse en contacto con la Entidad de Acreditación para confirmar los requisitos y lineamientos a los que estén sujetos.

4.9. Requisitos que deben cumplir los laboratorios.

4.9.1. Los laboratorios que participen en cualquiera de los procesos de Evaluación de la Conformidad de este PEC deben contar con:

- a) Personal acreditado por una Entidad de Acreditación que avale la capacidad de ejecución y dominio de las pruebas de laboratorio que se enlistan en la Tabla 5 y el resto de las pruebas que se describen en este PEC.
- b) Equipos e instrumentos que se requieren para la ejecución de los ensayos deben estar calibrados con trazabilidad a los patrones en términos de la Ley de Infraestructura de la Calidad.
- c) Documentación que avale la acreditación emitida por una Entidad de Acreditación de las normas que se enlistan en la Tabla 5.

Norma mexicana de referencia	Título
NMX C-083-ONNCCE-2014.	Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
NMX C-109-ONNCCE-2013.	Industria de la construcción – Concreto – Cabeceo de especímenes cilíndricos.
NMX C-156-ONNCCE-2010.	Industria de la construcción – Concreto fresco – Determinación del revenimiento en el concreto fresco.
NMX C-159-ONNCCE-2016.	Industria de la construcción – Concreto – Elaboración y curado de especímenes de ensayo.
NMX C-161-ONNCCE-2013.	Industria de la construcción - Concreto fresco - muestreo.
NMX C-169-ONNCCE-2009.	Industria de la construcción – Concreto – Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.
NMX-C-030-ONNCCE-2004.	Muestreo de agregados.
NMX-C-073-ONNCCE-2004.	Masa Volumétrica (Método de prueba).
NMX-C-077-ONNCCE-2019.	Análisis Granulométrico (Método de prueba).
NMX-C-084-ONNCCE-2018.	Partículas más finas que la criba 0,075mm (N° 200) por medio de lavado (Método de prueba).
NMX-C-088-ONNCCE-2019.	Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
NMX-C-128-ONNCCE-2013.	Determinación del módulo elástico.
NMX-C-157-ONNCCE-2006.	Industria de la construcción – Concreto - Determinación del contenido de aire de concreto fresco por el método de presión.

NMX-C-162-ONNCCE-2014.	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
NMX-C-164-ONNCCE-2014.	Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado grueso.
NMX-C-165-ONNCCE-2014.	Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado fino.
NMX-C-166-ONNCCE-2018.	Contenido de agua por secado (Método de prueba).
NMX-C-170-ONNCCE-2019.	Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.
NMX-C-191-ONNCCE-2015.	Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro.
NMX-C-255-ONNCCE-2013.	Industria de la construcción - aditivos químicos para concreto - especificaciones y métodos de ensayo.
NMX-C-131-ONNCCE-2016.	Industria de la construcción-cementantes hidráulicos-determinación del análisis químico.
NMX-C-180-ONNCCE-2014.	Industria de la construcción - cementantes hidráulicos - determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras de mortero.
NMX-C-265-ONNCCE.	Industria de la construcción - agregados para concreto hidráulico - examen petrográfico - método de ensayo.
NMX-C-414-ONNCCE.	Industria de la construcción-cementantes hidráulicos -especificaciones y métodos de ensayo.

Tabla 20. Normas que deberán tener acreditadas los laboratorios para el PEC.

5. Verificación y vigilancia

5.1. La verificación y vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto por el presente PEC está a cargo de la Agencia Reguladora de Transporte Ferroviario (AGENCIA), conforme a sus respectivas atribuciones y bajo lo dispuesto en el Artículo 6 Bis, fracciones II, XIV, de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

5.2. La AGENCIA podrá realizar las visitas de seguimiento, y estas serán realizadas de acuerdo con lo establecido en los subincisos 4.3.5, 4.4.6 y 4.6.4.

5.3. La AGENCIA podrá retirar la aprobación y sancionar al organismo de evaluación de la conformidad y a la entidad de acreditación que emitió las acreditaciones a dichos organismos, cuando se detecten irregularidades bajo lo dispuesto en los Artículos 58 y 59 de la Ley de Infraestructura de la Calidad y demás disposiciones aplicables.

6. Sanción

6.1. El incumplimiento a las disposiciones contenidas en la presente Norma Oficial Mexicana de Emergencia será sancionado por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario conforme a lo establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad y demás ordenamientos que resulten aplicables, sin perjuicio de las que impongan otras autoridades en el ejercicio de sus atribuciones o de la responsabilidad civil o penal que resulte.

7. Referencias a estándares para su implementación

7.1. Esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia hace referencia a los estándares para su implementación:

- American Society for Testing and Materials. (s.f.). ASTM A53 Pipe Specifications. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). ASTM A588 Specification is the Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). ASTM A500 Structural pipe. ASTM.
- ANSI/AWS. (2018). AWS D1.4-Código de soldadura estructural-acero de refuerzo. Miami, Estados Unidos: ANSI/AWS.
- ARTF. (2019). NOM-003-ARTF-2019. SCT.

- ASTM. (1997). ASTM C666-97-Método de prueba estándar para la resistencia del concreto a la congelación y descongelación rápida. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2012). ASTM A722-2012-Especificación estándar para barras de acero de alta resistencia sin recubrimiento para concreto presforzado. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2016). ASTM A996-16-Especificación estándar para barras de acero corrugadas para rieles y ejes de acero para concreto reforzado. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2017). ASTM A184-17-Especificación estándar para placas de barras de acero deformadas soldadas para concreto reforzado. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). ASTM C1260-21-Método de prueba estándar para reactividad potencial álcali de áridos. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). ASTM C359-21-Método de prueba Estándar para medir el endurecimiento temprano del concreto hidráulico (Método del Mortero). Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- (s.f.). ASTM C778-17, "Especificación Estándar para arena Standard. "AWS D12.1, "Prácticas recomendados para la soldadura de acero de refuerzo, insertos metálicos y conexiones en la construcción de concreto reforzado" (reemplazada por AWS D1.4/D1.4M "Código de Sold.
- CANACERO. (2006). NMX-B-254-CANACERO-2006 INDUSTRIA SIDERURGICA-ACERO ESTRUCTURAL-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA. CANACERO.
- CANACERO. (2015). NMX-B-455-CANACERO-2015-Industria siderúrgica-armaduras electrosoldadas de sección triangular, de alambre de acero corrugado o liso para refuerzo a flexión de elementos estructurales de concreto-especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2018). NMX-B-292-CANACERO-2018-Industria siderúrgica-torón de siete alambres sin recubrimiento con relevado de esfuerzos para concreto presforzado-especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2019). NMX-B-293-CANACERO-2019-Industria siderúrgica-alambre de acero-sin recubrimiento con relevado de esfuerzos para usarse en concreto presforzado-especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2019). NMX-B-506-CANACERO-2019-Industria siderúrgica-varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto-especificaciones y métodos de prueba. Ciudad de México: CANACERO.
- IMNC. (2014). NMX-EC-17020-IMNC-2014. IMNC.
- INMC. (2018). NMX-EC-17025-INMC-2018. INMC.
- Ley de Infraestructura de la Calidad publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 2020. (s.f.).
- Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo de 1995 y sus reformas subsecuentes. (s.f.).
- NMX-C-148-ONNCCE, "Industria de la construcción-cementos y concretos hidráulicos-gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento-condiciones de diseño y operación. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF). (s.f.).
- NMX-Z-013-SCFI-2015, "Guía para la Estructuración y Redacción de Normas". Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), 18 de noviembre de 2015, así como su Aclaración correspondiente publicada el 16 de junio de 2016 en e. (s.f.).
- NMX-Z-021/1-SCFI-2015, "Adopción de normas internacionales". Declaratoria de vigencia publicada el 11 de enero de 2016 en el Diario Oficial de la Federación. (s.f.).
- ONNCCE. (2004). NMX-C-030-ONNCCE-2004 Muestreo de agregados. . Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2004). NMX-C-073-ONNCCE-2004 Masa Volumétrica (Método de prueba). . Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2006). NMX-C-157-ONNCCE-2006 Industria de la construcción-Concreto-Determinación del contenido de aire de concreto fresco por el método de presión. . Ciudad de México.

- ONNCCE. (2006). NMX-C-255-ONNCCE-2006-Industria de la construcción-concreto-determinación del número de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2009). NMX C-169-ONNCCE-2009 Industria de la construcción-Concreto-Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2010). NMX C-156-ONNCCE-2010 - Industria de la construcción-Concreto fresco – Determinación del revenimiento en el concreto fresco. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2010). NMX-C-265-ONNCCE-2010-Industria de la construcción-agregados para concreto hidráulico-examen petrográfico-método de ensayo. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2013). NMX C-109-ONNCCE-2013 - Industria de la construcción-Concreto-Cabeceo de especímenes cilíndricos. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2013). NMX-C-128-ONNCCE-2013 Determinación del módulo elástico. . Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). NMX C-083-ONNCCE-2014 - Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2014). NMX-C-162-ONNCCE-2014 Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2014). NMX-C-164-ONNCCE-2014 Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado grueso. . Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). NMX-C-165-ONNCCE-2014 Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado fino. . Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). NMX-C-180-ONNCCE-2014-Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras mortero. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2015). NMX-C-191-ONNCCE-2015 Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2016). NMX C-159-ONNCCE-2016 Industria de la construcción-Concreto-Elaboración y curado de especímenes de ensayo. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2016). NMX-C-131-ONNCCE-2016-Industria de la construcción-cementantes hidráulicos-determinación del análisis químico. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2017). NMX-C-414-ONNCCE-2017-Industria de la construcción-cementantes hidráulicos-especificaciones y métodos de ensayo. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). NMX-C-084-ONNCCE-2018 artículos más finas que la criba 0,075mm (N° 200) por medio de lavado (Método de prueba). Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). NMX-C-111-ONNCCE-2018-Industria de la construcción-agregados para concreto hidráulico-especificaciones y métodos de ensayo. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). NMX-C-166-ONNCCE-2018 Contenido de agua por secado (Método de prueba). Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). NMX-C-077-ONNCCE-2019 Análisis Granulométrico (Método de prueba). Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). NMX-C-088-ONNCCE-2019 Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2019). NMX-C-122-ONNCCE-2019-Industria de la construcción-agua para concreto-especificaciones. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). NMX-C-170-ONNCCE-2019 Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (Industria de la construcción - Concreto fresco - muestreo.). NMX C-161-ONNCCE-2013. Ciudad de México: ONNCCE.

8. Normas Internacionales y su Concordancia

8.1. Esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia no es equivalente (NEQ) con alguna Norma Internacional, por no existir ésta última al momento de su elaboración.

9. Bibliografía

- ADIF. (1994). *Traviesas de hormigón armado. Especificaciones técnicas Normativa técnica de ADIF*. España.
- ADIF. (2020). *Traviesas monobloque de hormigón pretensado. (6° ed.+M1). Especificaciones técnicas Normativa técnica de ADIF*. España.
- American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA). (2018). *Manual of Railway Engineering*". Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials . (s.f.). *ASTM A53 Pipe Specifications*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM A588 Specification is the Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *ASTM A500 Structural pipe*. ASTM.
- ANSI/AWS. (2018). *AWS D1.4-Código de soldadura estructural-acero de refuerzo*. Miami, Estados Unidos: ANSI/AWS.
- ARTF. (2019). *NOM-003-ARTF-2019*. SCT.
- Arvisu, A. (2012). Proceso de elaboración, almacenamiento, transporte y montaje de durmientes monobloque de concreto presforzado de la línea 12 del metro de la Ciudad de México. .
- ASTM. (1997). *ASTM C666-97-Método de prueba estándar para la resistencia del concreto a la congelación y descongelación rápida*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2012). *ASTM A722-2012-Especificación estándar para barras de acero de alta resistencia sin recubrimiento para concreto presforzado*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2016). *ASTM A996-16-Especificación estándar para barras de acero corrugadas para rieles y ejes de acero para concreto reforzado*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2017). *ASTM A184-17-Especificación estándar para placas de barras de acero deformadas soldadas para concreto reforzado*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). *ASTM C1260-21-Método de prueba estándar para reactividad potencial álcali de áridos*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). *ASTM C359-21-Método de prueba Estándar para medir el endurecimiento temprano del concreto hidráulico (Método del Mortero)*. Pennsylvania, Estados Unidos: ASTM.
- (s.f.). *ASTM C778-17, "Especificación Estándar para arena Standard." AWS D12.1, "Prácticas recomendados para la soldadura de acero de refuerzo, insertos metálicos y conexiones en la construcción de concreto reforzado" (reemplazada por AWS D1.4/D1.4M "Código de Sold.*
- CANACERO. (2006). *NMX-B-254-CANACERO-2006 INDUSTRIA SIDERURGICA-ACERO ESTRUCTURAL-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA*. CANACERO.
- CANACERO. (2015). *NMX-B-455-CANACERO-2015-Industria siderúrgica-armaduras electrosoldadas de sección triangular, de alambre de acerocorrugado o liso para refuerzo a flexión de elementos estructurales de concreto-especificaciones y métodos de prueba*. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2018). *NMX-B-292-CANACERO-2018-Industria siderúrgica-torón de siete alambres sin recubrimiento con relevado de esfuerzos para concreto presforzado-especificaciones y métodos de prueba*. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2019). *NMX-B-293-CANACERO-2019-Industria siderúrgica-alambre de acero-sin recubrimiento con relevado de esfuerzos para usarse en concreto presforzado-especificaciones y métodos de prueba*. Ciudad de México: CANACERO.
- CANACERO. (2019). *NMX-B-506-CANACERO-2019-Industria siderúrgica-varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto-especificaciones y métodos de prueba*. Ciudad de México: CANACERO.
- CNNyETF. (2019). *NORMA TÉCNICA DE TRANSPORTE FERROVIARIO "REQUISITOS DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LA VÍA"*. Argentina: Ministerio de Transporte.

- F. Hernandez, A. D. (2020). Guía de inspección visual de patologías presentes en el kilómetro 225 del corredor ferroviario Bogotá-Belencito.
- IMNC. (2014). *NMX-EC-17020-IMNC-2014*. IMNC.
- IMNC. (2018). *NMX-EC-17025-IMNC-2018*. IMNC.
- J. Riley, M. S. (2017). *Mechanistic Design of Concrete Crossties and Fastening Systems – Phase 1*. National University Rail Center. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Ley de Infraestructura de la Calidad publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 2020. (s.f.).
- Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo de 1995 y sus reformas subsecuentes. (s.f.).
- NMX-C-148-ONNCCE, "Industria de la construcción – cementos y concretos hidráulicos – gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento – condiciones de diseño y operación. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF). (s.f.).
- NMX-Z-013-SCFI-2015, "Guía para la Estructuración y Redacción de Normas". Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), 18 de noviembre de 2015, así como su Aclaración correspondiente publicada el 16 de junio de 2016 en e. (s.f.).
- NMX-Z-021/1-SCFI-2015, "Adopción de normas internacionales". Declaratoria de vigencia publicada el 11 de enero de 2016 en el Diario Oficial de la Federación. (s.f.).
- ONNCCE. (2004). *NMX-C-030-ONNCCE-2004 Muestreo de agregados*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2004). *NMX-C-073-ONNCCE-2004 Masa Volumétrica (Método de prueba)*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2006). *NMX-C-157-ONNCCE-2006 Industria de la construcción – Concreto - Determinación del contenido de aire de concreto fresco por el método de presión*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2006). *NMX-C-255-ONNCCE-2006-Industria de la construcción-concreto-determinación del número de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2009). *NMX C-169-ONNCCE-2009 Industria de la construcción – Concreto – Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2010). *NMX C-156-ONNCCE-2010 - Industria de la construcción – Concreto fresco – Determinación del revenimiento en el concreto fresco*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2010). *NMX-C-265-ONNCCE-2010-Industria de la construcción-agregados para concreto hidráulico-examen petrográfico-método de ensayo*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2013). *NMX C-109-ONNCCE-2013 - Industria de la construcción – Concreto – Cabeceo de especímenes cilíndricos*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2013). *NMX-C-128-ONNCCE-2013 Determinación del módulo elástico*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). *NMX C-083-ONNCCE-2014 - Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2014). *NMX-C-083-ONNCCE-2014-Industria de la construcción-concreto-determinación de la resistencia a la compresión de especímenes-método de ensayo*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). *NMX-C-162-ONNCCE-2014 Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2014). *NMX-C-164-ONNCCE-2014 Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado grueso*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). *NMX-C-165-ONNCCE-2014 Determinación de la densidad específica y absorción de agua del agregado fino*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2014). *NMX-C-180-ONNCCE-2014-Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras mortero*. Ciudad de México: ONNCCE.

- ONNCCE. (2015). *NMX-C-191-ONNCCE-2015 Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2016). *NMX C-159-ONNCCE-2016 Industria de la construcción – Concreto – Elaboración y curado de especímenes de ensayo*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2016). *NMX-C-131-ONNCCE-2016-Industria de la construcción-cementantes hidráulicos-determinación del análisis químico*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2017). *NMX-C-414-ONNCCE-2017-Industria de la construcción-cementantes hidráulicos-especificaciones y métodos de ensayo*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). *NMX-C-084-ONNCCE-2018 artículos más finas que la criba 0,075mm (N° 200) por medio de lavado (Método de prueba)*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). *NMX-C-111-ONNCCE-2018-Industria de la construcción-agregados para concreto hidráulico-especificaciones y métodos de ensayo*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2018). *NMX-C-166-ONNCCE-2018 Contenido de agua por secado (Método de prueba)*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). *NMX-C-077-ONNCCE-2019 Análisis Granulométrico (Método de prueba)*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). *NMX-C-088-ONNCCE-2019 Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino*. Ciudad de México.
- ONNCCE. (2019). *NMX-C-122-ONNCCE-2019-Industria de la construcción-agua para concreto-especificaciones*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (2019). *NMX-C-170-ONNCCE-2019 Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas*. Ciudad de México: ONNCCE.
- ONNCCE. (Industria de la construcción - Concreto fresco - muestreo.). *NMX C-161-ONNCCE-2013* . Ciudad de México: ONNCCE.
- (s.f.). *Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999 y sus reformas subsecuentes*.
- (s.f.). *Reglamento del Servicio Ferroviario publicado el 25 de enero de 2000 en el Diario Oficial de la Federación y sus reformas subsecuentes*.
- SYSTRA MEXISTRA. (2015). *Manual de mantenimiento de vía férrea de la línea 12 Tomo II: componentes de vía*. Ciudad de México.
- UIC. (2004). *Design of monoblock concrete sleepers* . Paris, Francia: International Union of Railways (UIC).

10. Apéndices

Apéndice A: Método de diseño AREMA. (Normativo)

- A.1.** Los requisitos para los valores de diseño a la flexión factorizados se obtienen mediante el método descrito a continuación. Es importante mencionar que estos valores de diseño no consideran las pérdidas de presfuerzo; por tanto, los fabricantes, junto con los proyectistas, diseñarán los durmientes para alcanzar estos valores después de ocurridas las pérdidas de presfuerzo.
- A.2.** Metodología para la obtención de los valores factorizados para el diseño a flexión de los durmientes de concreto.
- A.2.1. Paso 1.** Determinar la carga por eje: La carga por eje depende del tipo de línea ferroviaria que se esté analizando. Esta carga puede ser calculada dividiendo el peso del carro por el número de ejes del mismo. Una referencia de las cargas por eje se presenta en la Tabla 21 a manera de ejemplo.

Tipo de tráfico	Carga por eje
Carga (t) (kips).	32 – 37 (71.5 – 82)
Sistema Metro y Ligeros (t) (kips).	9 – 15 (20 – 32)
Regionales de Pasajeros (t) (kips).	11 – 14 (25 – 30)

Tabla 21 Cargas por Eje Típicas para Diferentes Líneas Ferroviarias.

A.2.2. Paso 2. Determinar la carga de diseño en el asiento del riel: La carga del asiento del riel es la parte de la carga del eje que se transmite del riel al asiento del riel del durmiente. La carga del eje se dividirá entre dos para obtener la carga por rueda, posteriormente se multiplicará por el factor de distribución en el asiento del tren dado en la Figura 2. "Porcentaje de Carga por eje soportada por un solo durmiente". Si el factor de impacto⁵ no se proporciona para el diseño, se utilizará para éste un factor de $IF=1$, que producirá un aumento de "200%" ($1+IF=2$). La carga calculada en el asiento del riel está dada por la siguiente Ecuación 1 (Ec. 1):

$$R = 0.5AL \cdot DF \cdot (1 + IF) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

R → carga de diseño en el asiento del riel, en kips

AL → carga por eje, en kips

DF → factor de distribución, adimensional

IF → factor de impacto, adimensional

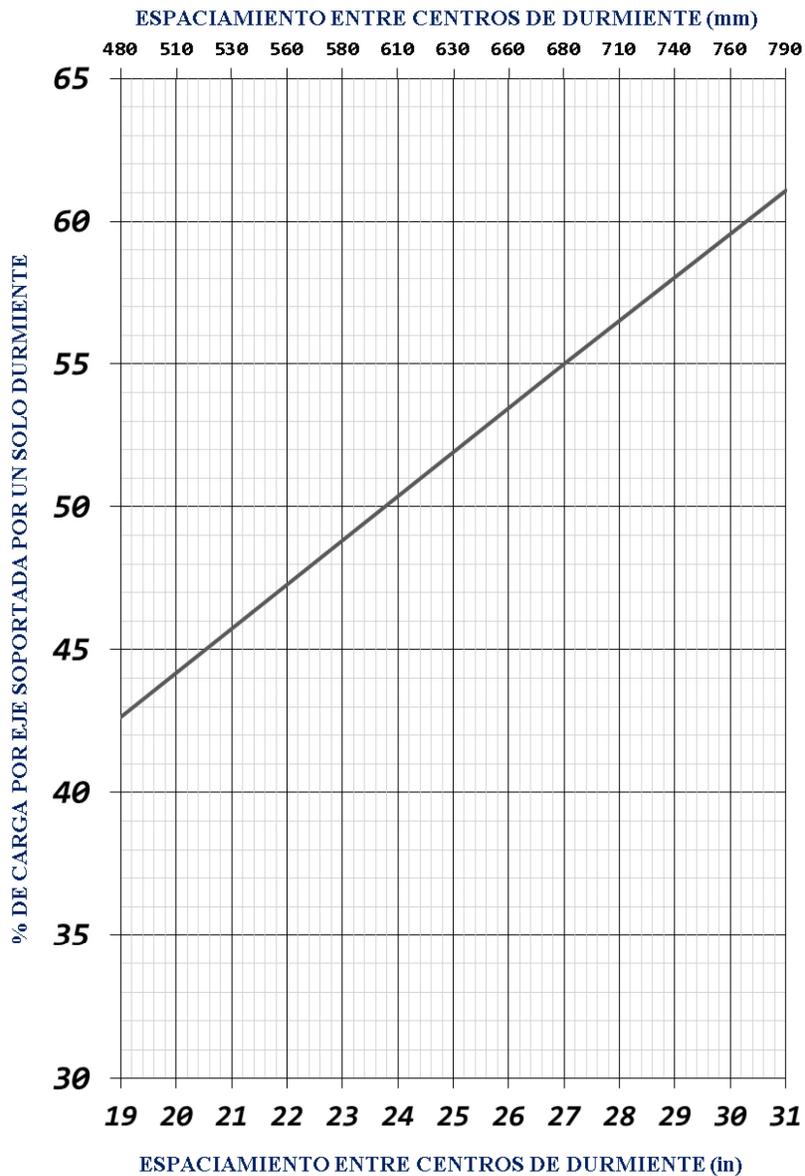


Figura 2 Porcentaje de carga por eje soportada por un solo durmiente.

⁵ El factor de impacto es un incremento en porcentaje sobre la carga vertical estática que intenta estimar el efecto dinámico de las ruedas, así como las irregularidades del riel.

A.2.3. En la Figura 3 se muestran las condiciones de soporte supuestas para durmientes con ancho de base constante utilizadas para los momentos flexionantes de diseño positivos para el asiento de riel y los momentos de diseño flexionantes negativos para el centro del durmiente. El factor de soporte o de reacción en el centro, "alfa= α ", se utiliza en cada ecuación. Se proporcionan valores mínimos para " α " la Tabla 22.

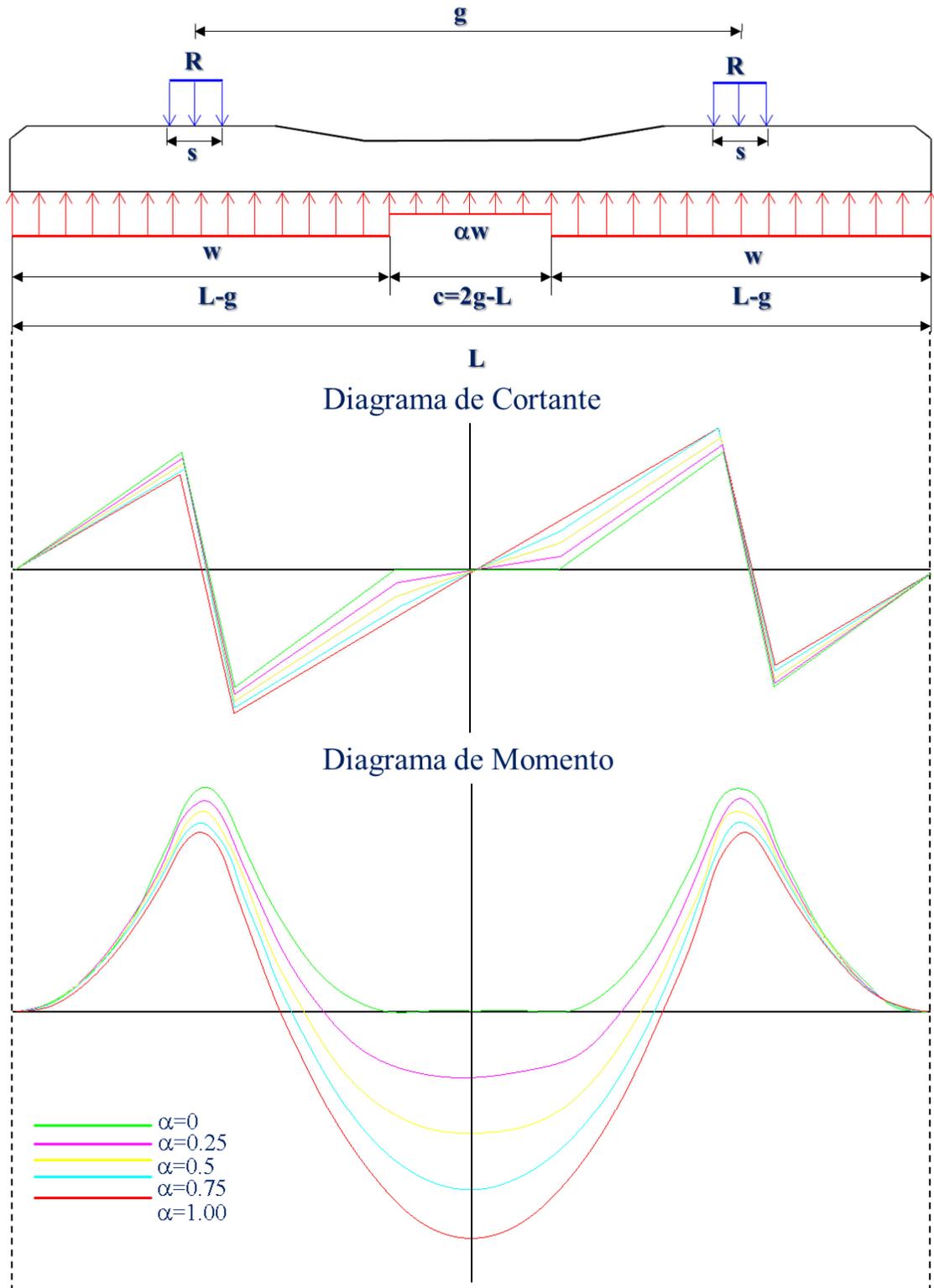


Figura 3 Condiciones de carga y de apoyo supuestas para la determinación de momentos flexionantes de diseño con sus respectivos diagramas de cortante y momento.

Longitud de los durmientes	Factor de soporte (a)
7'-9" (2.360 m)	0.66
8'-0" (2.440 m)	0.68
8'-3" (2.520 m)	0.74
8'-6" (2.590 m)	0.84
9'-0" (2.740 m)	0.87

Tabla 22 Factores de soporte central mínimos a utilizar para el cálculo del momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el centro del durmiente.

- A.2.4. Paso 3.** Determinar el momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el asiento del riel: El momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el asiento de riel se calcula usando la Ecuación 2 (Ec. 2). Este análisis recomienda un factor de soporte en el centro de 0 (cero) para todas las longitudes de durmiente, el cual de manera real se encontrará debajo de una vía perfectamente calzada. Se considera que la carga en el asiento de riel actúa sobre todo el ancho del patín o base del riel.

$$B_{RS+} = \frac{1}{8} \cdot \left[\left(\frac{2R}{2(L-g) + \alpha \cdot c} \right) \cdot (L - g)^2 - R \cdot s \right] \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

B_{RS+} → momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el asiento del riel, en kip – in

R → carga de diseño en el asiento del riel, en kips

L → longitud del durmiente, en pulgadas

g → separación entre centros de rieles (recomendado: 60 in [1.524m] para escantillón estándar [in])

c → $2g$

L → sección de reducción central, en pulgadas

s → ancho del asiento del riel / ancho de la base del riel, en pulgadas

α → factor de soporte central, unidimensional

- A.2.5. Paso 4.** Determinar el momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el asiento del riel: Se determina el momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el asiento de riel, BRS -, usando los factores dados en la Tabla 23 y el momento flexionante positivo de diseño no factorizado calculado para el asiento de riel, BRS+. Se pueden interpolar factores para durmientes con otras longitudes.

Longitud del durmiente	Momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el asiento del riel (BRS-) en función del momento flexionante positivo de diseño (BRS+)
7'-9" (2.360 m)	BRS- = 0.72*BRS+
8'-0" (2.440 m)	BRS- = 0.64*BRS+
8'-3" (2.520 m)	BRS- = 0.58*BRS+
8'-6" (2.590 m)	BRS- = 0.53*BRS+
9'-0" (2.740 m)	BRS- = 0.46*BRS+

Tabla 23 Momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el asiento del riel en función del momento flexionante positivo de diseño.

- A.2.6. Paso 5.** Determinar el momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el centro del durmiente: El momento flexionante negativo de diseño en el centro del durmiente se calcula con la Ecuación 3 (Ec. 3). Se deberán utilizar como mínimo los factores de soporte que aparecen en la Tabla 22. Se deja al criterio del comprador utilizar valores superiores según las condiciones de soporte de durmientes esperados en sus vías.

$$B_{C-} = -\frac{1}{2} R \cdot \left[\frac{L^2 - (1-\alpha) \cdot c^2}{2[L - (1-\alpha) \cdot c]} - g \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

B_{c-} → momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el centro, en kip – in

R → carga de diseño en el asiento del riel, en kips

L → longitud del durmiente, en pulgadas

g → separación entre centros de rieles (recomendado: 60 in [1.524m] para escantillón estándar)

c → 2g

L → sección de reducción central, en pulgadas

α → factor de soporte central, adimensional

A.2.7. Paso 6. Determinar el momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el centro del durmiente: Se puede determinar el momento flexionante positivo de diseño al centro del durmiente (B_{c+}) usando los factores dados en la Tabla 24 y el momento flexionante negativo de diseño no factorizado calculado para el centro del durmiente. Se pueden interpolar los factores para durmientes con otros largos.

Longitud de los durmientes	Momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el centro del durmiente (B_{c+}) en función del momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el centro del durmiente (B_{c-})
7'-9" (2.360 m)	$B_{c+} = 0.54 \cdot B_{c-}$
8'-0" (2.440 m)	$B_{c+} = 0.61 \cdot B_{c-}$
8'-3" (2.520 m)	$B_{c+} = 0.66 \cdot B_{c-}$
8'-6" (2.590 m)	$B_{c+} = 0.70 \cdot B_{c-}$
9'-0" (2.740 m)	$B_{c+} = 0.70 \cdot B_{c-}$

Tabla 24 Momento flexionante positivo de diseño no factorizado en el centro del durmiente en función del momento flexionante negativo de diseño no factorizado en el centro del durmiente.

A.2.8. Paso 7. Cálculo de los momentos flexionantes de diseño factorizados: Para todo tipo de tráfico en vías balastadas y para tomar en cuenta la influencia de la velocidad y toneladas que transitan al año sobre dichas vías, los momentos flexionantes de diseño factorizados se pueden calcular como lo indica la Ecuación 4 (Ec. 4):

$$M = B \cdot V \cdot T \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

M → los momentos flexionantes de diseño factorizados

B → los momentos flexionantes no factorizados calculados anteriormente, en kip – in

V → factor de velocidad obtenido de la Figura 4 y Figura 5.

T → el factor de toneladas transportadas al año de la Figura 4 y Figura 5.

A.2.8.1. Los factores de velocidad y de tonelaje deberán ser tomados de acuerdo con la Figura 4 y Figura 5 según las condiciones de tráfico y nunca deberán ser inferiores del límite bajo de la Figura 4.

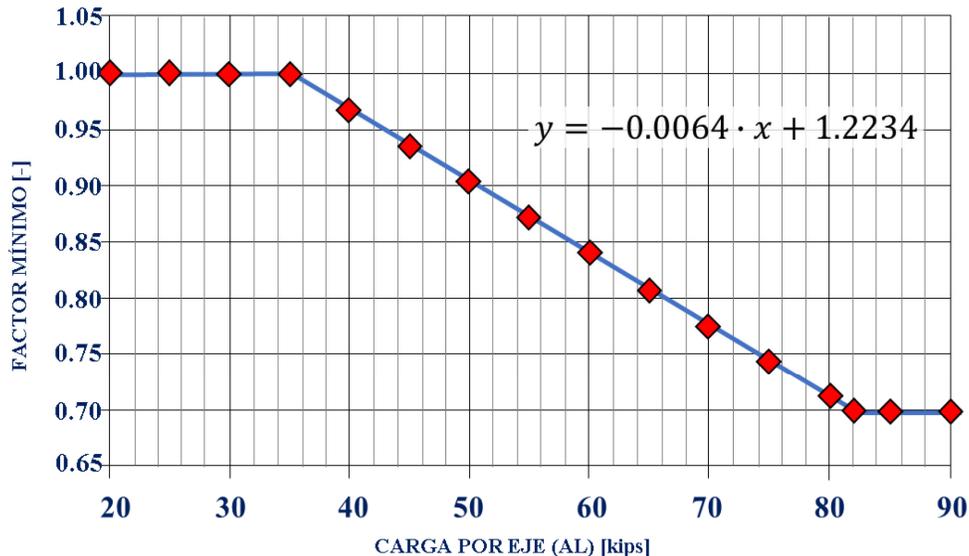


Figura 4 Límite para factores de tonelaje y velocidad.

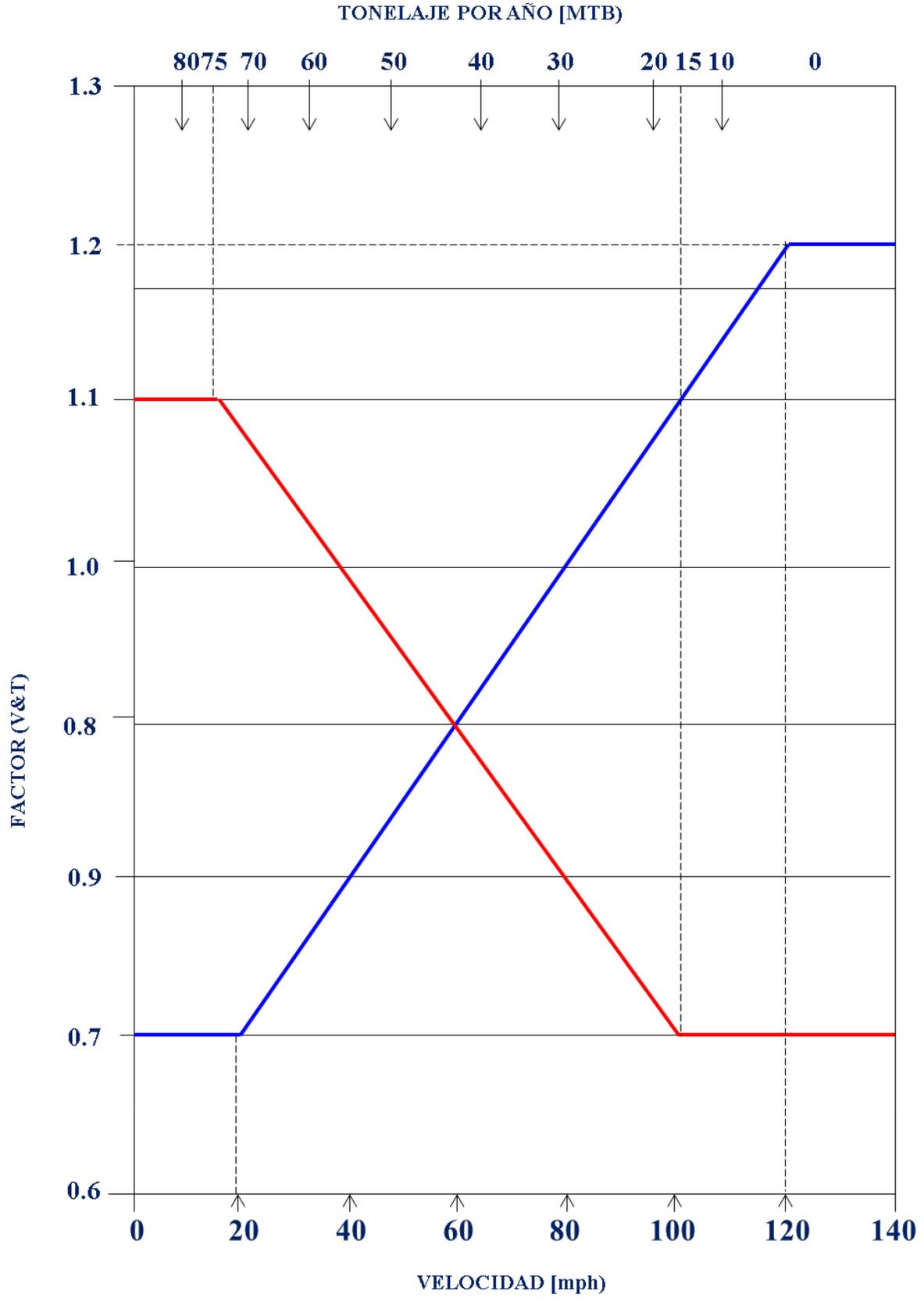


Figura 5 Factores de tonelaje y velocidad.

Apéndice B: Método de diseño UIC. (Normativo)**B.1 Consideraciones.**

B.1.1 Las cargas de diseño que se tomarán en cuenta para el diseño de los durmientes de concreto deberán incluir el análisis de los siguientes aspectos:

- a) *La obtención de las cargas de diseño por eje de rueda de los trenes;*
- b) *Factores dinámicos que tomarán en cuenta las posibles irregularidades en la estructura de vía y el equipo rodante;*
- c) *La influencia de la estructura de vía en momento en la distribución de las cargas aplicadas entre los durmientes y el soporte variable de la estructura de la vía.*
- d) *Para la realización de un correcto diseño, es necesario evaluar un número representativo de casos de carga para determinar la combinación crítica de cargas estáticas y dinámicas.*
- e) *Un durmiente “estándar” debería tener dentro de sus consideraciones de diseño el poder satisfacer las siguientes condiciones de carga-velocidad:*

Carga por eje de rueda/velocidad	180 KN	225 KN	250 KN
120 km/h	✓	✓	✓
200 km/h	✓	✓	
300 km/h	✓		

Tabla 25 Condiciones de carga-velocidad que debe satisfacer el diseño del durmiente de concreto propuesto.

B.1.2 El diseño basado en el supuesto de que la carga vertical es simétrica, en la mayoría de los casos es aceptable, debido a la compensación de los criterios de cálculo con factores que toman en cuenta las cargas laterales y la transferencia de carga en las curvas.

B.1.3 Dentro del estudio del diseño de los durmientes de concreto, se debe tomar en cuenta, para los momentos flexionantes, los siguientes casos de análisis:

- a) *Un momento flexionante que tomará en cuenta las cargas estáticas más las cargas dinámicas que se deriven de la operación normal en la vía. Bajo estas condiciones de carga, no se deberían producir agrietamientos en los durmientes.*
- b) *Un momento flexionante producido por alguna solicitud de carga extraordinaria y que no esté prevista en el inciso anterior (por ejemplo, por el efecto de golpe de martillo). Cualquier agrietamiento producido por esta carga sobre el durmiente de concreto será imperceptible cuando la carga que lo produjo sea retirada.*
- c) *Un momento flexionante que se generará debido a las cargas de impacto por accidentes. Esta situación será la que defina la capacidad de carga última en el elemento de concreto.*

B.2 Paso 1. Determinar la carga de diseño para el asiento del riel: La carga de diseño en el asiento del riel, usada para el análisis de los momentos flexionantes en el durmiente, puede ser calculados de acuerdo con la Ecuación 5 (Ec. 5):

$$P_d = \frac{Q_0}{2} \cdot (1 + \gamma_p \cdot \gamma_v) \cdot \gamma_d \cdot \gamma_r \quad \text{Ec. 5}$$

B.2.1 Descripción de los factores considerados para la determinación de la carga de diseño para el asiento del riel:

B.2.1.1 Carga vertical estática (Q_0): El componente de la carga vertical estática de diseño (Q_0) puede ser determinada directamente de la carga estática del eje de rueda del tren (normalmente, en el diseño del durmiente de concreto, la carga de diseño se expresará por rueda). En la fase de planeación se debe tener en cuenta que la vida de servicio de los durmientes es de cuarenta años o más, por lo que se debe tomar en cuenta los posibles próximos requerimientos en cuanto a solicitudes de carga por eje de rueda o la velocidad de operación.

B.2.1.2 Incremento por factores dinámicos derivados de la operación normal de la vía (γ_v): Este factor toma en cuenta el efecto de las irregularidades de la vía y los vehículos resultantes de las cargas dinámicas. Los valores recomendados para este factor son los siguientes:

$$\gamma_v \begin{cases} 0.50 \rightarrow v < 200 \text{ km/h} \\ 0.75 \rightarrow v \geq 200 \text{ km/h} \end{cases}$$

- Bajo ciertas circunstancias, este factor deberá ser obtenido de un análisis empírico; su medición o simulación dependerá de la calidad en la geometría de la vía y/o la velocidad. Para velocidades mayores a los contemplados en esta metodología, se deberá realizar un estudio a profundidad del caso.

B.2.1.3 Incremento por uso de almohadillas atenuantes (Almohadilla para riel o placa de suela)

(γ_p): Se evalúa la atenuación del impacto en el sistema de fijaciones mediante un ensayo para medir la magnitud de las deformaciones por los esfuerzos a flexión en el durmiente de concreto. Se puede hacer una clasificación, para los sistemas de fijación y placa de suela, dependiendo del grado de atenuación que éstos tienen sobre los esfuerzos, de la siguiente manera:

- Atenuación baja < 15%*
- 15% < Atenuación media < 30%*
- Atenuación alta > 30%*

B.2.1.3.1 Estos factores de atenuación del impacto pueden ser aplicados a las cargas de diseño; sin embargo, se recomienda que, para el valor de atenuación medido para el sistema de fijaciones, éste sea reducido en un 25% en el caso de una operación normal para tener en cuenta el estado de servicio. Esta reducción se aplicará a los casos de la solicitud de cargas en el caso normal, excepcional y accidentadas.

B.2.1.3.2 Con el fin de aprovechar las reducciones que pueden hacerse en la carga de diseño teniendo en cuenta el uso de almohadillas de atenuación, el concesionario deberá asegurar las condiciones de mantenimiento adecuadas de las almohadillas.

B.2.1.3.3 Por tanto, los factores de incremento dinámico se aplicarán de la siguiente manera:

$$\text{Atenuación baja} < 15\% \rightarrow \gamma_p = 1.0$$

$$15\% < \text{Atenuación media} < 30\% \rightarrow \gamma_p = 0.89$$

$$\text{Atenuación alta} > 30\% \rightarrow \gamma_p = 0.78$$

B.2.1.3.4 Estos factores afectan a su vez al factor dinámico derivado de la operación normal de la vía (γ_v) para producir un factor dinámico combinado.

B.2.1.4 Incremento por reparto de las cargas entre durmientes (γ_d): Cuando se realiza un análisis longitudinal de la vía, un solo durmiente absorbe solamente una porción de la carga de la rueda, debido que la transmisión de la misma se realiza también a través de los durmientes adyacentes.

B.2.1.4.1 Se recomienda para este caso un factor constante de 0.5 para una operación normal (sujeto a la aplicación de los demás factores a tomar en cuenta). Este valor puede considerarse válido para rieles con calibre mayor o igual a 46 kg/m y espaciamiento entre durmientes menores o iguales a 65 cm bajo condiciones de acomodo típicas. El diseñador del proyecto tendrá la opción de modificar este valor dependiendo de los requerimientos del mismo. Bajo dichas circunstancias, este factor deberá analizarse bajo fundamentos teóricos establecidos (por ejemplo, la metodología de Winkler para análisis de vigas asentadas en un suelo modelado como medio continuo elástico).

B.2.1.5 Incremento por la variación en la reacción de los durmientes sobre el balasto (γ_r): Este factor representa la variación en la reacción de los durmientes sobre el balasto, teniendo un valor típico de 1.35⁶.

B.3 Paso 2. Obtención de los momentos flexionantes de diseño: El análisis y diseño de los esfuerzos que debe soportar el durmiente de concreto son, en todos los casos, basados en el análisis de los momentos flexionantes en la sección del asiento del riel y en el centro del durmiente. Existe una invariable cantidad de casos respecto a las reacciones de la carga. Los momentos flexionantes son muy sensibles a la forma en la cual se distribuyen las cargas. De manera general, los modelos empleados en el análisis de las cargas y reacciones sobre la vía se presentan a continuación, en la Figura 6.

⁶ Según los estudios realizados por el European Rail Research Institute (ERRI): ORE D 71/RP 9: Stresses in the rails, the ballast and in the formation resulting from traffic loads - Stresses in concrete sleepers, October 1969; ORE D 170/RP 1: Track component dimensions. Standardization of characteristics and acceptance tests - Current test methods and loads for fastening systems and concrete sleepers, April 1988; ORE D 170/RP 4: Track component dimensions. Standardization of characteristics and acceptance tests - Studies of different values which need to be taken into account with respect to the definition of the properties of concrete sleepers, and comparison of current testing methods. Determination of a unified test method and formulation of recommendations, April 1991.

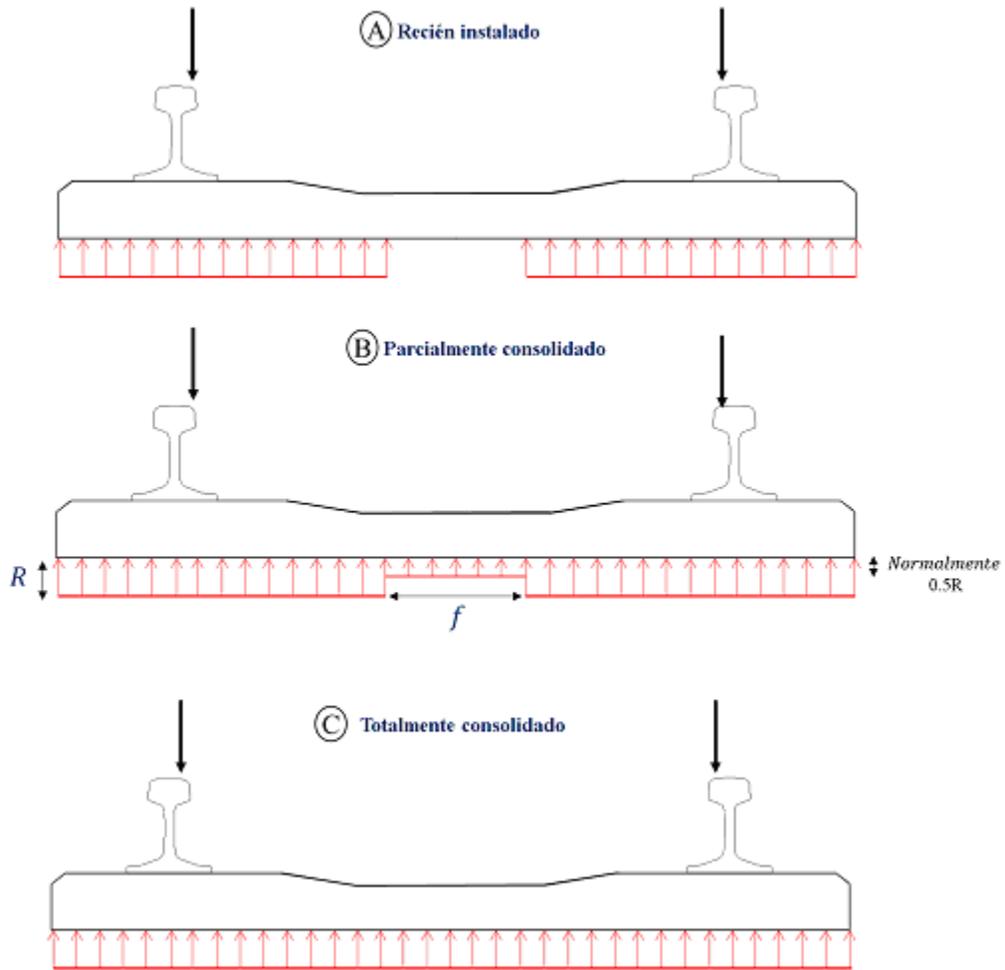


Figura 6 Modelos empleados en el análisis de las cargas y reacciones sobre la vía.

B.3.1 El análisis del momento flexionante positivo en el asiento del riel se deriva del caso (a) de la Figura 6, donde la reacción se extiende hasta el extremo del durmiente a igual distancia en ambos lados de la línea central del asiento del durmiente. Este caso de análisis se realiza bajo la suposición de una distribución uniforme de las cargas y brazo de palanca definido en la Figura 7 que se aplica en la Ecuación 6 (Ec. 6).

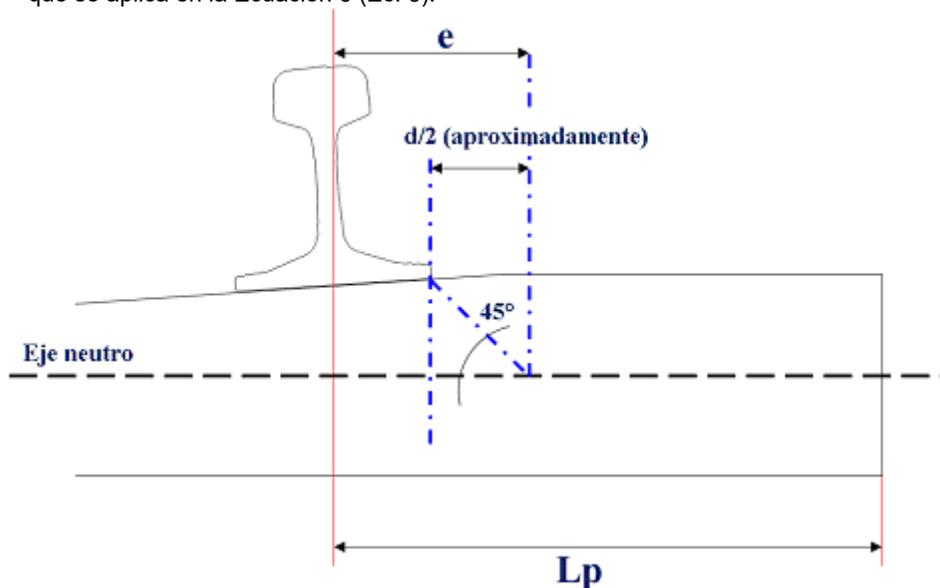


Figura 7 Distribución uniforme de las cargas y brazo de palanca.

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

λ = brazo de palanca efectivo

L_p = distancia entre el eje del asiento del riel y el borde del durmiente

d = peralte del durmiente en la sección del asiento del riel

e = ancho de la distribución de la carga, derivada del ancho del asiento del riel, el peralte del durmiente y el ángulo de distribución supuesto de 45°

- B.3.2** De tal manera, el momento flexionante puede obtenerse directamente de la siguiente Ecuación 7 (Ec. 7):

$$M_{dr+} = \frac{\gamma_i \cdot P_d \cdot \gamma}{2} \quad \text{Ec. 7}$$

- B.3.2.1** El factor de compensación γ_i representa el incremento dinámico en el momento flexionante debido a las irregularidades en el soporte longitudinal del durmiente, teniendo un valor típico de 1.6.
- B.3.3** En algunas vías de ferrocarril, el concesionario podrá definir la carga en el asiento del riel y un momento flexionante que corresponda a uno mayor al que se podría obtener al de la Ec. 5 y Ec. 7. Bajo estas condiciones, pueden ser utilizados valores de k_1 y k_2 menores.
- B.3.4** El factor de carga dinámico k_1 toma en cuenta las cargas dinámicas excepcionales y el factor de carga dinámico k_2 , las cargas accidentales. Bajo este criterio se toman los siguientes valores recomendados:
- Factor de impacto para el caso de cargas excepcionales $k_1 = 1.8$
 - Factor de impacto para el caso de cargas accidentales $k_2 = 2.5$
- B.3.5** Los valores presentados anteriormente deben aplicarse cuando los durmientes de concreto se van probado para ensayos estáticos; para el caso de ensayos dinámicos, se recomiendan los siguientes factores:
- Factor de impacto para el caso de cargas excepcionales $k_1 = 1.5$
 - Factor de impacto para el caso de cargas accidentales $k_2 = 2.2$
- B.3.6** Para el análisis del momento flexionante de diseño negativo en el centro del durmiente, se recomienda seguir las siguientes prácticas:
- Con un factor de reducción en la sección central del 50%, para durmientes con base rectangular;
 - Con una estimación correcta de la distribución de la reacción en la base del durmiente, con sección variable.
- B.3.7** Para los casos B.3.6 a) y b) descritos anteriormente, el concesionario de proyecto deberá especificar la magnitud en la reducción de las reacciones de los durmientes en el centro del mismo, así como la longitud de la pieza bajo la cual aplica esta modificación.
- B.3.8** El análisis del momento flexionante debe ser evaluado de acuerdo con el análisis de los momentos bajo la distribución de las reacciones correspondiente. Para el análisis del caso en el cual la distribución de la carga con un 50% de reducción en la sección central del durmiente, el diseño del momento flexionante negativo en el centro del durmiente debe ser calculado con la siguiente Ecuación 8 (Ec. 8):

$$M_{dc-} = \gamma_i \cdot P_d \cdot \left(\frac{c}{2} - \frac{2 \cdot L^2 - f^2}{4 \cdot (2 \cdot L - f)} \right) \quad \text{Ec. 8}$$

En donde:

c = Espaciamiento al centro del asiento del riel, es decir distancia entre un centro de asiento de riel y otro

L = Longitud del durmiente

f = Longitud de la zona de reducción de la carga

B.3.9 Para durmientes de sección variable se utiliza la siguiente Ecuación 9 (Ec. 9), basado en la Figura 8:

$$M_{dc-} = \gamma_i \cdot P_d \cdot \left(\frac{c}{2} - \frac{L}{2} + \frac{b_1 \cdot \frac{L^2}{8} + B_2 \cdot (h^2 + g \cdot h + \frac{g^2}{3})}{b_1 \cdot \frac{L}{2} + b_2 \cdot (2 \cdot h + g)} \right) \quad \text{Ec. 9}$$

En donde:

c = espaciamiento al centro del asiento del riel

L = longitud del durmiente

b_1 = ancho de la sección del durmiente de sección variable

b_2 = Longitud de la sección ampliada en el durmiente

g = longitud de la sección de transición

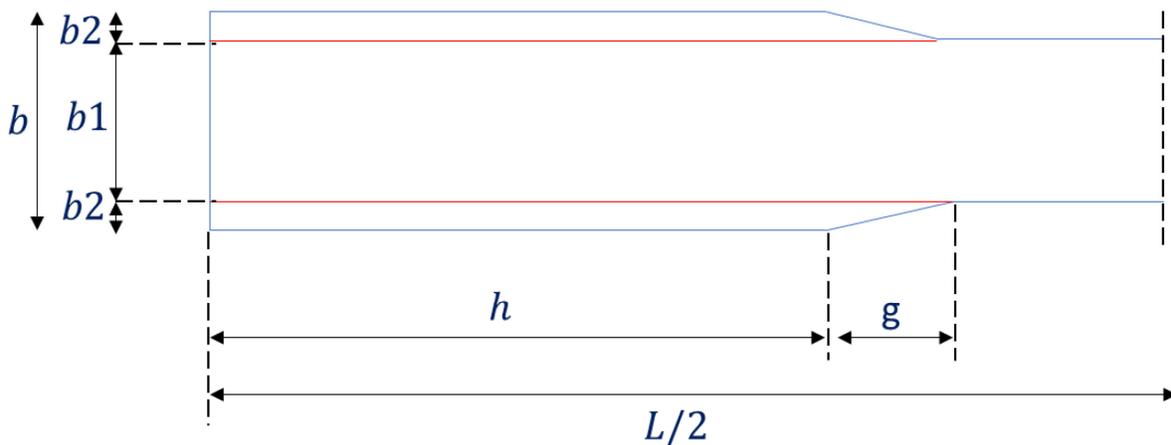


Figura 8 Diagrama para el cálculo de durmientes con sección variable.

B.3.10 Como una alternativa en el diseño por momentos flexionantes en el centro del durmiente, se puede aplicar una expresión empírica basada en los momentos de inercia de las secciones transversales, generalmente se obtiene un valor de I_c/I_r de 0.55. Esta Ecuación 10 (Ec. 10) se recomienda para el análisis de durmientes con sección variable o rectangular.

$$M_{dc-} = 1.2 \cdot M_{dr+} \cdot \frac{I_c}{I_r} \quad \text{Ec. 10:}$$

B.3.11 La experiencia ha demostrado que es posible que los durmientes experimenten una falla por agrietamiento debido a los momentos flexionantes en la superficie superior del asiento del riel o en el centro de la base del durmiente, debido a esta situación, es necesario realizar un análisis para calcular los momentos flexionantes para resistir este fenómeno. La casusa de este efecto de flexión se considera es debido al estímulo dinámico en el durmiente. El diseño para estos momentos flexionantes deriva, en primera instancia, de los ensayos realizados y derivado de ello se han propuesto las siguientes expresiones:

a) Para el asiento del riel:

$$M_{dr-} = 0.5 \cdot M_{dr+} \quad \text{Ec. 11}$$

b) Para el centro del durmiente:

$$M_{dc+} = 0.7 \cdot M_{dc-} \quad \text{Ec. 12}$$

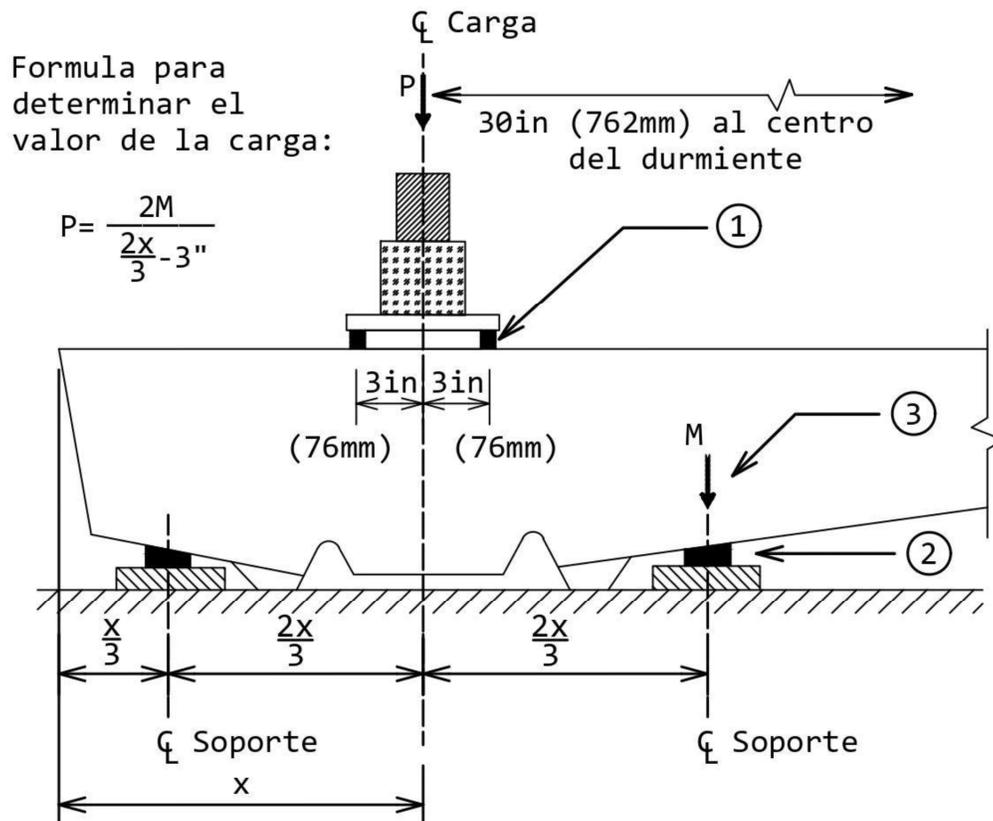
Apéndice C: Descripción de los métodos de prueba. (Normativo)

C.1. Ensayo de carga vertical en la sección del asiento del riel.

C.1.1. Las pruebas de carga vertical en la sección del asiento del riel se componen de pruebas de momento negativo en el asiento del riel, momento positivo en el asiento del riel, carga de rotura y carga repetida.

C.2. Ensayo de momento negativo en el asiento del riel.

C.2.1. La Figura 9 muestra cómo se debe cargar el durmiente y como obtener la carga vertical (P) para realizar la prueba a partir del momento de diseño. Posteriormente, se aplica la carga vertical (P) continua y sin impacto a una velocidad promedio no mayor a 2.3 toneladas por minuto hasta producir el momento negativo de diseño calculado en el asiento del riel.



- 1.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (25.4mm x 12.7mm → 1in x 1/2in) (Dureza 80 IRHD).
- 2.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (50.8mm x 25.4mm → 2in x 1in) (Dureza 80 IRHD).
- 3.- Momento negativo en el asiento del riel obtenido en la sección.

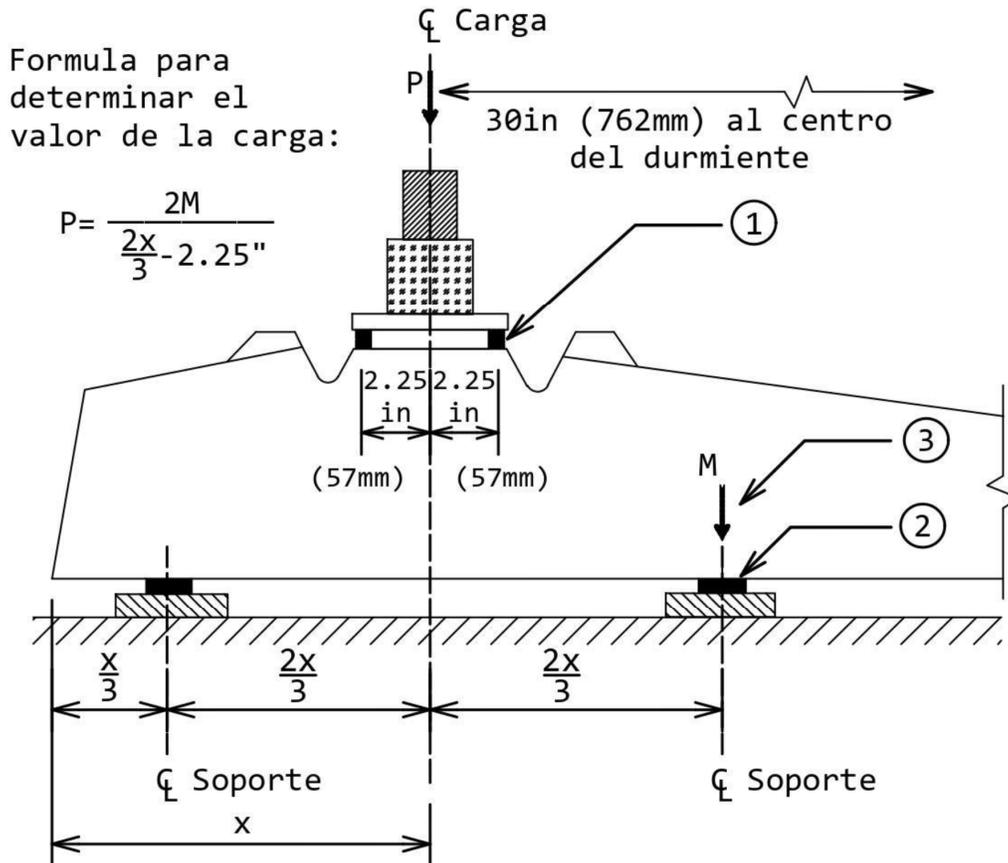
Figura 9 Prueba de momento negativo en el asiento del riel.

C.2.2. Esta carga se mantendrá no menos de 3 minutos, durante los cuales se realizará una inspección para determinar si se produce agrietamiento estructural, utilizando una lupa de 5 aumentos iluminada con luz blanca.

C.2.3. Si no se producen grietas estructurales, se habrá cumplido con los requisitos esta prueba.

C.3. Ensayo de momento positivo en el asiento del riel.

C.3.1. La Figura 10 muestra cómo se debe cargar el durmiente y como obtener la carga vertical (P) para realizar la prueba a partir del momento de diseño. Posteriormente se aplica la carga vertical (P) continua y sin impacto a una velocidad promedio no mayor a 2.3 toneladas por minuto hasta producir el momento positivo de diseño calculado en el asiento del riel de diseño.



- 1.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (25.4mm x 12.7mm → 1in x 1/2in) (Dureza 80 IRHD).
- 2.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (50.8mm x 25.4mm → 2in x 1in) (Dureza 80 IRHD).
- 3.- Momento negativo en el asiento del riel obtenido en la sección.

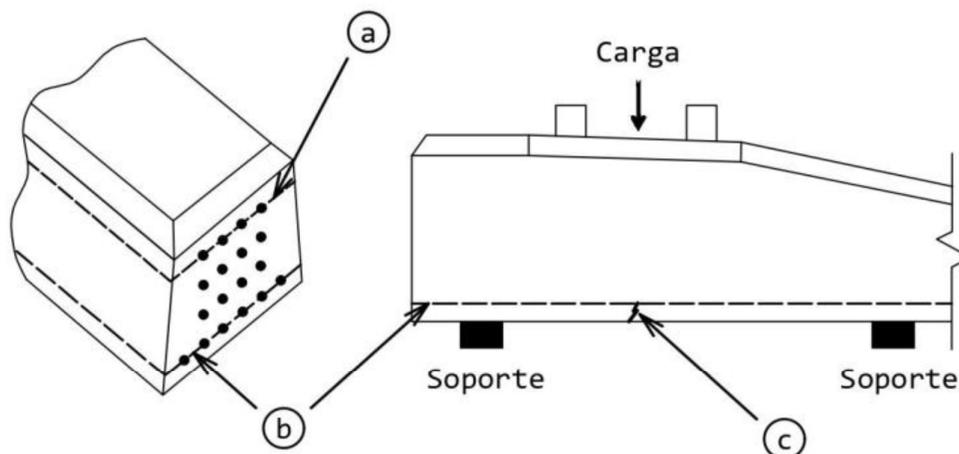
Figura 10 Prueba de momento positivo en el asiento del riel.

C.3.2. Esta carga se mantendrá no menos de 3 minutos, durante los cuales se realizará una inspección para determinar si se produce agrietamiento estructural, utilizando una lupa de 5 aumentos iluminada con luz blanca.

C.3.3. Si no se producen grietas estructurales, se habrá cumplido con los requisitos esta prueba.

C.4. Ensayo de carga repetida en el asiento del riel.

- C.4.1.** Continuando con aplicación de la carga vertical (P) obtenida en el subinciso C.3 para la prueba de momento positivo en el asiento del riel, ésta se incrementará a un promedio no mayor de 2.3 toneladas por minuto, hasta que el durmiente se agriete desde su superficie inferior hasta el nivel inferior del presfuerzo (ver Figura 11). La magnitud de la carga se registrará como carga de agrietamiento.



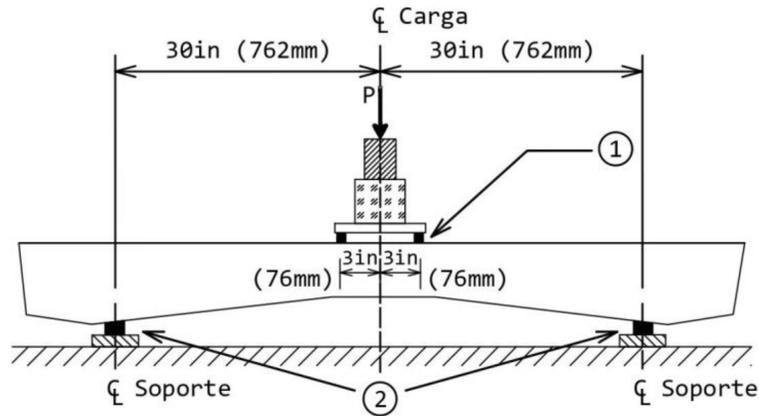
- (a) Superficie más próxima del esfuerzo para las pruebas de:
- 1.-Prueba de momento negativo en la zona del asiento del riel.
 - 2.-Prueba de momento negativo en el centro del durmiente.
- (b) Superficie más próxima del esfuerzo para las pruebas de:
- 1.-Prueba de momento positivo en la zona del asiento del riel.
 - 2.-Prueba de momento positivo en el centro del durmiente.
- (c) Grieta por carga (el agrietamiento se define como la grieta por tensión originada en la cara del concreto que está expuesto a la tensión hasta llegar a la superficie más próxima del refuerzo).

Figura 11 Carga repetida en el asiento del riel.

- C.4.2.** Luego de retirar la carga estática en el asiento del riel necesaria para producir el fisuramiento, y de la sustitución de los soportes (ver Figura 11), por madera laminada de 6.35 mm, el durmiente debe ser sometido a 3 millones de ciclos de carga repetida con cada ciclo variando uniformemente entre 1.82 toneladas y 1.1P. La carga repetida no debe exceder los 600 ciclos por minuto.
- C.4.3.** Si, luego de la aplicación de los 3 millones de ciclos, el durmiente puede soportar una carga en el asiento del riel de 1.5P durante 3 minutos sin deslizamiento del presfuerzo en más de 0.025 mm, falla por compresión, grietas por cortante o falla de presfuerzo; entonces los requerimientos de este ensayo habrán sido alcanzados.

C.5. Ensayo de momento negativo en la sección central del durmiente.

- C.5.1.** La Figura 12 muestra cómo se debe cargar el durmiente y como obtener la carga vertical (P) para realizar la prueba a partir del momento de diseño. Posteriormente se aplica la carga vertical (P) continua y sin impacto a una velocidad promedio no mayor a 2.3 toneladas por minuto hasta producir el momento negativo de diseño calculado en la sección central del durmiente.

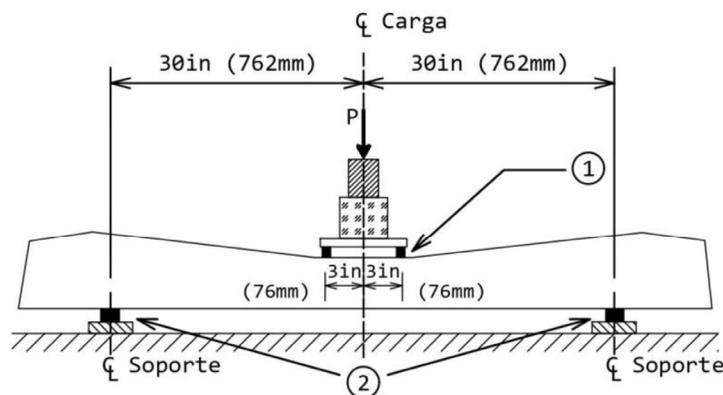


Formula para determinar el valor de la carga: $P = \frac{2M}{27''}$

- 1.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (25.4mm x 12.7mm → 1in x 1/2in) (Dureza 80 IRHD).
- 2.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (50.8mm x 25.4mm → 2in x 1in) (Dureza 80 IRHD).

Figura 12 Prueba de Momento Negativo en el centro del durmiente.

- C.5.2.** Esta carga se mantendrá no menos de 3 minutos, durante los cuales se realizará una inspección para determinar si se produce agrietamiento estructural, utilizando una lupa de 5 aumentos iluminada con luz blanca.
- C.5.3.** Si no se producen grietas estructurales, se habrá cumplido con los requisitos esta prueba.
- C.6. Ensayo de momento positivo en la sección del centro del durmiente.**
- C.6.1.** La Figura 13 muestra cómo se debe cargar el durmiente y como obtener la carga vertical (P) para realizar la prueba a partir del momento de diseño. Posteriormente, se aplica la carga vertical (P) continua y sin impacto a una velocidad promedio no mayor a 2.3 toneladas por minuto hasta producir el momento negativo de diseño calculado en la sección central del durmiente.



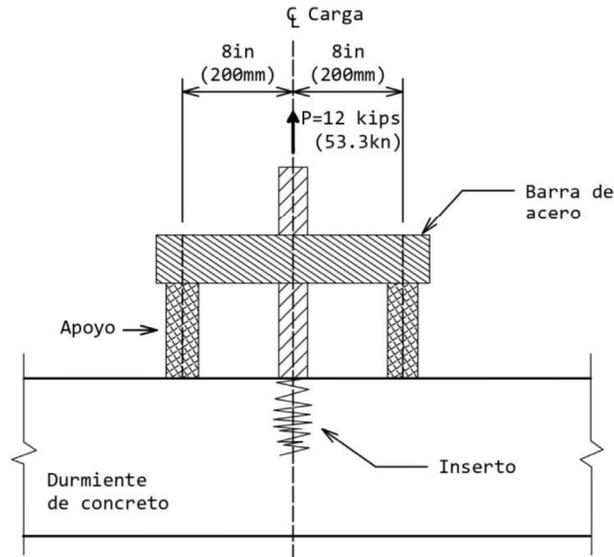
Formula para determinar el valor de la carga: $P = \frac{2M}{27''}$

- 1.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (25.4mm x 12.7mm → 1in x 1/2in) (Dureza 80 IRHD).
- 2.- Apoyo de hule a lo ancho del durmiente de (50.8mm x 25.4mm → 2in x 1in) (Dureza 80 IRHD).

Figura 13 Prueba de momento positivo en el centro del durmiente.

- C.6.2.** Esta carga se mantendrá no menos de 3 minutos, durante los cuales se realizará una inspección para determinar si se produce agrietamiento estructural, utilizando una lupa de 5 aumentos iluminada con luz blanca.
- C.6.3.** Si no se producen grietas estructurales, se habrá cumplido con los requisitos esta prueba.
- C.7. Ensayo de desarrollo de adherencia, anclaje de postensado y carga última.**
- C.7.1.** Los durmientes de concreto pretensados deben someterse a la prueba de desarrollo de adherencia y prueba de carga última como se especifica a continuación:
- I. Con el durmiente apoyado y cargado en el asiento del riel como se muestra en la Figura 10, se aplica una carga total de 1.5 P, siendo "P" la carga correspondiente al momento positivo en el asiento del riel de diseño calculada y debe ser mantenida por no menos de 3 minutos.
 - II. Si no hay más de 0.025 mm de deslizamiento en el torón determinado por medio de un extensómetro con precisión de 1/400 de mm, se habrán cumplido estos requerimientos de esta prueba.
 - III. La carga se incrementará a no más de 4.5 toneladas por minuto hasta que ocurra la falla del durmiente, midiendo y registrando el deslizamiento del torón.
 - IV. La carga a la que se produce el deslizamiento del torón, la lectura de la carga máxima obtenida y la causa raíz de la falla se debe documentar y aclarar si fue debido al deslizamiento del torón, rotura del torón o falla por compresión del concreto.
- C.7.2.** Los durmientes de concreto postensado deben probarse para el anclaje del torón y resistencia última como se especifica a continuación:
- I. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la Figura 10, se aplicará una carga que se incrementará a una velocidad no mayor a 2.3 toneladas por minuto (5 kips por minuto o 22.5 kN por minuto) hasta que se obtenga una carga total igual a 1.5P, siendo "P" la carga correspondiente al momento positivo en el asiento del riel.
 - II. Si el durmiente puede soportar esta carga durante un lapso de 5 min, se habrán cumplido los requisitos de la prueba.
 - III. La carga se incrementará hasta que se produzca la falla final del durmiente, y se registrará la carga máxima obtenida.
- C.8. Ensayo de los insertos de la fijación.**
- C.8.1.** Para determinar la capacidad de resistir la tensión que le transmite el perno al durmiente y la capacidad de éste para soportar los esfuerzos flexionante negativos bajo el patín del riel, se efectúa esta prueba de extracción en cada anclaje como se muestra en la Figura 14.
- C.8.2.** Se debe aplicar una carga axial de 5.45 toneladas por minuto y manteniéndola por no menos de 3 minutos, durante los cuales se debe efectuar una inspección a simple vista para determinar si hay alguna falla en el inserto o cualquier agrietamiento en el concreto, si ocurren tales fallas, los requisitos de esta prueba no se habrán cumplido.

- C.8.3.** La incapacidad del inserto de resistir por sí mismo la carga de 5.45 toneladas (5 kips) sin deformación permanente también constituirá un motivo de incumplimiento de esta prueba.



NOTA: En el "Apoyo" el cabezal es constituido por material aprobado por el cliente.

Figura 14 Prueba de extracción del inserto.

- C.8.4.** Después de la terminación satisfactoria de la prueba anterior, el ensayo del torque debe ser aplicado en cada inserto del durmiente. Un torque de 34.6 kg·m debe ser aplicado sobre el eje vertical del anclaje con una llave de torque calibrada a través de un dispositivo ajustado al anclaje, por no menos de 3 minutos.
- C.8.5.** La capacidad del anclaje para resistir ese torque sin rotación, fisuración del concreto o deformación permanente constituirá la aprobación de esta prueba.
- C.9. Ensayo de extracción de la fijación.**
- C.9.1.** En un tramo de riel, de longitud 460 mm a 510 mm, se debe realizar el ensamble completo del sistema de fijación, incluyendo almohadillas, tornillos, clips, grapas y elementos asociados como lo recomienda el fabricante del sistema de fijación del riel como se muestra en la Figura 15.

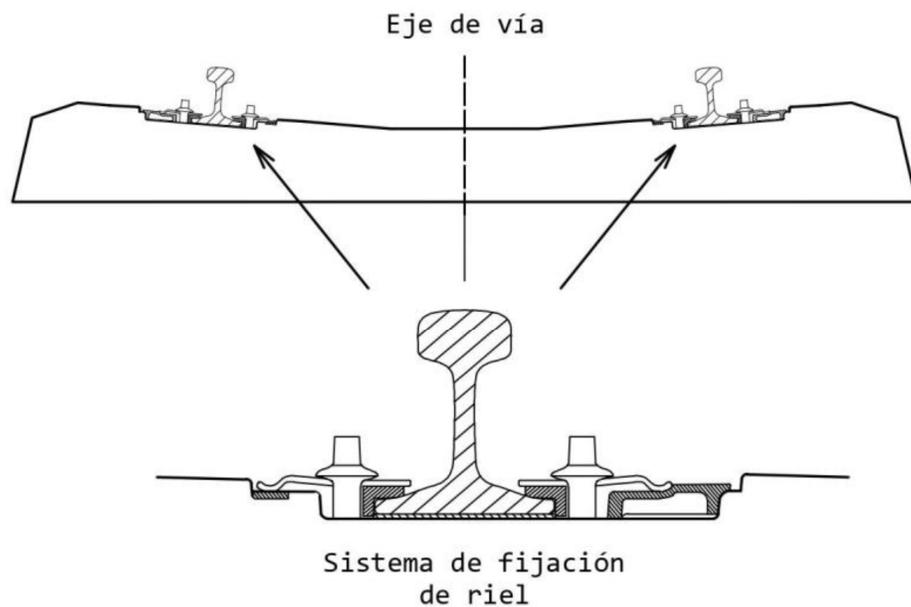
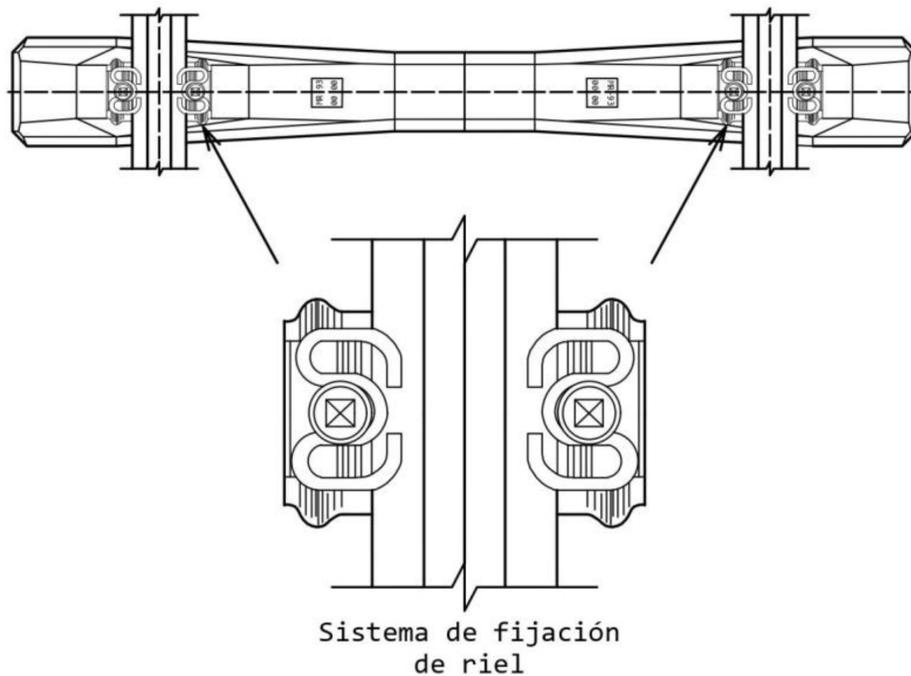
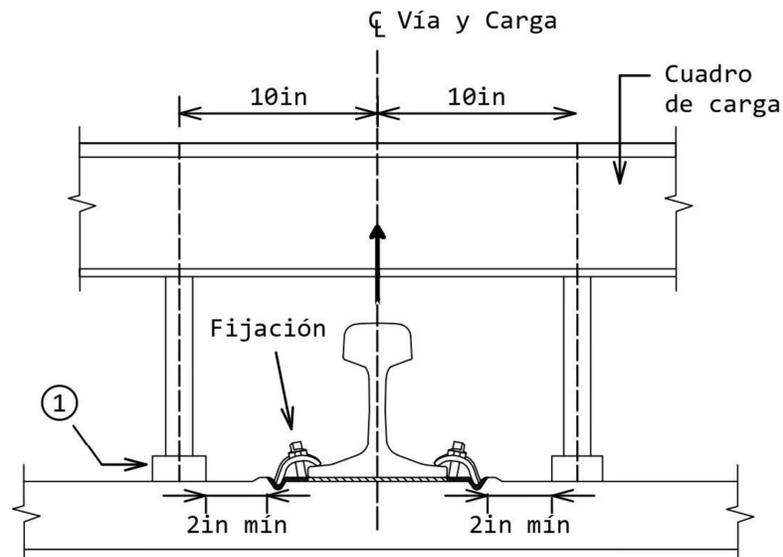


Figura 15 Ensamble completo del sistema de fijación riel-durmiente.

- C.9.2.** Se aplicará una carga axial continua y sin impacto en el centro asiento del riel para levantar el riel de manera uniforme hasta que cree un espacio suficiente para permitir la inserción de cuatro calzas de acero de 0.15 a 0.25 mm bajo el riel, una en cada esquina del asiento del riel. Concluido este paso, se debe dejar de aplicar la carga.
- C.9.3.** De acuerdo con la Figura 16, se aplicará al riel una carga vertical y perpendicular a la base del riel, a un ritmo no superior a 0.45 toneladas por minuto.
- C.9.4.** Se registrará la carga "P" a la que apenas es posible retirar todas calzas con la mano. Si el desplazamiento medido, difiere del desplazamiento medio en un 20% del desplazamiento

máximo, se repetirá el ciclo de carga asegurándose de que la fuerza se aplica en el centro de la base del riel. A continuación, se liberará completamente la carga.

- C.9.5.** Se aplicará una carga de 1.5P (que no debe superar las 4.5 toneladas) y se medirá la separación entre el riel y la base. Se debe soltar la carga.
- C.9.6.** Se volverá a cargar hasta que se cree una separación y registrar la carga "P2", para compararla con la carga P obtenida anteriormente.



- 1.- Soporte para proveer el confinamiento uniforme contra el durmiente.

Figura 16 Prueba de extracción de Fijación.

C.10. Ensayo de resistencia e impedancia eléctrica.

- C.10.1.** Con dos tramos de riel se arma un durmiente, se debe realizar el ensamble completo del sistema de fijación, incluyendo almohadillas, tornillos, clips, grapas y elementos asociados como lo recomiende el fabricante del sistema de fijación del riel como se muestra en la Figura 15.
- C.10.2.** Una vez ensamblado, el durmiente se sumerge en agua por un mínimo de 6 horas. Al comienzo de cada prueba, el agua deberá presentar un valor de resistividad eléctrica de entre 1000 y 1500 ohmios por centímetro. Alternativamente, se puede medir la conductividad del agua, que deberá estar comprendida entre 67 y 100 mS/m.
- C.10.3.** Transcurrido las 6 horas y después de una hora de haber sacado el durmiente del agua, se debe limpiar el punto de contacto de cada riel, asegurándose de que éstos estén libres de óxido u otros contaminantes.
- C.10.4.** Aplicar un voltaje de 10 voltios de corriente alterna, 60 Hz, a través de los dos rieles por un tiempo de 15 min como se muestra en la Figura 17.

