




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS
METRO S.A.
DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPO DE VÍAS
SUMINISTRO DE DURMIENTES BIBLOQUES DE HORMIGÓN**

0	31/01/2018	USO	Pablo Contreras	Christopher Heuser	Roberto Carrasco
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
		L2-150200-00-5VI-ETG-0004			Página 1 de 57
					Revisión 0

APROBACIONES

DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN		FIRMAS	FECHA
PREPARADO POR	Pablo Contreras		
REVISADO POR	Christopher Heuser		
APROBADO POR	Roberto Carrasco		

CONTENIDO

CONTENIDO.....	3
CONTROL DE CAMBIOS.....	8
1. OBJETIVO	9
2. GENERALIDADES	9
2.1. Supervisión	9
2.2. Gastos de Ensayo	9
2.3. Documentos Utilizados.....	9
2.4. Instalaciones.....	10
2.5. Características Generales de los Durmientes	11
2.6. Características de los Materiales	11
2.6.1. Cemento	11
2.6.2. Granulados	11
2.6.2.1. Generalidades	11
2.6.2.2. Forma y Granularidad.....	12
2.6.2.3. Dureza	13
2.6.2.4. Limpieza.....	13
2.6.2.5. Agua de Mezclado	13
2.6.3. Aditivos	13
2.6.4. Armaduras	14
2.6.5. Barras Transversales	14
2.6.5.1. Calidad del Acero.....	14
2.6.5.2. Tolerancias Dimensionales.....	15
2.6.5.3. Aspecto	15
2.6.6. Vainas Plástico-Metálicas.....	16
2.7. Características del Hormigón	16
2.7.1. Clasificación del Hormigón	16

2.7.2. Composición del Hormigón.....	16
2.7.2.1. <i>Determinación de la Composición del Hormigón</i>	16
2.7.2.2. <i>Aprobación de la Composición del Hormigón</i>	16
2.8. Aplicación del Hormigón	17
2.8.1. Generalidades.....	17
2.8.2. Fabricación.....	17
2.8.3. Transporte del Hormigón	18
2.8.4. Ensayos de Control y de Información	18
2.9. Aplicación de los Durmientes.....	18
2.9.1. Moldes.....	18
2.9.2. Marcas de Fabricación.....	19
2.9.3. Preparación e Instalación de las Armaduras, de las Barras Transversales y de las Piezas de Fijación	19
2.9.3.1. <i>Armaduras y Barras Transversales</i>	19
2.9.3.2. <i>Vainas Plástico-Metálicas</i>	20
2.9.4. Hormigonado	20
2.9.5. Desmolde y Acabado.....	20
2.9.5.1. <i>Desmolde</i>	20
2.9.5.2. <i>Guarniciones Plásticas – Metálicas</i>	21
2.9.6. Limpieza de los Moldes.....	21
2.9.7. Secado.....	21
2.9.8. Almacenamiento	22
2.9.9. Cura del Hormigón.....	23
2.9.10. Hormigonado en Tiempo Frío.....	23
2.10. Garantía de Calidad.....	23
2.10.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones	23
2.10.2. Procedimiento de Garantía de Calidad.....	24
3. HOMOLOGACIÓN.....	25
3.1. Aprobación de los Diseños de Ejecución.....	25

3.2.	Procedimiento de Homologación.....	25
3.3.	Ensayos de los Materiales Constitutivos y del Hormigón.....	25
3.3.1.	Ensayos de los Materiales Constitutivos	25
3.3.2.	Control del Hormigón	26
3.3.2.1.	<i>Resistencia a la Compresión</i>	26
3.3.2.2.	<i>Resistencia a la Tracción</i>	27
3.4.	Verificaciones en Productos Terminados.....	28
3.4.1.	Control del Aspecto y de Salud	28
3.4.2.	Control Dimensional	28
3.4.3.	Ensayo de Carga estática Aplicada sobre la Pista de Rodamiento y sobre el Aislador	29
3.4.4.	Ensayo de Carga estática Oblicua sobre el Riel.....	30
3.4.5.	Ensayo de Resistencia de la Sección bajo Pista de Rodamiento.....	30
3.4.6.	Medida de la Resistencia de Aislamiento	31
3.4.7.	Entrega de la Aprobación	31
4.	DEFINICION DE LAS CONDICIONES DE RECEPCION PARA FABRICACION EN SERIE	
	32	
4.1.	Durmientes Probadas	32
4.2.	Descripción del Ensayo	32
4.3.	Conducción del Ensayo. Resultados	32
5.	APROVISIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES.....	34
5.1.	Generalidades.....	34
5.2.	Aprovisionamiento y Almacenamiento de los Materiales.....	34
5.2.1.	Cemento	34
5.2.2.	Granulados	35
5.2.3.	Agua de Mezclado.....	35
5.2.4.	Aditivos	35
5.2.5.	Armaduras	35
5.2.6.	Barras Transversales	36

6.	RECEPCION.....	36
6.1.	Presentación a Recepción. División Lotes	36
6.2.	Naturaleza de los Controles.....	36
6.3.	Control de los Materiales Componentes	37
6.3.1.	Control del Cemento	37
6.3.2.	Control de los Granulados.....	37
6.3.3.	Control del Hormigón	37
6.3.3.1.	<i>Resistencia a la Compresión</i>	<i>37</i>
6.3.3.2.	<i>Resistencia a la Tracción</i>	<i>38</i>
6.3.4.	Realización de los Ensayos sobre Probetas de Hormigón	39
6.4.	Control del Aspecto de los Durmientes	39
6.5.	Control Dimensional	40
6.6.	Ensayos de Fisuración bajo Carga Estática.....	40
6.6.1.	Instalaciones de Ensayo.....	40
6.6.2.	Recordatorio de los Valores de Ensayos Eefinidos sobre Durmientes Prototipos. .	41
6.6.3.	Desarrollo del Ensayo	41
6.7.	Registro de Control.....	41
6.8.	Condiciones de Aceptaciones	41
6.8.1.	Aspecto	41
6.8.2.	Dimensiones, Ensayos de Carga y Sellado de los Pernos Tirafondos	42
6.9.	Aceptación de los Durmientes.....	42
6.10.	Transporte.....	42
7.	GARANTIA Y DERECHOS DE PATENTE.....	43
7.1.	Garantía	43
7.2.	Derechos de Patente.....	43
8.	ANEXOS	44
	ANEXO A: CONTROL DIMENSIONAL	44
	ANEXO B: ENSAYO DE CARGA ESTÁTICA APLICADA SOBRE LA PISTA Y SOBRE EL AISLADOR.....	51

ANEXO C : ENSAYO DE CARGA ESTÁTICA OBLICUA SOBRE EL RIEL	52
ANEXO D: ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CORTE BAJO LA PISTA DE RODAMIENTO .	53
ANEXO E: ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CORTE BAJO LA PISTA DE RODAMIENTO	
PROGRAMA DE CARGAS [KN]	54
ANEXO F: ENSAYO DE FISURACIÓN Y RECEPCIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS.....	55
ANEXO G: VERIFICAR Y EVENTUALMENTE MODIFICAR LAS DISTANCIAS ENTRE LOS	
APOYOS SEGÚN LA RECEPCIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS	56
ANEXO H: ENSAYO DE FISURACIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS PROGRAMA DE CARGAS	
.....	57

CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Punto	Título	Modificación Realizada
0	General	N/A	Aprobación

1. OBJETIVO

La presente especificación define las condiciones de fabricación, de homologación y de recepción de los durmientes y bloques en hormigón armado, destinadas a equipar las vías de rodamiento sobre neumáticos, tanto si están colocadas sobre balasto o sobre plataforma de hormigón. El modo de fabricación se deja a iniciativa del proveedor en la medida en que se respeten las siguientes prescripciones.

2. GENERALIDADES

2.1. Supervisión

Los representantes de Metro tienen libre acceso, durante todo el tiempo de fabricación del suministro, a las partes de la planta que fabrican los durmientes. Pueden proceder en las mismas a todas las verificaciones que consideren útiles, tanto sobre los materiales como sobre las piezas fabricadas y en curso de fabricación, para asegurar que se cumplen todas las condiciones impuestas por la presente especificación.

2.2. Gastos de Ensayo

Todos los gastos relativos a los ensayos definidos en la presente especificación corren a cargo del Proveedor que, además, debe suministrar el material y el personal necesario para los diversos transportes y traslados dentro de la planta.

2.3. Documentos Utilizados

La presente documentación repite en lo esencial las disposiciones de la norma francesa NF F51-101 de la que el Proveedor podrá solicitar la aplicación en reemplazo del presente documento para una fabricación en Francia.

Normas citadas en la presente especificación:

- ISO 1920, 4012, 4108, 9001
- NCh 1369 Of.1978
- NCh 204 Of. 77

- NF A35-015, NF F50-009, NF F50-011, NF F51-101, NF F51-105, NF P15-301, NF P18-400, NF P18-406, NF P18-408,
- ASTM C-131

Los documentos citados, tales como las fichas UIC (Union Internationale des Chemins de fer), normas ISO (International Organization for Standardization), normas francesas (AFNOR) u otras (ASTM, DIN, etc) son las que están en vigor en la fecha que figura en la página de título de la especificación.

En caso de modificación ulterior, deben ser reemplazados por los documentos en vigor en el momento del pedido de los suministros objeto de la especificación. Corresponde al Proveedor informar a Metro precisándole las incidencias eventuales sobre el contenido de la especificación.

2.4. Instalaciones

El Proveedor deberá entregar a Metro el plan general de su instalación prevista para la fabricación de los durmientes, taller de fabricación propiamente dicho, instalación de mezclado de hormigón, hangar o silo de cemento, taller de confección de las armaduras, depósito de los agregados, depósito de los bloques en curso de endurecimiento, instalación para la cura de hormigón, laboratorio, prensa de ensayo, etc.

La obra debe estar equipada con todos los aparatos necesarios para las verificaciones, ensayos y pruebas previstos en la presente especificación y en particular:

- Las plantillas para las verificaciones geométricas.
- Una prensa para los ensayos en probetas de hormigón sobre los durmientes.

Antes de poner en fabricación los durmientes, el Proveedor debe someter a la aprobación de Metro dos series de plantillas para la verificación dimensional (véase acápite 3.4.2).

Después de la aprobación, las plantillas son punzonadas y una serie permanece a disposición del Proveedor, que se sirve de ellas para controlar los durmientes. La segunda serie es para el uso de los representantes de Metro. Solamente las plantillas punzonadas por Metro son válidas para las recepciones.

2.5. Características Generales de los Durmientes

Los durmientes bibloques, denominadas también durmientes mixtas, se componen de dos bloques de hormigón armado, unidas por una barra transversal metálica.

La fijación de los rieles, de rodamiento, de las pistas metálicas y de los aisladores está asegurada por tirafondos especiales, todos atornillados en los bloques por medio de guarniciones plástico-metálicos. Los bloques se suministran equipados con sus guarniciones.

Para los durmientes utilizados en instalación de vías sobre el hormigón, la parte inferior del taco se presenta en forma parecida a la de un tronco de pirámide invertida que se introduce en una zapatilla elastómera que separa el taco del hormigón, de asiento de la vía.

2.6. Características de los Materiales

2.6.1. Cemento

El cemento utilizado debe ser un cemento PORTLAND artificial definido, en ausencia de norma internacional, por la clase 45 de la norma francesa NF P15-301 que precisa el valor impuesto para la resistencia mínima a la compresión (entre 35 y 45 MPa), la velocidad de fragua, la retracción, la expansión, el contenido en SO_3 , en magnesio y en cloro.

En caso de imposibilidad de aprovisionamiento del cemento especificado, el Proveedor puede, después de justificación, proponer a la homologación de Metro, un cemento que presente calidades similares consideradas suficientes.

La dosificación mínima de cemento se establece a 350 kg por m^3 de hormigón instalado.

2.6.2. Granulados

2.6.2.1. Generalidades

Los granulados deben proceder de rocas estables, es decir, inalterables al aire, al agua y a la helada. Se deben prohibir los granulados de rocas feldespático o de esquistos que se descomponen al aire o al agua. No deben contener elementos alcalinos que puedan

reaccionar con los cementos utilizados. No se admite la presencia de elementos de calcáreo blando. Además, se aconseja evitar el empleo de sílex triturado.

Todos los granulados se deben suministrar lavados.

2.6.2.2. **Forma y Granularidad**

- Arenas

El contenido en finos, definido como lo que pasa en el tamiz de 0,08 mm, debe ser inferior al 10 %. La granularidad debe inscribirse en los valores dados a continuación:

Tamiz en mm	Lo que pasa en %
0,16	de 5 a 20
0,315	de 15 a 40
0,63	de 30 a 70
1,25	de 55 a 90
2,5	de 80 a 100
5	de 95 a 100

La continuidad de la curva granulométrica se verifica asegurando que el porcentaje retenido en masa entre 2 tamices sucesivos de la serie 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm es inferior a 40 %.

- Gravillas

Los granos pueden ser prolongados o angulosos.

Los granulados deben comprender, como mínimo, el 30 % en peso de los elementos retenidos entre los tamices de 16 y 31,5 mm. No deben presentar dimensiones superiores a 31,5 mm.

Los granulados utilizados deben caracterizarse por:

- La clase granular definida por dos dimensiones de abertura de mallas de tamices con las condiciones de tamizado y de rechazo.
- La curva granulométrica que traduce la distribución ponderal de los granos por clase granular.

2.6.2.3. **Dureza**

La resistencia al desgaste de la gravilla se mide por el método de LOS ANGELES, según las prescripciones de la norma NCh 1369 of. 1978 o de la norma americana ASTM-C-131. El coeficiente de LOS ANGELES debe ser inferior a 40.

2.6.2.4. **Limpieza**

La limpieza de las gravillas se determina por el peso de elementos que pasan por el tamiz de 0,5 mm y que debe ser menor o igual al 2 %.

El contenido en fragmentos eventuales de conchas fósiles debe ser 30 % para las arenas y 10 % para las gravillas.

2.6.2.5. **Agua de Mezclado**

El agua de mezclado debe ser un agua dulce. No debe contener más de 2 gramos por litro de materia en suspensión y más de 2 gramos por litro en sales disueltas, a reserva que esta proporción de materias disueltas no puede dañar la conservación del hormigón o atacar las armazones.

No debe contener materiales orgánicas tales como aceites, turbas o desechos de glucosa ni de productos químicos tales como detergentes, sulfatos o cloruros en proporciones superiores a las que se admiten para un agua potable.

El agua procedente de una red de distribución de agua potable conviene generalmente, a menos que esté fuertemente clorada.

2.6.3. **Aditivos**

La incorporación de aditivos en el cemento durante su fabricación está prohibida sin el acuerdo previo de Metro. En este caso, no deben contener ninguna traza de cloro, de sales metálicas solubles, en particular del carbonato o del sulfato de sodio o de cualquier cloruro o producto que lo contenga, cualquiera que sea la cantidad, deben ser garantizados como tales.

La aprobación de Metro está subordinada a un estudio especial de composición del hormigón (véase acápite 3.3.1).

2.6.4. Armaduras

El contratista podrá utilizar un acero A63-42H según la norma chilena NCh 204 Of. 77

Las armaduras están constituidas por palanquillas lisas de acero laminado en caliente que deben presentar las características siguientes:

- Límite aparente mínimo de elasticidad: 235 MPa
- Resistencia a la ruptura por fracción: de 410 a 490 MPa
- Alargamiento mínimo a la ruptura: 25 %
- Aptitud para el plegado sencillo de 180 % y al plegado - desplegado
- Aptitud para la soldadura en chisporroteo

En caso de imposibilidad de aprovisionamiento del matiz de acero especificado, el Proveedor puede, después de justificación, proponer a la aprobación de Metro un acero que presente calidades similares juzgadas suficientes.

Para una fabricación en Francia, esas condiciones se pueden reemplazar por las de la norma francesa NF A35-015.

Los aceros para hormigón armado deben estar libres de escorias, de grietas, de ranuras, de fisuras, de burbujas de aire y de faltas de material. Los segmentos aserrados y cizallados deben ser netos, unidos y sin defecto. De una forma general, las armaduras no deben presentar defectos perjudiciales a su empleo.

2.6.5. Barras Transversales

2.6.5.1. Calidad del Acero

Salvo derogaciones acordadas por Metro, las barras transversales se obtienen por laminado o relaminado de productos de reemplazo, en caliente, de un acero cuyas características de producto son las siguientes:

- Resistencia a la ruptura por tracción: 50 R 920 MPa
- Límite convencional de elasticidad de alargamiento en % :
 - Para Re 400 MPa : A 8 %
 - Para 350 Re 400 MPa : A 14 %

- Dureza Brinell: 160 HB 290
- Composición química en % :
 - 0,32 C 0,80
 - 0,54 Mn 1,40
 - Si 0,50
 - P 0,08
 - S 0,08

2.6.5.2. **Tolerancias Dimensionales**

Las tolerancias dimensionales son las siguientes:

- Ancho de las alas: $\pm 1,5$ mm
- Espesor de las alas: $\pm 0,5$ mm
- Longitud de la barra transversal: + 15, - 5 mm
- Entalles eventuales:
 - Dimensiones: + 0, - 1 mm
 - Posición: $\pm 0,5$ mm

2.6.5.3. **Aspecto**

Las piezas terminadas deben estar libres de resquebrajaduras, ranuras e inicios de ruptura y no deben presentar ningún defecto de laminado.

Cada barra transversal debe comprender al menos una vez una marca distinta del fabricante, realizada en relieve al efectuar el laminado.

Las barras transversales suministradas no deben presentar defectos aparentes perjudiciales a su utilización.

No se exigen cortes francos ni de escuadra a ambos extremos, a condición que las dimensiones extremas se mantengan dentro de las tolerancias de la longitud de la barra transversal. Se admiten ligeras rebabas de entallado que no excedan 0,8 mm.

Para una fabricación en Francia, las condiciones anteriores podrán ser reemplazadas por las de la norma francesa NF F51-105.

2.6.6. Vainas Plástico-Metálicas

Su fabricación está definida por la norma francesa NF F50-009 equivalente.

2.7. Características del Hormigón

2.7.1. Clasificación del Hormigón

El hormigón aplicado debe permitir satisfacer las condiciones definidas para la homologación de los durmientes, por ende la resistencia a la ruptura por compresión a 28 días, medidas según las condiciones definidas en el acápite 3.3.2, no puede ser inferior a 35 N/mm².

2.7.2. Composición del Hormigón

2.7.2.1. Determinación de la Composición del Hormigón

La composición del hormigón debe determinarse por un estudio en laboratorio que precise:

- Las curvas granulométricas, la naturaleza, el origen y las características de los granulados,
- La naturaleza, el origen y la dosificación de cemento,
- Las proporciones en peso de los granulados para un m³ de hormigón utilizado,
- La dosificación de agua sobre materiales secos,
- La consistencia del hormigón fresco a obtener en la fabricación,
- Eventualmente la naturaleza y la proporción de los aditivos, así como el porcentaje de aire ocluido,
- Las resistencias a la compresión y a la tracción a 7 y 28 días (véase acápite 6.3.3),
- Las características de la vibración (dureza, frecuencia, amplitud).

El Proveedor somete los resultados del estudio a Metro con todas las justificaciones experimentales necesarias al mismo tiempo que los durmientes prototipos.

2.7.2.2. Aprobación de la Composición del Hormigón

La composición propuesta sólo es aprobada por Metro después que se satisfagan las 2 condiciones siguientes:

- El hormigón propuesto satisface las resistencias mecánicas impuestas y presenta el máximo de compactidad, asegurando al mismo tiempo la maniabilidad necesaria para la utilización correcta del hormigón, tomando en cuenta las disposiciones de los bloques, de las armaduras y de los moldes, así como de los medios utilizados para el establecimiento y el vibrado del hormigón.
- Los durmientes prototipos, fabricados con el hormigón, satisfacen el ensayo de aprobación previo.

En el caso en que los resultados no sean satisfactorios, corresponde al Proveedor hacer todas las proposiciones y nuevos ensayos que permitan obtener un hormigón que satisfaga las condiciones requeridas.

2.8. Aplicación del Hormigón

2.8.1. Generalidades

El hormigón se fabrica mecánicamente por mezcla simultánea de todos los componentes sólidos, el agua se introduce en último lugar.

Los tiempos de mezclado deben ser suficientes para permitir un buen revestimiento de los granulados y, en todos los casos, deberán ser aprobados por Metro.

2.8.2. Fabricación

El Proveedor debe mostrar cerca del mezclador o de los sistemas de medidas ponderales la composición práctica que toma en cuenta diariamente de la humedad de los granulados.

La dosificación de los diferentes componentes se debe realizar por procedimientos tales que sean efectivamente respetadas las tolerancias ponderales siguientes respecto a la composición homologada (véase acápite 3.3.2).

- $\pm 2 \%$ para el cemento.
- $\pm 3 \%$ para cada granulado
- $\pm 2 \%$ para el conjunto de los granulados
- $\pm 2 \%$ para el agua añadida durante la mezcla.

En el caso en que se autorice el empleo de adyuvantes, éstos, en particular, son suministrados en forma sólida (polvos, en forma de lentejuelas) se preparan diluyendo en el agua de mezclado el contenido de una dosis correspondiente a la cantidad de cemento aplicado.

2.8.3. Transporte del Hormigón

Las condiciones de transporte del hormigón deben evitar toda segregación de los elementos, todo comienzo de fragua antes de aplicación, toda elaboración excesiva o intrusión de materias extrañas.

Al llegar al lugar de hormigonado se deben tomar todas las precauciones para que la composición del hormigón no se modifique por adhesión de agua antes de la aplicación.

Si se comprueba esta práctica, el hormigón que ha sido objeto de esta adición debe ser enviado automáticamente a los vertederos.

2.8.4. Ensayos de Control y de Información

El Proveedor está obligado a ejecutar a sus costas en curso de fabricación del hormigón los ensayos de control y de información definidos en el acápite 6.3.3.

Los mismos tipos de ensayos se pueden realizar puntualmente a pedido de Metro para apreciar el procedimiento de cura o el comportamiento del hormigón a bajas o altas temperaturas o si se ha empleado un aditivo.

2.9. Aplicación de los Durmientes

2.9.1. Moldes

Los durmientes son coladas en moldes metálicos idénticos para cada tipo de traviesa.

El Proveedor debe tener en cuenta las deformaciones instantáneas del hormigón para dimensionar los moldes y respetar las tolerancias definidas en el acápite 6.5. Los moldes deben ser sólidos e indeformables; en particular, los fondos deben ser sólidamente atirantados.

Los moldes están equipados con todos los dispositivos necesarios para realizar su retorno después de vibración, su disminución hasta la zona de desmolde y su levantamiento rigurosamente vertical para liberar el elemento desmolde.

Estos dispositivos deben ser concebidos de forma a efectuar estas operaciones sin ningún golpe y con toda la suavidad necesaria.

Además, los moldes están concebidos de forma que las partes inferiores de los bloques que deben introducirse en las zapatillas elásticas antes de la instalación en la vía mantengan dimensiones rigurosas hasta el endurecimiento del hormigón. Para ello, los moldes metálicos deben comprender para el moldeado de estas partes elementos desmontables que formen un depósito, cuyo desmolde se realiza sólo con retraso.

2.9.2. Marcas de Fabricación

Cada traviesa debe comprender en la parte superior de uno de los bloques las indicaciones siguientes procedentes del moldeo en hueco de 2 mm y en caracteres de 20 mm de altura aproximadamente:

- Una sigla de 3 ó 4 caracteres definida por Metro.
- La marca del Proveedor y eventualmente de la planta.
- El mes y la fecha del año de fabricación.

El proyecto de las diferentes marcas debe someterse a la aprobación de Metro.

2.9.3. Preparación e Instalación de las Armaduras, de las Barras Transversales y de las Piezas de Fijación

2.9.3.1. Armaduras y Barras Transversales

Antes de la conformación, los aceros de las armaduras y de las barras transversales se liberan de toda pintura, oxidación no adherente y de todo material que pueda atacar el metal o el hormigón o disminuir su adherencia.

Las armaduras son conformadas sobre plantillas que permiten obtener las formas y dimensiones previstas en los diseños de ejecución. La conformación se ejecuta en frío. En caso de ensamblaje por soldadura de las armaduras, la reducción de sección en los puntos de

ensamblaje deben ser inferior a 10 %. Antes de la colocación en los moldes, cada conjunto de desguace debe ser objeto de una verificación detallada de conformidad a los diseños.

Las espiras eventuales son sólidamente ligadas o soldadas para evitar desplazamientos durante el hormigonado.

Las rejillas inferiores de armaduras pueden situarse un poco antes del fin del llenado del molde, sobre fichas de posicionamiento en altura que se retiran 5 segundos aproximadamente antes del fin de la vibración.

Las armaduras se deben mantener en un molde para evitar todo desplazamiento en el transcurso del hormigonado. Después de la colocación y el calado en el molde y salvo estipulación contraria prevista en los diseños, la posición de las armaduras no debe diferir de 5 mm de las costas previstas en el plano vertical y de 10 mm en el plano horizontal. El recubrimiento de las armaduras debe al menos ser igual a 25 mm.

2.9.3.2. Vainas Plástico-Metálicas

Las vainas plástico-metálicas destinadas a la fijación de los tirafondos especiales se colocan durante la fabricación de los durmientes. Su sujeción en el molde está asegurada por vástagos roscados en las que están atornilladas antes de la colocación. El Proveedor está obligado a suministrar un diseño de estos vástagos roscados con cotas que tengan tolerancias.

2.9.4. Hormigonado

La colocación del hormigón en los moldes vibrantes se efectúa mediante tolvas. El tiempo de vibración debe estar conforme a lo que ha sido establecido para la aprobación del hormigón y al fabricar los durmientes prototipos.

Las partes inferiores de dos bloques de la traviesa se deben compactar por masas metálicas planas sobre las que se asegura una vibración con vistas a obtener una compactidad máxima del hormigón, así como una superficie bien plana de la base de cada taco.

2.9.5. Desmolde y Acabado

2.9.5.1. Desmolde

Las zonas de desmolde deben estar aisladas de las vibraciones, cualesquiera que estas sean.

El desmolde de los dos bloques de la traviesa debe ser rigurosamente simultáneo. Se debe efectuar con precaución, sin choque, para no provocar ninguna deformación, inicio de fisura y fragmentos del hormigón.

Los rebordes de las grapas de sujeción del riel deben estar limpios y perfectamente formados.

Toda traviesa que presente defectos en el desmolde se destruye inmediatamente. Las armaduras se pueden volver a utilizar después de verificación. Se prohíbe reemplazar el hormigón.

Después de desmolde, dado el caso, los bloques, se terminan a mano. Solamente están autorizadas las operaciones de supresión de las rebabas de mortero y de retoque superficial de los paramentos.

Está prohibido el alisado con llanas; se tolera el uso de pequeños esparaveles de madera.

2.9.5.2. *Guarniciones Plásticas – Metálicas*

Los vástagos roscados utilizados para la sujeción de las guarniciones deben permanecer instalados en los durmientes al menos durante 2h30 después del desmolde.

Para ello, los durmientes se agrupan por conjunto de 25 piezas y el plazo de 2h30 comienza después del desmolde la 25ta traviesa.

2.9.6. Limpieza de los Moldes

Entre dos coladas, las paredes interiores de los moldes se deben limpiar y lubricar convenientemente.

Los aceites empleados son aceites especiales denominados aceites de desmolde. Deben ser limpios para que no dejen huellas sobre los paramentos del hormigón y no deben presentar reacción ácida. El aceite se puede aplicar en emulsión fina con un pulverizador antes de la colocación de los aceros. Se prohíbe utilizar paños, pincel o grasa.

2.9.7. Secado

Los durmientes se deben someter, en su zona de almacenamiento:

- Ya sea a un secado al aire libre durante al menos 12 horas,

- bien a un secado acelerado obtenido calentando el interior de la loza de hormigón que soporta los durmientes y cubriendo estas últimas con un toldo; en este caso, el ciclo de calentamiento y de secado se debe someter a la aprobación de Metro.

No se autoriza el secado por estufado al vapor, ya que puede ocasionar una reacción química y una fragilización del hormigón.

2.9.8. Almacenamiento

Después de haber satisfecho las verificaciones del Proveedor, el control eventual del representante de Metro desde los puntos de vista de dimensiones y aspecto y al menos 12 horas después del desmolde, los durmientes se almacenan por lotes en un lugar de acceso fácil.

Como máximo, cada lote debe corresponder a la fabricación de una jornada en condiciones rigurosamente idénticas. Se coloca un pancarta de chapa o de madera sobre cada lote para que sea visible todo el tiempo. La misma muestra la indicación del día de la colada y un número correspondiente al número del lote.

Esta pancarta se puede suprimir si las indicaciones anteriores se dan directamente en la chapa de cada traviesa.

Durante las manipulaciones de almacenamiento, el recepcionista toma en cada lote los durmientes que se someterán a las pruebas de recepción y verifica que las indicaciones con pintura dadas por los durmientes de ensayo corresponden en efecto a las otras durmientes del mismo lote.

Se recuerda que se deben brindar cuidados particulares al hormigón durante su endurecimiento para evitar las fisuras.

Los durmientes se podrán superponer sobre una altura máxima que corresponda a 15 lechos de bloques como máximo, cada lecho está separado del precedente por listoncillos de madera blanda de 40 x 40 mm.

Los durmientes vecinas de cada lecho no deberán tocarse.

2.9.9. Cura del Hormigón

La cura del hormigón tiene por objeto mantener el hormigón en el estado de humedad necesaria para un endurecimiento satisfactorio durante un periodo que varía con las condiciones atmosféricas (de 7 a 10 días).

El hormigón se mantiene protegido del sol a partir del momento en que haya comenzado a fraguar. Su cura por humidificación deberá comenzar cuando el hormigón ya no pueda alterarse por las aguas que corren por su superficie.

Si la cura por humidificación consiste en irrigar hasta su saturación las superficies libres de los durmientes varias veces por día según el estado higrométrico de la atmósfera, los durmientes sólo se podrán superponer sobre una altura correspondiente a 5 lechos de bloques como máximo.

2.9.10. Hormigonado en Tiempo Frío

En todos los casos, la temperatura en el local de fabricación y en el local de cura debe ser superior a + 5° C. Al efectuar su aplicación, los granulados no deben ni estar congelados ni recubiertos de una película de hielo. Para las temperaturas exteriores comprendidas entre 0° C y - 5° C, el hormigonado debe efectuarse con el agua llevada a la temperatura de + 40° C aproximadamente. La fabricación se debe interrumpir si la temperatura exterior es inferior a - 5° C.

2.10. Garantía de Calidad

2.10.1. Dominio de la Calidad de las Fabricaciones

El Proveedor debe establecer una organización, métodos y medios que le permitan asegurar la calidad de las fabricaciones y el control de los suministros.

Debe establecer y mantener operacional un sistema de identificación y de trazabilidad de los productos y de los elementos constitutivos en todas las etapas de la producción, del control y de la entrega.

Debe asegurar la trazabilidad de las operaciones de los productos o de los elementos constitutivos de los productos que subcontrata, para poder encontrar con facilidad el histórico de los datos que lo conciernen, relacionarlos entre sí y atribuirlos con certeza a los productos concernidos.

La trazabilidad concierne esencialmente:

- El origen de las materias primas, el modo de elaboración de los suministros y sus características contractuales.
- Las operaciones de transformación y de tratamiento.
- Los controles dimensionales.

La trazabilidad debe permitir volver a encontrar todas las piezas que hayan sido objeto de las mismas operaciones de fabricación y de control.

2.10.2. Procedimiento de Garantía de Calidad

Reemplazando el control directo en planta por Metro según las disposiciones definidas por la presente especificación; el Proveedor puede solicitar gozar de un procedimiento de garantía de calidad definido por la norma ISO 9001 relativa al modelo para la garantía de calidad en producción, instalación, control y ensayos finales.

Este procedimiento sólo puede ser aplicado si el Proveedor ya ha obtenido una certificación de Garantía de Calidad y una habilitación por parte de un organismo oficial (red ferroviaria o de metro, etc.). Entonces el Proveedor debe entregar a Metro, un manual de calidad, un plan de calidad y un plan de control de verificación y de pruebas que permita cerciorarse de la aplicación de las prescripciones de la presente especificación.

Metro procede, después del examen de los documentos a una auditoria en el establecimiento del Proveedor para verificar los procedimientos y los medios de control en curso de fabricación así como los documentos que da los resultados de los ensayos.

Si Metro considera que este examen es satisfactorio, autoriza entonces al Proveedor a proceder por sí solo al control de sus fabricaciones. Sin embargo, Metro se reserva el derecho de ejercer una supervisión:

- Por sondeos de controles y ensayos en curso de fabricación.
- Por inspecciones o "auditorias" parciales para cerciorarse de la aplicación efectiva de los planos de calidad de los procedimientos y de su eficacia, en particular después de una interrupción duradera de fabricación.

En caso de diferencias significativas observadas respecto a los procedimientos homologados y no corregidos, Metro puede suspender el procedimiento de garantía de calidad y hacer aplicar el control directo previsto en la especificación.

3. HOMOLOGACIÓN

3.1. Aprobación de los Diseños de Ejecución

Antes de toda puesta en fabricación de las muestras prototipos, el Proveedor debe someter a aprobación de Metro o su Representante los diseños de ejecución de cada tipo de traviesa bibloque propuesta.

En particular, estos diseños deben indicar las cotas esenciales con sus tolerancias dimensionales.

3.2. Procedimiento de Homologación

Antes de emprender la fabricación en serie, el Proveedor presenta para homologación de Metro su Representante los diferentes modelos de durmientes bibloques que debe realizar. La homologación se pronuncia cuando las conclusiones de los controles de aspecto - salud, los controles dimensionales y los ensayos de homologación definidos en el capítulo 3 son positivas.

En caso de modificación en la constitución, en la concepción o en el procedimiento de fabricación, el Proveedor advierte a Metro y se indica un nuevo procedimiento de homologación.

3.3. Ensayos de los Materiales Constitutivos y del Hormigón

3.3.1. Ensayos de los Materiales Constitutivos

De forma general, las características de los materiales que constituyen los durmientes previstos en la presente especificación corresponden a las clasificaciones de las normas francesas.

Si los tipos o clases de materiales indicados no figuran en las normas nacionales del país del Proveedor, éste puede proponer a la homologación de Metro la utilización de una clase o de un tipo normalizado similar.

Todos los materiales utilizados para la puesta en obra de los durmientes (cemento, granulados, agua, adyuvante, armadura) y el hormigón seleccionado por el Proveedor, sólo pueden ser aprobados por Metro si satisfacen las prescripciones de los acápite 2.6 y 2.7.

Cada entrega de los materiales debe estar acompañada por un certificado de conformidad que indique la procedencia, la naturaleza y las características del material suministrado. En todos los casos, los materiales sólo pueden ser aceptados con el acuerdo de Metro, basado en los certificados de conformidad indicados anteriormente. Además, Metro se reserva el derecho de hacer proceder a todos los ensayos de recepción que considere útiles para controlar la calidad de los materiales. Todo resultado negativo de uno de los ensayos implica el rechazo sistemático de los materiales a los que se aplica.

Todo cambio de procedencia, de naturaleza o de características de los materiales en curso de fabricación dará lugar a una nueva aprobación.

La aprobación de los materiales puestos en obra concierne:

- Al cemento.
- A los granulados.
- Al agua de mezclado.
- A los adyuvantes eventuales.
- A las armaduras.
- A las guarniciones plástico-metálicas.

3.3.2. Control del Hormigón

3.3.2.1. Resistencia a la Compresión

Al efectuarse la homologación, se debe proceder a determinar el valor de referencia de la resistencia a la compresión del hormigón.

Esta resistencia se obtiene a partir de los valores de la resistencia a la compresión obtenida en 22 probetas cilíndricas confeccionadas con el hormigón de las mezclas destinadas a la fabricación de los durmientes de homologación. Se destinan 6 probetas a los ensayos a 7 días y 16 a los ensayos a 28 días.

Los valores de referencia se calculan tal como se indica a continuación, a partir de los resultados de las probetas que corresponden a los durmientes que han pasado exitosamente los ensayos mecánicos de homologación.

$$R_{C7} = 0.95 m_a$$

$$R_{C8} = m_a - 0.8S$$

Con :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sqrt{(R_i - m_a)^2}}{n}$$

$$m_a = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} r_i}{i=1}$$

r_i = resistencia de una probeta

n = cantidad de probetas del ensayo

3.3.2.2. **Resistencia a la Tracción**

Al efectuar la homologación se procede a determinar el valor de referencia de la resistencia a la tracción del hormigón.

Esta resistencia se define a partir de los valores de resistencia a la hendidura en probetas cilíndricas para ensayos a 7 y a 28 días en las mismas condiciones que en el acápite 3.3.2.1 anterior.

Los valores de referencia se calculan tal como se indica a continuación a partir de los resultados de las probetas que corresponden a los durmientes que han pasado con éxito los ensayos mecánicos de homologación.

$$R_{T7} = 0.95 m_a$$

$$R_{T28} = m_a - 0.8S$$

S y m_a : véase fórmulas (1) y (2) anteriores.

3.4. Verificaciones en Productos Terminados

Los prototipos de los diferentes modelos de traviesa y bloques que debe realizar el Proveedor se someten a los controles y ensayos definidos a continuación.

Todos los ensayos se ejecutan, como mínimo, a 28 días y, como máximo, a 42 días después de la fabricación de los prototipos.

3.4.1. Control del Aspecto y de Salud

Los diferentes modelos de traviesa bloques destinados a los ensayos mecánicos de homologación definidos a continuación se examinan desde el punto de vista aspecto y salud.

Los paramentos brutos de desmolde deben ser bienvenidos, regulares de forma y de constitución, sin fisuras ni grietas.

Ninguna armadura debe ser aparente.

Las cubetas de apoyo o los rebordes deben ser limpios y perfectamente moldeados.

No debe haber ni arrancamiento, ni vibración de los insertos de anclaje.

La superficie inferior de la traviesa en contacto con el balasto no debe ser lisa.

Está prohibido todo alisado sobre los durmientes desmoldados. Sin embargo, se autoriza lisar la superficie, así como recubrir las eventuales burbujas en zonas limitadas. Los productos de recubrimiento están aplicados con una mezcla de resina (tipo SIKKA 122 F o equivalente). Se prohíben estas operaciones en las zonas activas de la traviesa: apoyo de los perfiles y de las fijaciones.

Además, para los durmientes bloques, instaladas sobre una zapatilla elástica, las superficies de la traviesa en contacto con la zapatilla deben ser lisas.

3.4.2. Control Dimensional

Antes de todo control individual de traviesa, el Proveedor realiza un montaje completo con dos recortes de riel, de pista de rodamiento, de barra de guía y cuatro durmientes bloques prototipos (dos durmientes ordinarias más dos durmientes soporte aisladores); Metro tiene que cerciorarse que el montaje de conjunto es correcto (separación de la vía, posición del riel y de la pista de rodamiento, posición de la barra de corriente, etc.).

Eventualmente, el Proveedor debe modificar los moldes para corregir los defectos observados al efectuar estas verificaciones.

Si esta primera verificación es satisfactoria, se efectúan los controles individuales de traviesa con las plantillas realizadas por el Proveedor. Estos controles están concebidos para respetar las condiciones de verificación definidas a continuación. Los planos de construcción también corren a cargo del Proveedor, que debe someterlos a la aprobación de Metro o de su Representante.

Las plantillas son verificadas por Metro, que las punzona después de su aprobación.

Se verifican todos los durmientes que reposan sobre su superficie inferior sobre un plano horizontal. Se deberán tomar todas las precauciones para que ninguna deformación afecte la geometría de la traviesa. La misma se colocará sobre dos almohadillas de caucho microcelular de 9 mm de espesor encastradas dentro de un marco metálico del mismo espesor. El plano superior así constituido servirá de referencia, en particular para las medidas de espesor (dimensiones de las almohadillas = dimensiones del taco + 5 cm aproximadamente).

Previamente se limpiarán las superficies.

Los controles dimensionales se realizarán en el orden y según las disposiciones en el anexo A.

Nota: Los diferentes modelos de traviesa bibloque destinados a los ensayos mecánicos de homologación se someten al control dimensional.

3.4.3. Ensayo de Carga estática Aplicada sobre la Pista de Rodamiento y sobre el Aislador

El ensayo se efectúa en un laboratorio designado por Metro, de conformidad a las disposiciones del anexo B, sobre dos prototipos de durmientes soportes aisladores en los que están montados 2 aisladores y 2 recortes de pista de rodamiento (montaje clásico).

- Esfuerzo vertical sobre la pista 160 kN
- Esfuerzo transversal sobre el aislador 80 kN

La traviesa descansa sobre dos apoyos de caucho discontinuos y de longitud igual al doble de la distancia entre el eje de la plataforma de apoyo de la pista y el extremo de la traviesa situado del lado exterior de la vía.

En el transcurso del ensayo no se debe observar ni ruptura ni deformación de las fijaciones, ni fisuración del hormigón.

3.4.4. Ensayo de Carga estática Oblicua sobre el Riel

El ensayo se efectúa en un laboratorio designado por Metro de su Representante, de conformidad a las disposiciones del anexo C, sobre dos prototipos de traviesa ordinaria y sobre dos prototipos de traviesa soporte aisladores.

Una fuerza oblicua, orientada hacia el exterior de la vía, de componente horizontal 60 kN y de componente vertical 120 kN, se aplica sobre el champiñón de cada uno de los rieles.

La traviesa descansa sobre dos apoyos de caucho discontinuos y de longitud igual a la de un taco.

No se debe observar ni ruptura de las fijaciones, ni fisuración del hormigón durante el ensayo.

3.4.5. Ensayo de Resistencia de la Sección bajo Pista de Rodamiento

El ensayo se efectúa en un laboratorio designado por Metro, de conformidad a las disposiciones del anexo D, en cada uno de los extremos de dos prototipos de traviesa ordinaria y de dos prototipos de traviesa soporte aisladores.

El ensayo es de tipo flexión bajo cargas repetidas cuyas modalidades de aplicación se definen a continuación.

La carga pulsada (250 ciclos/min) oscila entre 50 kN (valor mínimo) y un valor máximo P. Se repite 5000 veces para cada nivel de carga.

Cada extremo de la traviesa está sometido a una serie de niveles de carga crecientes, según las indicaciones del anexo E, cada nivel está separado del nivel siguiente, por el tiempo necesario para la observación y para la medición de las fisuras.

El primer nivel se sitúa a 120 kN, la diferencia entre cada nivel es de 20 kN.

Al final de cada nivel de carga, la sección probada se observa y se mantiene la carga, la existencia de las fisuras, su abertura y su desarrollo se anotan, luego, con la carga anulada, se mide y anota la abertura residual de las fisuras:

- 1º: el nivel R_1 más allá del cual aparece la 1ra fisura bajo carga,
- 2º: el nivel R_2 más allá del cual al menos una fisura no se vuelve a cerrar después de la descarga (abertura superior a 0,10 mm),
- 3º: el nivel R_3 más allá del cual al menos una fisura presenta sin carga una abertura igual o superior a 0,5 mm.

El ensayo continúa hasta una abertura de fisura sin carga superior a 1 mm.

El ensayo se considera satisfactorio si se reúnen las dos condiciones siguientes para el conjunto de los extremos probados.

- R_2 120 kN
- R_3 150 kN

3.4.6. Medida de la Resistencia de Aislamiento

Las medidas se efectúan sobre los durmientes equipados con sus recortes de pista y de rieles y sus fijaciones que han sido sometidos a las pruebas de fatiga en el pulsador.

La traviesa completa se sumerge en el agua (si es posible agua de lluvia, durante un mínimo de 6 horas). La resistencia medida en el megaohmímetro entre los dos recortes de rieles bajo una tensión de 500 voltios debe ser igual o superior a 20 000 ohmio.

3.4.7. Entrega de la Aprobación

Si todas las pruebas han brindado satisfacción, se pronuncia la aprobación. Si hay una duda sobre los resultados de un ensayo, éste se puede efectuar nuevamente sobre una cantidad de durmientes doble a la prevista para el ensayo. Si esos nuevos ensayos no son enteramente satisfactorios, se rechaza definitivamente la aprobación.

4. DEFINICION DE LAS CONDICIONES DE RECEPCION PARA FABRICACION EN SERIE

4.1. Durmientes Probadas

Una vez satisfecho el ensayo de aprobación, 5 durmientes del lote de prototipos se someten a un ensayo de fisuración bajo cargas estáticas que tengan por objeto definir las condiciones de la recepción de los durmientes de serie.

Este ensayo se efectúa en los establecimientos del Proveedor al menos 28 días y como máximo 35 días después de la fabricación de los durmientes.

Se puede efectuar al mismo tiempo que los ensayos de homologación, pero, claro está, sólo tienen valor si los ensayos de homologación han dado resultados satisfactorios.

Si los durmientes del mismo tipo que el ya ha aprobado se deben fabricar en otra planta, los presentes ensayos de definición de las condiciones de recepción se deben efectuar y aplicar sobre los durmientes propias a esta planta.

4.2. Descripción del Ensayo

Se trata de un ensayo de fisuración por flexión bajo carga estática efectuada al anverso sobre 5 bloques y a la reverso para los otros 5.

Las disposiciones del ensayo son conformes a las indicaciones en el anexo 6. El esfuerzo de flexión se debe aplicar a nivel del eje de la plataforma de apoyo de la pista de rodamiento.

4.3. Conducción del Ensayo. Resultados

El aumento en carga se realiza por nivel de 20 kN a partir de 100 kN, según el esquema del anexo H.

Cada nivel de carga se mantiene al menos durante 1 minuto.

En cada nivel de carga se examinan con lupa micrométrica las dos superficies laterales de cada taco o cabeza de traviesa y se anota para cada nivel la aparición de fisuras y su abertura bajo carga.

A continuación se determina:

- Para cada ensayo al anverso, tres niveles de carga P_1 , P_2 , P_3 ,
- Para cada ensayo al reverso, tres niveles de carga P'_1 , P'_2 , P'_3 ,

De la forma siguiente:

- a) Los valores P_1 y P'_1 definen los niveles más allá de los cuales se observa bajo carga la aparición de la primera fisura.
- b) Los valores P_2 y P'_2 definen los niveles más allá de los cuales al menos una fisura no se vuelve a cerrar después de la descarga (abertura superior a 0,05 mm).
- c) Los valores P_3 y P'_3 definen los niveles más allá de los cuales una fisura presenta al menos después de descarga una abertura igual o superior a 0,5 mm.

Así se obtienen para cada uno de los seis niveles: P_1 , P_2 , P_3 , P'_1 , P'_2 , P'_3 , 5 valores que presentan cierta dispersión.

Para cada uno de los niveles, se calcula la media aritmética de los 5 valores, es decir:

P. El resultado se redondea por defecto a la decena de kN.

Se retienen los siguientes valores para los ensayos de recepción:

$$F_1 + P_1 - 20 \text{ kN} \qquad F'_1 = P'_1 - 20 \text{ kN}$$

$$F_2 + P_2 - 20 \text{ kN} \qquad F'_2 = P'_2 - 20 \text{ kN}$$

$$F_3 + P_3 - 20 \text{ kN} \qquad F'_3 = P'_3 - 20 \text{ kN}$$

No debe aparecer ninguna fisura bajo la carga F_1 o F'_1 . Podrá aparecer una fisura más allá de la carga F_1 o F'_1 , pero siempre deberá que volver a cerrarse hasta tanto no se haya superado el nivel de carga F_2 o F'_2 .

5. APROVISIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

5.1. Generalidades

Los materiales se aprovisionan y se almacenan en la planta de fabricación de los durmientes según las prescripciones indicadas en el acápite 5.2 a continuación.

5.2. Aprovisionamiento y Almacenamiento de los Materiales

5.2.1. Cemento

El cemento se suministra a la obra en sacos o a granel (contenedor, camión o vagón especializado) y se conserva en almacén o silo. El Proveedor debe verificar que los continentes (sacos o contenedores) indiquen, de una forma visible, la indicación de la naturaleza y de la clase de resistencia, la marca particular a la planta y el sello de calidad correspondiente a la marca homologada.

Si se aprovisiona en contenedores, las aberturas de llenado y de vaciado deben contar con un plomo o con cualquier otro procedimiento inviolable aprobado por Metro. Estos dispositivos de seguridad sólo se liberan después de la verificación por parte de Metro.

Se deben tomar todas las precauciones para asegurar una buena conservación del cemento e impedir su hidratación accidental o su aireación. A este efecto, se debe alojar en un local cerrado, cubierto y hermético a la lluvia, que comprenda pisos de madera ventilados o de hormigón, o bien en silos estancos previamente vaciados y limpiados. En este último caso, el contenido de los silos no debe ser superior al consumo de un mes de fabricación.

Por otra parte, los cementos deben someterse a una duración de ensilamiento de 14 días como mínimo a partir de la fecha de fabricación. Los dispositivos de los almacenes o de los silos deben ser tales que los lotes en instancia de ensayos, los lotes en curso de ensayos y los lotes aceptados estén completamente separados, sin mezcla ni confusión posible.

Todo cemento contenido en sacos dañados, que hayan sido fraguado, incluso parcialmente, que presenten grumos o terrones hidratados o que tenga más de tres meses de almacenamiento, en ningún caso se podrán utilizar y deben ser destruido obligatoriamente o transportados fuera de los límites de la obra.

5.2.2. Granulados

Los granulados de diferentes categorías se almacenarán por lotes separados (montones diferentes o separados por tabiques macizos) para que no se puedan mezclar. Se almacenan para evitar toda segregación o contaminación.

Las zonas de almacenamiento deben ser drenadas para evitar variaciones importantes de humedad en la masa.

5.2.3. Agua de Mezclado

El agua de mezclado se puede conservar en depósitos o aprovisionar hasta el taller de fabricación del hormigón por una red de canalizaciones.

5.2.4. Aditivos

Los aditivos eventualmente autorizados se suministran en sobres o recipientes cerrados que comprendan de forma visible las inscripciones que mencionan la naturaleza, la procedencia y las condiciones de utilización.

Se conservan protegidos de la humedad y de toda variación climática.

5.2.5. Armaduras

Las barras de acero para hormigón armado se aprovisionan en el taller de fabricación, ya sean rectas (sin plegaduras ni enrollados), o bien en coronas de un diámetro superior o igual a 200 veces el de las barras. En este último caso, los aceros deben rectificarse previamente con un conjunto de herramientas especializado homologado por Metro.

Se prohíbe rectificar las barras accidentalmente plegadas: estas barras se rechazan. Sin embargo, sus partes no plegadas pueden ser aceptadas si son utilizables, tomando en cuenta su longitud.

Los aceros se almacenan en un parque especial. Se clasifican por clases y por diámetros. Si coexisten en el mismo taller de fabricación de palanquillas lisas del mismo diámetro y de clases diferentes, los lotes correspondientes se almacenan en parques claramente separados y sus

barras se marcan con pintura en sus dos extremos. En caso de duda sobre la clase de una barra o de un lote, se debe verificar el límite de elasticidad antes de su utilización.

Las zonas de almacenamiento deben estar limpias, las barras se substraen al contacto del suelo y al de materiales u objetos que puedan mantener la humedad. De forma general, el parque de almacenamiento se debe organizar de forma tal que se evite toda suciedad y toda contaminación sensible de las barras.

Los transportes y el traslado de las barras de la planta productora al lugar de utilización se organizan y efectúan de forma tal que estas barras no sufran deformaciones permanentes accidentales, daños ni rupturas y que no estén sucias.

Los aceros pueden no ser perfectamente lisos en su recepción. En efecto, es indispensable, para asegurar una adherencia conveniente, que una ligera capa de oxidación adherente substituya a la calamina de laminado.

5.2.6. Barras Transversales

Las barras transversales se pueden exponer a la intemperie.

6. RECEPCION

6.1. Presentación a Recepción. División Lotes

Los durmientes que corresponden a la fabricación de una jornada se presentan a recepción por lote de 200 durmientes como mínimo.

Un conjunto de menos de 200 durmientes, por ejemplo, que corresponda al lote de fin de jornada, se considera como un lote. Un lote no puede exceder la producción de una jornada.

En el transcurso de estas divisiones en lotes, el agente recepcionista reserva, por ejemplo, encima de las pilas correspondientes a cada lote, 10 durmientes para los controles de recepción.

6.2. Naturaleza de los Controles

La fabricación de los durmientes da lugar a los controles y ensayos siguientes:

- Control de la resistencia del hormigón
- Control del aspecto, de las dimensiones y de las tolerancias de los durmientes
- Ensayos de los durmientes bajo carga estática
- Ensayo de los durmientes con resistencia límite a la fisuración

6.3. Control de los Materiales Componentes

6.3.1. Control del Cemento

Las características definidas en el acápite 3.3.1 deben ser verificadas por la fábrica de cemento productora que debe entregar al Proveedor un certificado de conformidad en cada entrega y un listado de las características medidas al menos una vez al mes.

6.3.2. Control de los Granulados

Las características de los granulados definidas en el acápite 3.3.1 deben ser verificadas por la (o las) cantera(s) productora(s) quien(es) debe(n) entregar al Proveedor un certificado de conformidad en cada entrega.

El Proveedor debe efectuar un análisis granulométrico de cada elemento al menos una vez por mes. Las curvas granulométricas deben inscribirse en los husos inscritos en la ficha técnica de homologación del hormigón. Si se observa una divergencia entre los granulados suministrados y los homologados, se rechaza el suministro de los granulados.

6.3.3. Control del Hormigón

6.3.3.1. Resistencia a la Compresión

En curso de fabricación, el Proveedor controla la resistencia a la compresión del hormigón al menos una vez por semana y además cada vez que pueda existir una duda sobre la calidad del hormigón o de sus componentes.

A este efecto, el Proveedor confecciona, por toma de muestra de hormigón de una mezcla a utilizar, 6 probetas de compresión cilíndricas para pruebas (realizadas según las prescripciones de la norma ISO 1920), la mitad a 7 días y la otra mitad a 28 días. Los ensayos propiamente dichos son realizados según las prescripciones de las normas ISO 4012, a los 7 y a los 28 días.

La resistencia a la compresión de los ensayos de control se determina como se indica a continuación:

$$C_{C7} \text{ o } C_{C28} = 0.95 m_a$$

m_a : ver fórmula (2) del acápite 3.3.2.1

r_i = resistencia de una probeta

$$n = 3$$

- Sanción del Ensayo

Si $C_{C7} < 0.9 R_{C7}$ el Proveedor debe interrumpir la fabricación de durmientes. Sin embargo, si la resistencia en cuestión es al menos igual a 30 MPa, se puede continuar la fabricación; entonces conviene buscar las causas de la insuficiencia respecto al hormigón de referencia.

Si $C_{C28} < 0.9 R_{C28}$ sin ser, no obstante, inferior a 35 MPa, el Proveedor debe avisar inmediatamente a Metro, que procede a la toma de 4 durmientes fabricadas a partir de la mezcla de hormigón que ha servido a la confección de las probetas. Entonces se verifican las características mecánicas de estas durmientes. Si los resultados obtenidos son positivos, los durmientes fabricados entre 2 controles de hormigón satisfactorios se reconocen como conformes.

6.3.3.2. **Resistencia a la Tracción**

Las medidas de resistencia a la tracción del hormigón se efectúan durante la fabricación en las mismas condiciones que en acápite 6.3.3.1. La resistencia a la tracción de estos ensayos de control se determina como se indica a continuación:

$$C_{T7} \text{ o } C_{T28} = 0.95 m_a$$

m_a : ver fórmula (1) del acápite 3.3.2.1

r_i = resistencia de una probeta

$$n = 3$$

- Sanción del Ensayo

Si $C_{T7} < 0.97R_{T7}$, el Proveedor debe buscar las causas de la insuficiencia respecto al hormigón de referencia.

Si $C_{T28} < 0.9 R_{T28}$, el Proveedor debe avisar inmediatamente a Metro quien procede a tomar 4 durmientes fabricadas a partir de la mezcla de hormigón que ha servido para la fabricación de las probetas.

Entonces se verifican las características mecánicas de estas durmientes. Si los resultados obtenidos son positivos, los durmientes fabricados entre 2 controles de hormigón satisfactorios se reconocen como conformes.

6.3.4. Realización de los Ensayos sobre Probetas de Hormigón

Las probetas cilíndricas, los ensayos de compresión y los ensayos de tracción se realizan según las prescripciones de las normas ISO 1920, 4012 y 4108 o por sus normas eventuales de aplicación en el país del Proveedor (normas NF P18-400, 406 y 408 para una fabricación en Francia).

Las probetas sólo se desmoldan después de secado a 20°C durante 24 h en su molde.

6.4. Control del Aspecto de los Durmientes

El Proveedor debe verificar el aspecto de cada traviesa.

Las superficies exteriores deben quedar brutas de desmolde. Deben ser regulares de forma y de constitución, limpias y exentas de toda hendidura, fisura, grieta o fragmentos.

Ninguna armadura debe ser aparente, a excepción de las barras transversales.

Las superficies inferiores de los bloques de los durmientes para la instalación sobre hormigón deben ser lisas. De forma general, se aplican las prescripciones del acápite 3.4.1.

El recepcionista procede al examen visual sistemático del aspecto exterior sobre las piezas que se toman para los controles dimensionales (acápite 6.5). No obstante, puede hacer eliminar toda pieza considerada defectuosa en los exámenes visuales de las piezas almacenadas o durante los traslados ejecutados por el Proveedor.

Si es posible, el agente recepcionista también verifica en cada traviesa destinada al ensayo de carga, mediante un pequeño detector de ultrasonidos ("pachómetro"), el posicionamiento correcto de las armaduras respecto a las paredes de los bloques de los durmientes. En principio = 5 mm respecto a las cuotas teóricas: en principio, las dimensiones y las cotas de posicionamiento de las armaduras deben ser tales que ninguna armadura esté situada a menos de 20 mm de las paredes de los bloques de los durmientes después de la fabricación.

6.5. Control Dimensional

Todos los controles dimensionales definidos en el acápite 3.4.2. se deben realizar en las primeras durmientes fabricadas después de la puesta en servicio de un nuevo molde o después de la reparación de un molde.

En fabricación corriente, todos los controles dimensionales se deben efectuar sobre 2 durmientes por lote.

Se debe rechazar toda traviesa que presente un defecto dimensional y ésta requiere ser clasificada por parte del Proveedor del lote concernido, antes de presentarse nuevamente a recepción.

6.6. Ensayos de Fisuración bajo Carga Estática

6.6.1. Instalaciones de Ensayo

El ensayo se efectúa sobre una de los durmientes tomados en cada lote, al menos 28 días y como máximo 42 días después de la fecha de fabricación.

Los durmientes se colocan bajo una prensa, según las indicaciones dadas en el esquema adjunto en el anexo G.

La misma traviesa se prueba al anverso en uno de los bloques y al reverso en el otro taco.

La prensa está instalada en un lugar convenientemente iluminado para observar con facilidad la aparición de las fisuras eventuales.

El manómetro de la prensa se verifica regularmente o, en caso de duda, por comparación a un manómetro que solamente sirve para esta verificación y calibrado en un laboratorio homologado por Metro.

Al lado del manómetro encontramos un cuadro de conversión de las presiones de fuerzas, la esfera de éste además puede comprender una escala suplementaria, graduada en kN.

La capacidad y la resistencia del material debe permitir ejercer una fuerza máxima de al menos 4.10^5 N (40 toneladas).

6.6.2. Recordatorio de los Valores de Ensayos Eefinidos sobre Durmientes Prototipos.

Se recuerda que al término del ensayo de aprobación, Metro debe confirmar por carta al Proveedor los valores de los niveles de carga F_1 , F_2 , F_3 (ensayos al anverso) F'_1 , F'_2 , F'_3 tales como resultan de los ensayos definidos por el artículo.

6.6.3. Desarrollo del Ensayo

El taco se pone progresiva y regularmente en carga a una velocidad que no exceda 10 kN por segundo.

Las fisuras se examinan sobre las superficies laterales de los bloques.

En principio, la primera fisura no debe aparecer antes del valor F_1 (F'_1). El aumento en carga se continúa hasta el valor F_2 (o F'_2) que se mantiene durante 3 minutos. Si aparece una fisura, ésta no debe presentar, después de la descarga, una abertura superior a 0,05 mm medida con lupa micrométrica.

6.7. Registro de Control

El Proveedor debe mantener constantemente al día un registro que se encuentra a disposición del agente recepcionista y que debe mencionar todos los resultados de los ensayos y controles previstos en el presente capítulo.

6.8. Condiciones de Aceptaciones

6.8.1. Aspecto

Toda traviesa no conforme a las prescripciones del acápite 6.4 se rechaza y retira del lote correspondiente.

6.8.2. Dimensiones, Ensayos de Carga y Sellado de los Pernos Tirafondos

Si uno de los durmientes controlados no satisface las prescripciones de los acápites 6.5. y 6.6., el lote se rechaza provisionalmente. El Proveedor puede clasificar los durmientes de este lote y presentar nuevamente a recepción los durmientes convenientes: entonces el recepcionista toma 20 durmientes para el control de dimensiones y 5 durmientes para el ensayo de fisuración. Si una de los durmientes controladas no está conforme a las pruebas de recepción, se rechaza definitivamente el lote.

Si un lote es rechazado, el Proveedor conserva la posibilidad de hacer proceder a todos los controles o ensayos de los acápites 6.5. y 6.6 sobre todas los durmientes del lote. Aquéllas que satisfagan el ensayo pueden ser aceptadas. Estos controles o ensayos, necesariamente largos, no deben obstaculizar las recepciones de los durmientes de la fabricación corriente. En espera de esta recepción a la unidad, se deberá realizar una marca especial en la chapa en cada una de los durmientes que constituyen el lote rechazado.

6.9. Aceptación de los Durmientes

La aceptación de cada lote está sometida a las condiciones definidas en el acápite 6.8 anterior. Sin embargo, sólo puede ser pronunciada después de verificar el aspecto de los durmientes suministrados en los talleres o almacenes designados por Metro. Los durmientes en mal estado son rechazados y el Proveedor debe evacuarlas y reemplazarlas a sus costas.

La recepción provisional de las piezas aceptadas se notifica al Proveedor mediante la entrega de un boletín expedido, fechado y firmado por el representante de Metro, que precisa la cantidad de piezas recibidas y la cantidad de piezas convenientes.

6.10. Transporte

El plazo de estancia de los durmientes en la planta, antes de la expedición, es de 28 días.

Las expediciones sólo deben comprender lotes que se hayan sometido a todas las pruebas de recepción y las hayan satisfecho.

7. GARANTIA Y DERECHOS DE PATENTE

7.1. Garantía

El Proveedor garantiza sus suministros de piezas durante 2 años a partir de la fecha de la puesta en servicio de éstas en las vías.

Toda pieza que, durante este plazo, se deteriorará, debido a una causa que no sea por el desgaste normal o en la que se observen defectos que hayan escapado a la recepción en planta, da lugar al suministro gratuito de una pieza idéntica o al pago por parte del Proveedor de una indemnización igual al valor de la pieza en la fecha de la comprobación.

A pedido del Proveedor, se le devuelve la pieza fuera de servicio, los gastos de transporte corren a su cargo.

7.2. Derechos de Patente

Los derechos eventuales de patente corren a cargo del Proveedor, quien garantiza a Metro contra toda reclamación en este sentido.

8. ANEXOS

ANEXO A: CONTROL DIMENSIONAL

1º) Horizontalidad de las plataformas de apoyo de la pista y del riel

Las dos plantillas A y A₁ permiten verificar la horizontalidad de las dos plataformas de apoyo y del riel de una misma traviesa.

Tolerancia: $\pm 0,5$ mm sobre el ancho de la plataforma

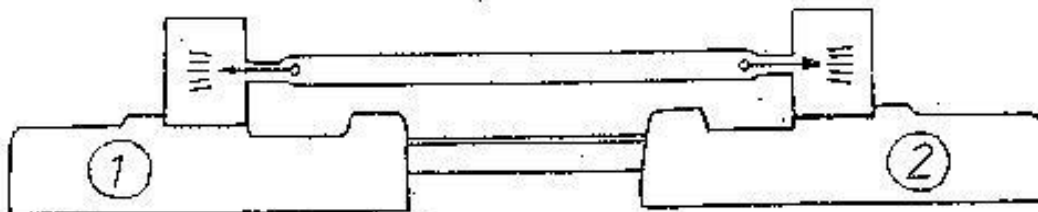


Figura 1: Plantilla A

Los dos cepos de la plantilla se aplican sobre las plataformas y se orientan respecto al tirante de unión. Un cursor unido al tirante brinda directamente, sobre una graduación de los cepos, el valor de defecto de horizontalidad.

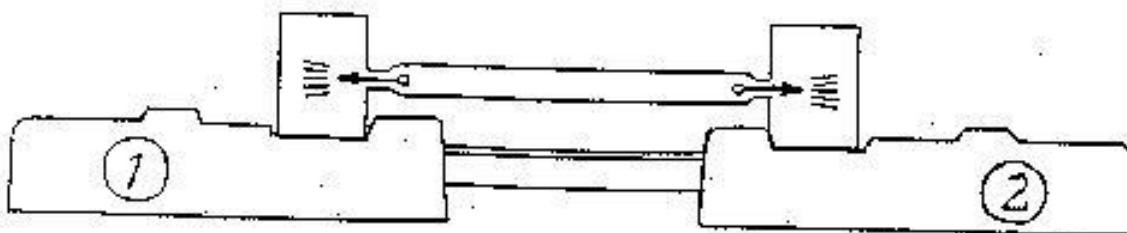


Figura 2: Plantilla A1

El modo de utilización de la plantilla A₁, es idéntico al de la plantilla A (véase anteriormente).

2º) Separación entre los 2 topes exteriores de la traviesa

Se verifica mediante la plantilla B del tipo "entra" y "no entra".

Separación nominal: Precisado en el diseño del Fabricante.

Tolerancia: ± 1 mm

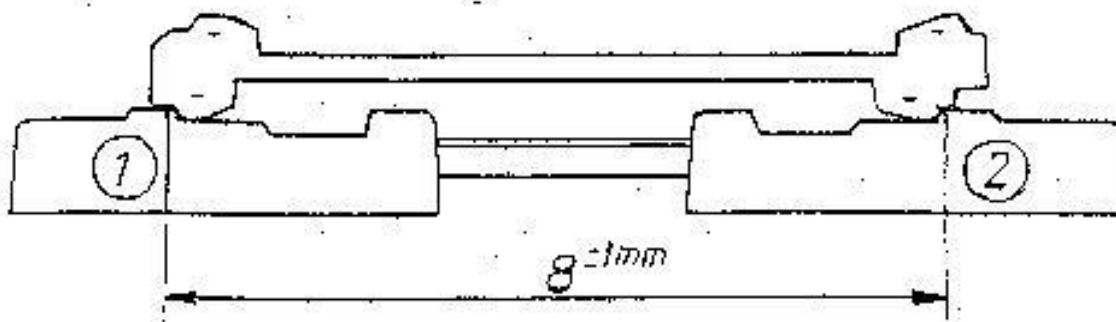


Figura 3: Plantilla B

3º) Separación entre los dos topes de un mismo taco

Se verifica con la plantilla C del tipo "entra" y "no entra".

Separación nominal: precisada en el diseño del Fabricante.

Tolerancia: $+ 1$ mm

-0

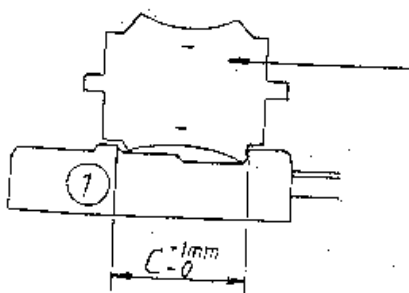


Figura 4: Plantilla C

Efectuar la misma verificación en el taco 2.

4°) Planeidad de las plataformas de apoyo del riel, de la pista y del aislador (para traviesa, soporte aisladores)

Se verifica con las plantillas D y D¹, que se apoyan en 3 puntos y dejan una holgura teórica de 5 mm entre la superficie inferior y la plataforma a verificar.

Tolerancia: 5 mm \pm 0,5

Posición 3

posición 2

posición 1

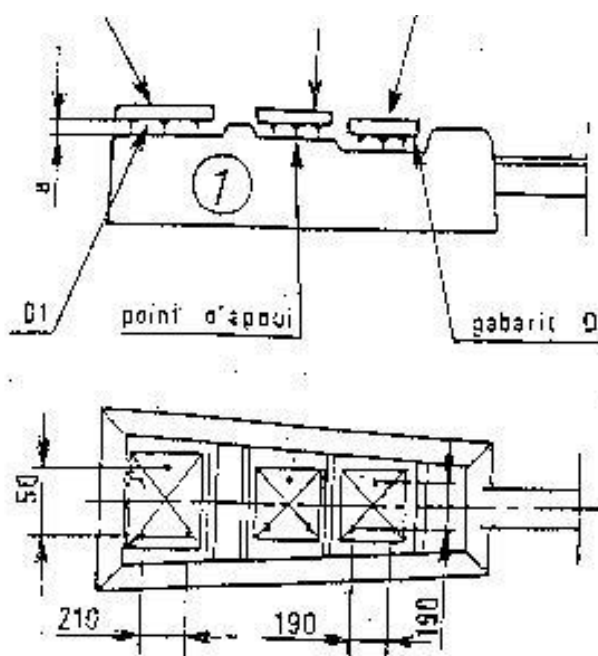


Figura 5: Plantilla D y D1

La plantilla D sirve para verificar

La planeidad de las plataformas de apoyo del riel (posición 1) y de la pista (posición 2).

La plantilla D¹ sirve para verificar la planeidad de las plataformas de apoyo del aislador (posición 3).

La cota $a = 5$ mm se verifica en las diagonales de la plantilla con calibre graduado en forma de ángulo.

En el taco 2 se debe efectuar la misma verificación escrita anteriormente.

5°) Diferencia de altura entre plataformas de apoyo de la pista y del aislador

Utilización de la plantilla F (véase croquis a continuación)

Medida de la cota a: 5 mm \pm 0,5

6°) Diferencias de altura entre plataformas de apoyo de la pista y de las grapas de sujeción

Utilización de la plantilla F (véase croquis a continuación)

Medida de las cotas B: $5 \text{ mm} \pm 0,5$

7°) Diferencia de altura entre las plataformas de apoyo de la pista y del riel

Utilización de la plantilla F (véase croquis a continuación)

Medida de la cota b: $5 \text{ mm} \pm 0,5$

8°) Inclinación transversal de las plataformas de apoyo del riel, de la pista y del aislador

Utilización de la plantilla F (véase croquis a continuación)

Plantilla bien aplicada sobre el corte 1.1. y Corte 3.3.

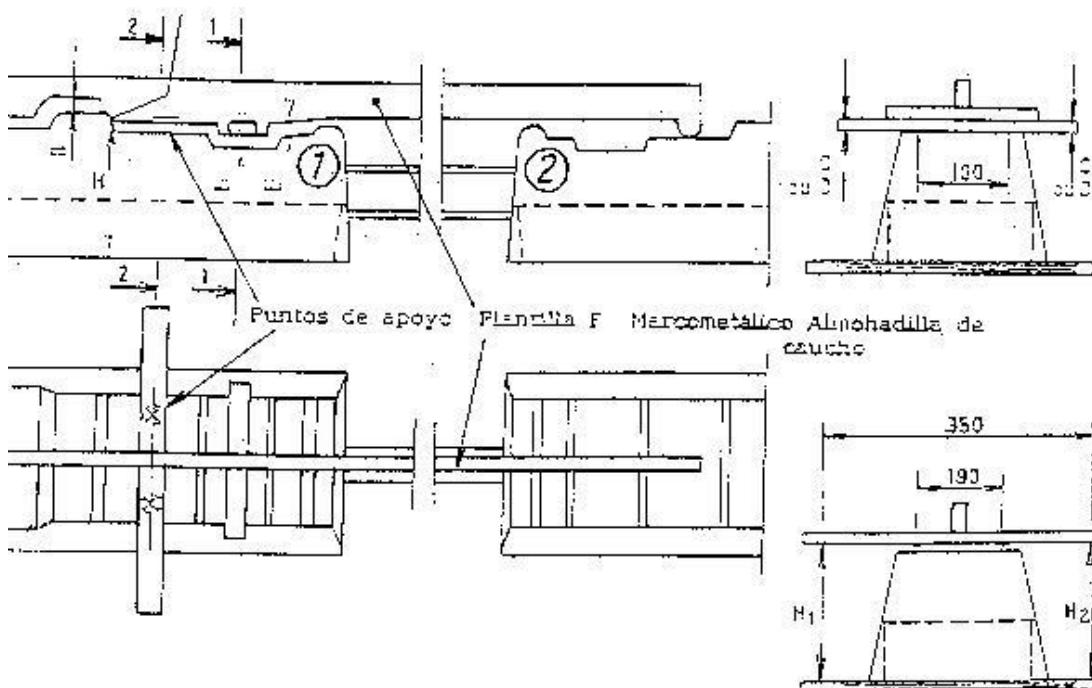


Figura 6: Plantilla F

Inclinación plataforma de apoyo del riel: medida de la cota C Corte 2.2. $C = 5 \text{ mm} \pm 1$

Inclinación plataformas de apoyo de la pista: medidas de las cotas H_1 y H_2 .

H_1 y H_2 con tolerancia $\pm 2 \text{ mm}$ sobre durmientes para vía sin balasto solamente.

9º) Espesor de la traviesa medida a nivel de la pista

El espesor de la traviesa se deduce de las cotas H_1 y H_2 medidas en el § 8º (medias aritméticas de las dos medidas).

Para una traviesa para una instalación sobre balastos o sobre hormigón sin zapatillas elásticas, la tolerancia sobre el espesor es de: $+ 5 - 2 \text{ mm}$

Para una traviesa para instalación sobre hormigón con zapatillas elásticas, la tolerancia sobre el espesor es de $\pm 3 \text{ mm}$.

Las medidas efectuadas sobre el taco 1 en el 5º) - 6º) - 7º) - 8º) y 9º) también se realizarán sobre el taco 2 volteando la plantilla F.

En ambos casos, antes de toda medición, hay que verificar que la plantilla está efectivamente en contacto con el tope exterior del taco a verificar.

10º) Dimensiones exteriores de los bloques de la traviesa para instalación sobre balastos o para instalación sobre hormigón sin zapatillas elásticas.

La longitud del taco se mide:

- Sobre el eje de las plataformas de apoyo del riel
- Sobre el eje de las plataformas de apoyo de la pista
- Sobre las plataformas de apoyo del aislador tolerancia $\pm 3 \text{ mm}$ en la base.

La longitud está medida en la base de los bloques:

- tolerancia $\pm 5 \text{ mm}$

11º) Longitud fuera de toda traviesa medida a nivel de la base (lado nominal para cada tipo de traviesa: véase diseño del Fabricante).

Tolerancia: ± 10 mm (instalación sobre balasto o instalación sobre hormigón sin zapatillas elásticas)

Tolerancia: ± 5 mm (instalación sobre hormigón con zapatillas elásticas).

12º) Altura de la barra transversal respecto a la base de la traviesa (cota nominal para cada tipo de traviesa: véase diseño del Fabricante).

Medida a efectuar sobre los 2 bloques.

Tolerancia: ± 2 mm (para todos los tipos de instalación)

13º) Posicionamiento de los insertos de anclaje de riel y de pista (cotas nominales: véase diseño del Fabricante)

La separación entre ejes de los insertos de anclaje y su perpendicularidad respecto a la plataforma de apoyo del riel o de la pista se debe verificar con plantillas apropiadas según un método adaptado al modo de fabricación y definido en el plan de control de la fábrica aceptado por Metro.

Para todos los tipos de instalación, la tolerancia admitida de la distancia entre ejes es de $\pm 0,5$ mm respecto a los balastos de apoyo de cabeza de traviesa.

14º) Posicionamiento de los insertos de anclaje del aislador para traviesa soporte (cotas nominales: véase diseño del Fabricante)

Las tolerancias indicadas anteriormente se deben aplicar a todos los tipos de instalación.

El emplazamiento de las medidas a realizar sobre los 2 bloques se precisa en el croquis a continuación.

- Posición del eje de los insertos de anclaje del aislador con respecto al eje de plataforma de apoyo de la pista.

Medidas de las cotas "m" : tolerancia ± 1 mm.

- Distancia entre ejes de los insertos de anclaje del aislador.

Medida de las cotas "n1 y n2" : tolerancia $\pm 0,5$ mm

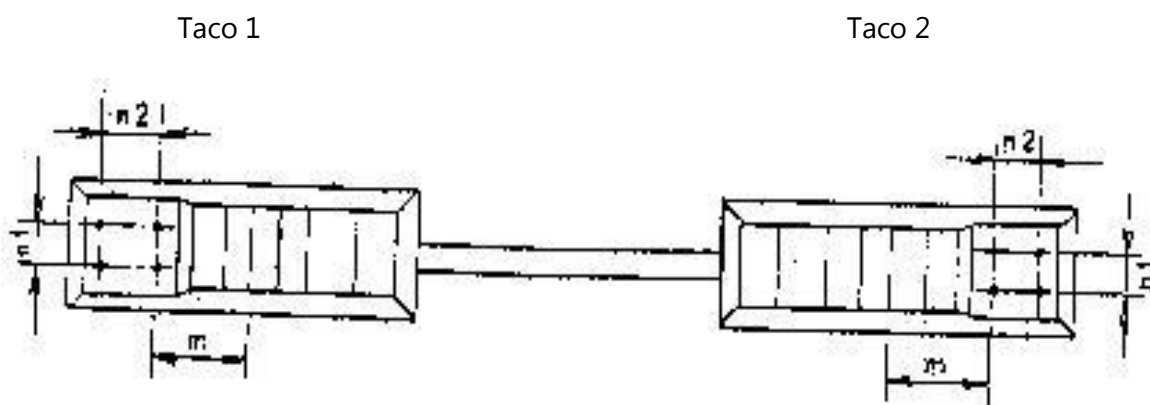


Figura 7: Croquis Durmiente BiBlock

ANEXO B: ENSAYO DE CARGA ESTÁTICA APLICADA SOBRE LA PISTA Y SOBRE EL AISLADOR

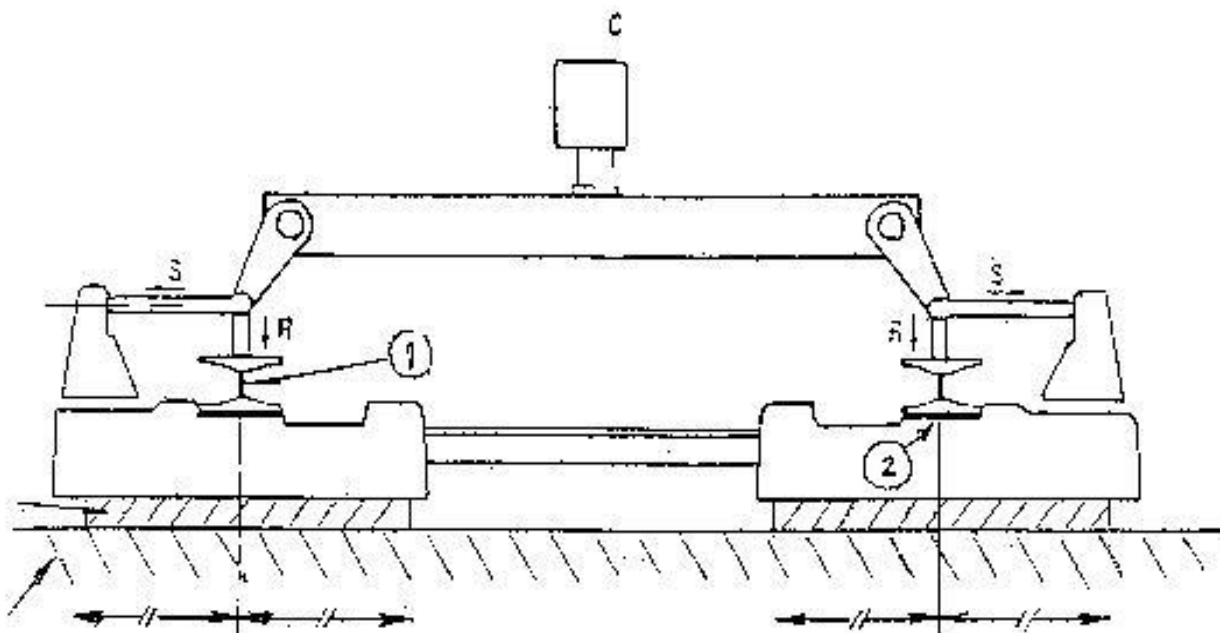


Figura 8: Ensayo de Carga Estática aplicada sobre la pista y el aislador.

C : Gato sobre prensa

1 : pista de rodamiento

2 : almohadilla acanalada de caucho de 4,5 mm

3 : apoyo rígido

$R = 160 \text{ kN}$

$S = 60 \text{ kN}$

4 : rigidez estática del tapiz elástico 20 kN/mm de 10 a 100 kN.

ANEXO C : ENSAYO DE CARGA ESTÁTICA OBLICUA SOBRE EL RIEL

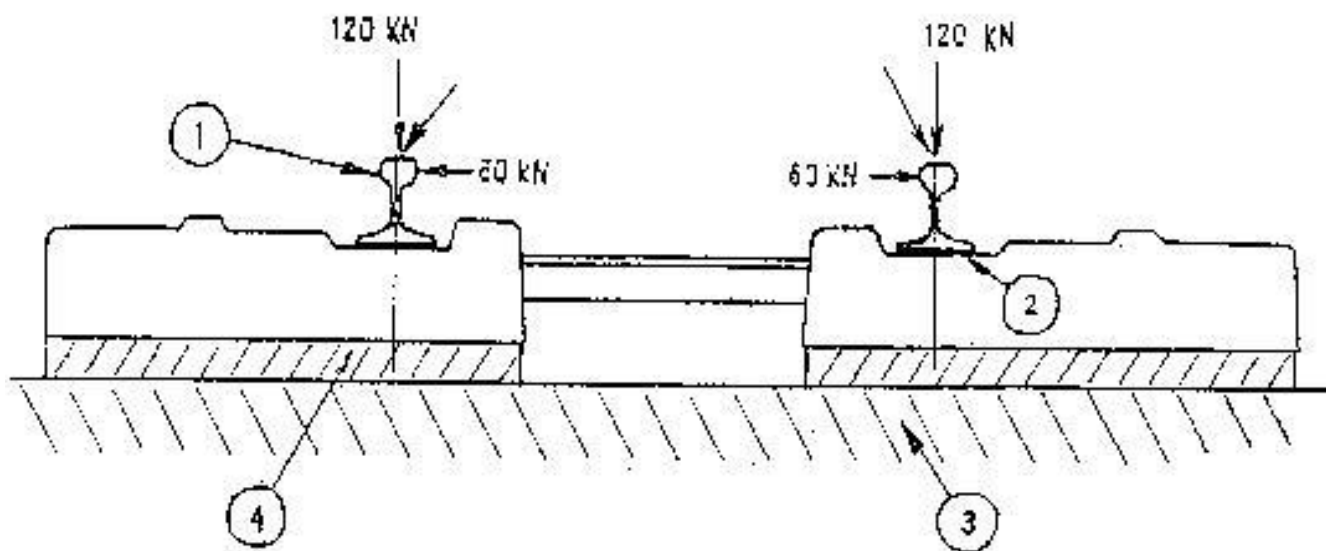


Figura 9: Ensayo de Carga Estática Oblicua sobre el riel

- 1 : riel
- 2 : almohadilla acanalada de caucho de 4,5 mm
- 3 : apoyo rígido
- 4 : rigidez estática del tapiz elástico 20 kN/mm de 10 a 100 kN

ANEXO D: ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CORTE BAJO LA PISTA DE RODAMIENTO

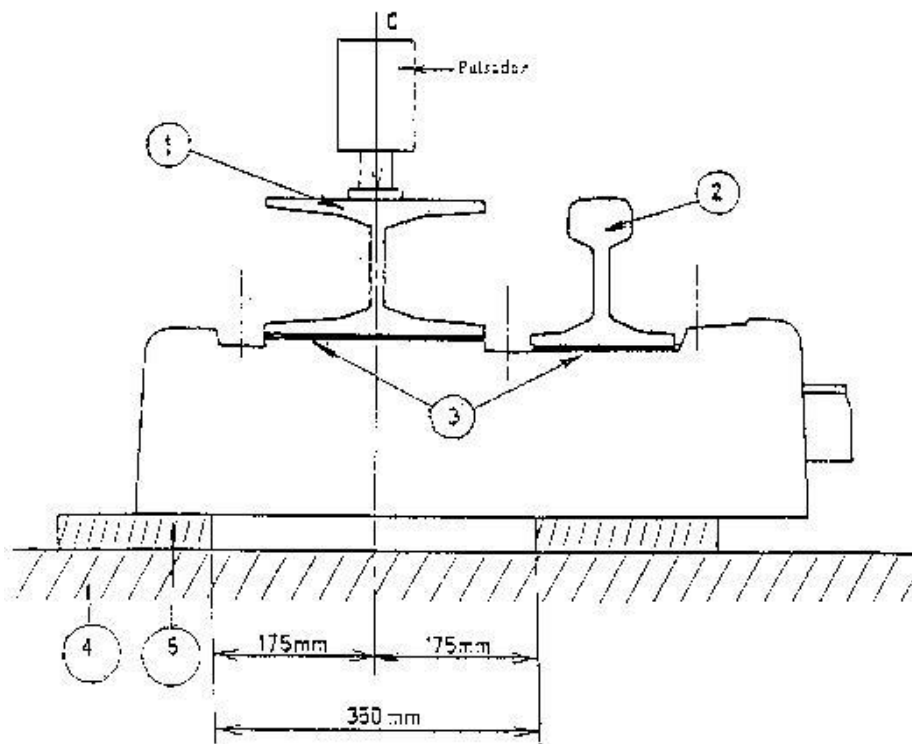


Figura 10: Ensayo de Resistencia del Corte bajo la pista de rodamiento.

C : Carga dinámica con 250 ciclos/minutas (de 50 kN a P)

1 : Pista de rodamiento

2 : Riel

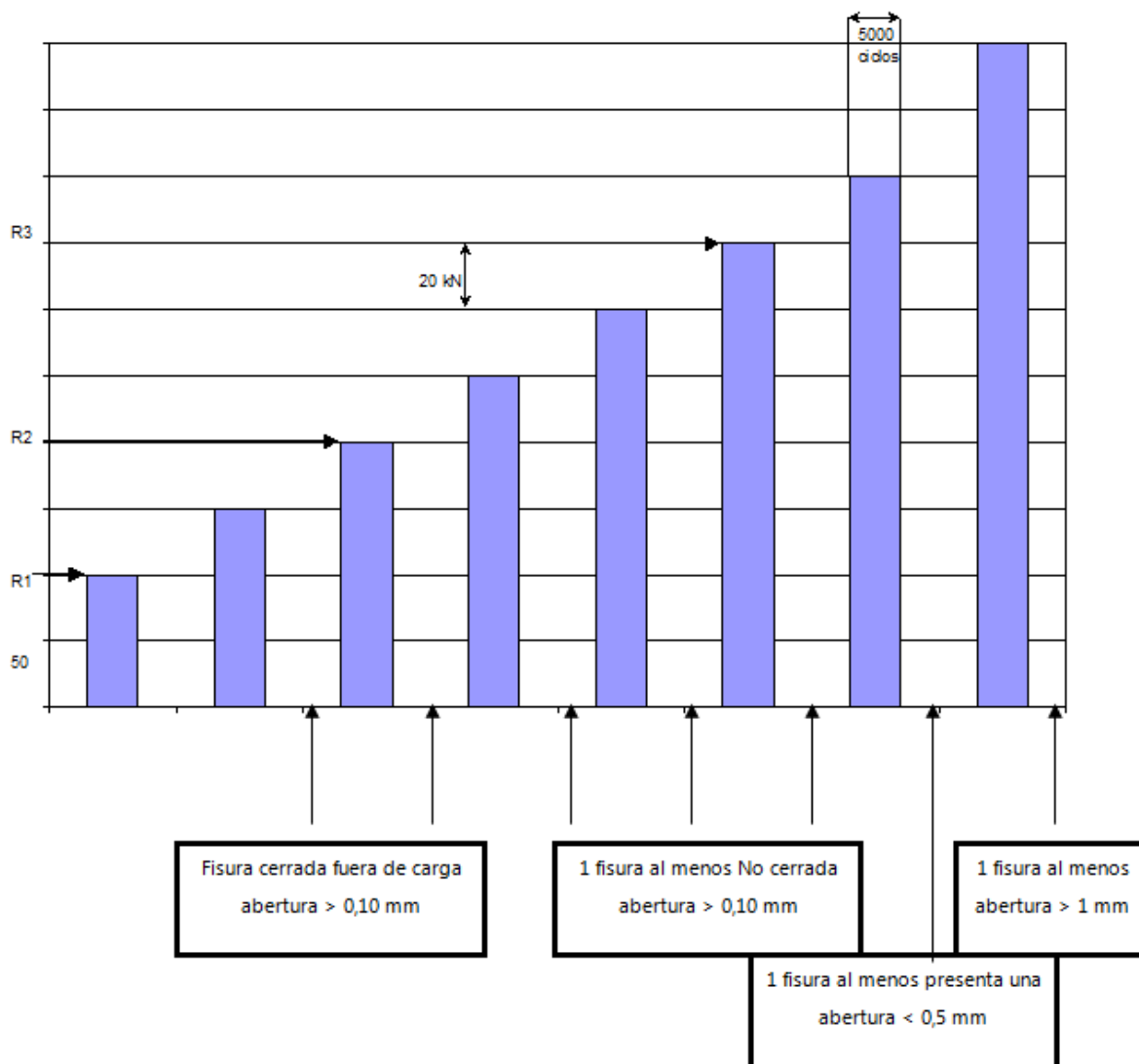
3 : Almohadilla acanalada de caucho de 4,5mm

4 : Apoyo rígido

5 : Tapiz elástico con espesor y rigidez calibrados de manera que la reflexión bajo carga dinámica este comprendida entre 0,5 y 1 mm.

ANEXO E: ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CORTE BAJO LA PISTA DE RODAMIENTO PROGRAMA DE CARGAS [KN]

Gráfico 1: Ensayo de Resistencia del Corte bajo la pista de rodamiento.



ANEXO F: ENSAYO DE FISURACIÓN Y RECEPCIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS

DISPOSICIONES DEL ENSAYO

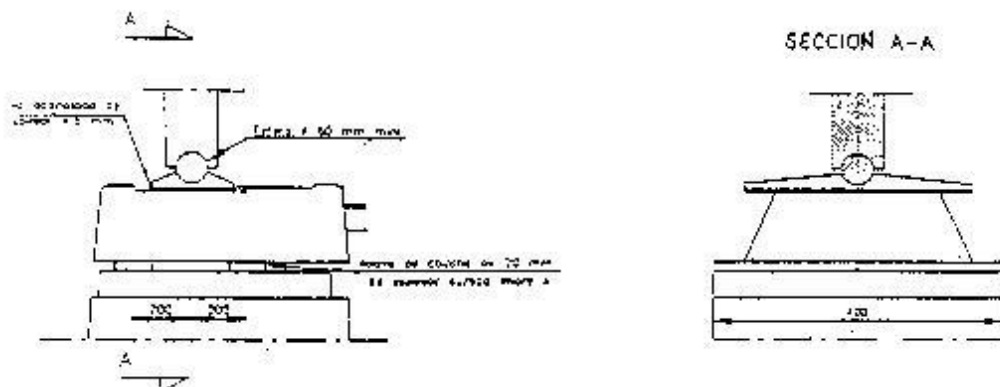


Figura 11: De Ensayo Derecho

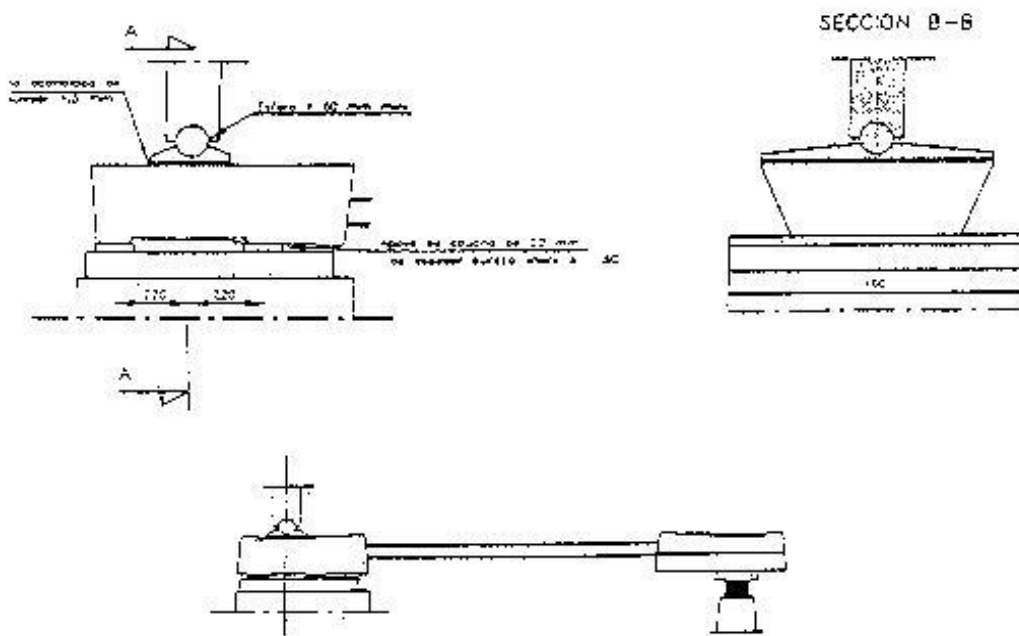


Figura 12: De Ensayo Anverso

ANEXO G: VERIFICAR Y EVENTUALMENTE MODIFICAR LAS DISTANCIAS ENTRE LOS APOYOS SEGÚN LA RECEPCIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS

VERIFICAR Y EVENTUALMENTE MODIFICAR LAS DISTANCIAS ENTRE LOS APOYOS SEGUN LA RECEPCION BAJO CARGAS ESTATICAS

DE ENSAYO DERECHO

Almohadilla acanalada de caucho espesor 4.5 mm

CORTE AA

Suplemento de desgaste de caucho de 20 mm de espesor dureza shore A _ 50

ENSAYO ANVERSO

Almohadilla acanalada de caucho espesor 4.5 mm

CORTE BB

Suplemento de desgaste de caucho de 20 mm de espesor dureza shore A _ 50

ANEXO H: ENSAYO DE FISURACIÓN BAJO CARGAS ESTÁTICAS

PROGRAMA DE CARGAS

Gráfico 2: Ensayo de Fisuración bajo Cargas Estáticas.

