



UNIDAD DE INDUSTRIAS DE LA MADERA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS DURMIENTES DE
MADERA UTILIZADOS EN LAS REDES FERROVIARIAS
DE ESTADOS UNIDOS Y CHILE**

Concepción, Agosto de 2003

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
1. ANTECEDENTES GENERALES	2
2. CARACTERIZACION DE LA RED FERROVIARIA DE EEUU	3
2.1 Antecedentes generales	3
2.2 Sector carga	3
2.3 Sector pasajeros	4
2.4 Vida útil de los durmientes	5
2.5 Consumo anual de durmientes	5
3. CARACTERIZACION DE LA RED FERROVIARIA DE CHILE	6
3.1 Antecedentes generales	6
3.2 Sector carga	6
3.3 Sector pasajeros	7
3.4 Vida útil de los durmientes	7
3.5 Consumo anual de durmientes	8
4. RESUMEN DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS DE EEUU/CHILE	8
5. MADERAS UTILIZADAS EN LA CONFECCION DE DURMIENTES EN EEUU Y CHILE.	10
5.1 Propiedades mecánicas de las maderas utilizadas en los EEUU	10
5.2 Propiedades mecánicas de las maderas utilizadas en Chile	12
5.3 Comparación de las propiedades mecánicas entre especies madereras de EEUU y Chile	12
5.4 Requerimientos visuales de las maderas utilizadas para durmientes en EEUU y Chile.	13
6. CONCLUSIONES	17
7. BIBLIOGRAFIA	18

ANEXOS

- SPECIFICATIONS FOR TIMBER CROSSTIES
- NORMA TECNICA FERROVIARIA
DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA EFE – V 32-99
- NORMA TECNICA FERROVIARIA
DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR EFE – V 32-99

RESUMEN EJECUTIVO

Se ejecutó una completa y detallada revisión bibliográfica de las maderas que se utilizan en la confección de durmientes en EEUU y Chile con el objetivo de verificar si estas últimas responden a las solicitudes de un sistema altamente exigente en condiciones de tráfico, como lo es el sistema ferroviario de los Estados Unidos.

Se caracterizó la red ferroviaria de EEUU y Chile en términos de obtener datos históricos y estadísticos, tanto en el área carga como pasajeros.

Se contrastaron las normas ferroviarias de Chile (EFE V 32-99) y Estados Unidos (AREMA) en los aspectos visuales que deben cumplir los durmientes para ser utilizados por los ferrocarriles respectivos, además de comparar las propiedades mecánicas de las especies madereras indicadas en las normas referidas.

Como resultado de lo anterior se concluye lo siguiente:

Los niveles de exigencias a las que están sometidas las vías férreas de Chile son inferiores a las que presenta el sistema de los Estados Unidos.

- El tráfico de carga, en toneladas, es 277 veces mayor en EEUU.
- El indicador tonelada - kilómetro es 1.580 veces mayor en EEUU.
- La carga por eje es un 60 a 80% mayor en EEUU.
- La velocidad máxima del tren de carga en los EEUU es un 30 a 80% más alta que en Chile.
- La velocidad máxima del tren de pasajeros en los EEUU es un 70% mayor que en Chile.

El durmiente de madera fabricado e impregnado con creosota conforme a los estándares contenidos en el manual AREMA, presenta en el sistema ferroviario de los EEUU una vida útil media que se encuentra en el rango de 30 a 35 años. Una vida útil mayor se puede encontrar en vías con menos tráfico.

Los durmientes más antiguos en uso en Chile datan de la década de los sesenta. Los trenes de pasajeros que circulan por esas vías lo hacen a una velocidad entre 120 y 140 km/h.

Todas las maderas especificadas por la norma EFE V 32-99, en cuanto a propiedades mecánicas, califican en la norma AREMA.

La norma chilena EFE V 32-99, en cuanto a clasificación visual, requiere madera de mayor calidad que su homóloga norteamericana AREMA, con excepción de los requerimientos del número de anillos por pulgada y la inclinación del grano, aspectos que la norma EFE V 32-99 no considera.

1. ANTECEDENTES GENERALES

El término durmientes se aplica a las piezas de sección rectangular o casi rectangular, que se tienden atravesadas para servir de apoyo a los rieles y aparatos de vía, manteniendo la trocha y distribuyendo sobre el balasto las cargas transmitidas a los rieles por los trenes.

Los durmientes utilizados en Estados Unidos y Chile son casi exclusivamente de madera, fabricándose en el aserradero o en el bosque. Este último sistema es poco empleado en los EEUU, sin embargo en Chile es ampliamente utilizado. Los durmientes pueden confeccionarse tanto de maderas latifoliadas como de coníferas, las que dependiendo de sus propiedades mecánicas y otras características, serán orientados a distintas exigencias.

Aspectos que son de alto interés para las empresas que compran y utilizan durmientes de madera son su vida útil y propiedades mecánicas. Estas últimas son propias de cada especie y varían con el tiempo, dependiendo de la fatiga mecánica y del eventual ataque de agentes biodegradadores y factores abióticos.

Los durmientes también pueden ser dañados por agentes físicos que afectan la estructura de la madera, entre ellos los rayos ultravioleta, la acción de la temperatura y la exposición alternada a cambios climáticos.

La vida útil media de los durmientes de madera se extiende en forma artificial a través de procesos de preservación que garantizan y dan confianza al usuario. Conforme a lo establecido en el Manual de la AREMA (American Railway Engeneering and Maintenance of Way Association), sección 6.4, "la creosota y sus mezclas son lejos el tratamiento más común de preservación utilizado por los ferrocarriles. Proporciona protección contra el ataque de termitas y microorganismos que producen pudrición. También por su naturaleza de repelencia al agua reduce los efectos de la exposición al clima".

Otro tema ambiental de interés está relacionado con la reutilización de los durmientes una vez cumplida su vida útil. En un inicio, en los EEUU los durmientes de madera se abandonaban al lado de la vía para su pudrición o se utilizaban como postes de cercos por los agricultores. Actualmente, en muchos estados de los EEUU, no se puede proceder de la manera indicada y se debe dar un destino a este material. La mayor parte son incinerados para producir energía y vapor en las plantas impregnadoras de durmientes. Otros usos menores son los agrícolas y de paisaje.

2. LA RED FERROVIARIA EN LOS ESTADOS UNIDOS

2.1 Antecedentes generales

En EEUU se utilizan diversas latifoliadas y seleccionadas coníferas para satisfacer las necesidades de durmientes de la red ferroviaria más ocupada del planeta. Estas líneas férreas tienen, aproximadamente, 600 millones de durmientes en una extensión de 300.000 kilómetros, en las cuales operan más de 500 compañías de ferrocarriles. Esta industria consume 16 millones de durmientes de madera anualmente, los cuales son usados en la mantención y extensión de las vías (RTA, 2003).

El sistema ferroviario norteamericano pasó por una fuerte crisis entre los años 1940 y 1980, donde la frase “descarrilamiento” pasó a ser parte del léxico ferroviario. En esa época los ferrocarriles no disponían del capital suficiente para mantener adecuadamente sus vías. En 1976, más de 75.000 kilómetros debieron ser operados a bajas velocidades por las peligrosas condiciones de las vías. En 1980, la ley “Staggers Rail Act” dio un nuevo marco legal que permitió desregular el sistema. Gracias a este cuerpo se concretó la modernización de equipos, nuevas inversiones en infraestructura, mayores niveles de servicio y volúmenes de tráfico, aumentos notables de productividad, y mejoras de rentabilidad y seguridad, traduciéndose en rebajas de tarifas para los usuarios. (AAR,2003)

En la actualidad los ferrocarriles de los Estados Unidos se mantienen como la columna vertebral de la red de transporte de carga. En el año 2001 las empresas ferroviarias movieron más del 40% de todo el transporte de carga (medido en tonelada - kilómetro), ubicándose por sobre el transporte realizado por camiones, barcos, ductos y aviones(AAR,2003).

En el transporte de ferrocarriles de los EEUU se distinguen dos áreas de trabajo, las de carga y pasajeros.

2.2 Sector carga

En el año 2001 el área carga fue operada por 571 empresas de ferrocarril, ocupando 230.000 kilómetros de vías férreas. Ellas forman un sistema de transporte uniforme e integrado que es considerado el más eficiente del mundo, reportando ingresos por US\$36.580 millones(Fuente: Overview of U.S. Freight Railroads, AAR, 2001).

Las empresas de ferrocarriles que operan en este sector se agrupan de acuerdo a los niveles de ingresos que generan en su operación anual. Es así como se distinguen los "Class 1", "Shortlines" y "Regionals".

Los ferrocarriles "Class 1" corresponden a empresas con ingresos por sobre los US\$266,7 millones, utilizando una longitud de vía férrea de 156.000 kilómetros. (Fuente: AAR, 2001)

En el año 2002 las empresas que calificaron en la categoría "Class 1" fueron las siguientes:

- 1) The Burlington Northern and Santa Fe Railway;
- 2) CSX Transportation;
- 3) Grand Trunk Corporation;
- 4) Kansas City Southern Railway;
- 5) Norfolk Southern Combined Railroad Subsidiaries;
- 6) Soo Line Railroad;
- 7) Union Pacific Railroad.

En el 2001, las empresas mencionadas movilizaron un total de 1.742 millones de toneladas de carga (AAR, May 2003), generando un índice de 2.392.811 millones de tonelada - kilómetro (Fuente: Class 1 Railroad Statistics, AAR, 2003).

Los Ferrocarriles "Class 1" realizan sus operaciones en diferentes estados, concentrándose principalmente en los tramos de larga distancia y alta densidad de tráfico. Otra manera de dimensionar el tamaño de la "Class 1" es el número de locomotoras y carros de carga. Es así como el año 2003 tenían 20.506 y 477.715 unidades, respectivamente.

Las categorías menores de ferrocarriles en los Estados Unidos son las denominadas "Shortlines" y "Regionals". En conjunto utilizan 72.000 kilómetros de vía férrea (Fuente: Overview of U.S. Freight Railroads, AAR, 2001).

2.3 Sector pasajeros

El otro segmento del mercado ferroviario es el servicio de pasajeros, donde la empresa Amtrak es la mayor de los EEUU, cubriendo una distancia de 35.000 kilómetros. Durante el año 2002 movilizó un total de 23,5 millones de pasajeros en los servicios de larga y mediana distancia, y 61,1 millones en sus servicios de corta distancia.

Amtrak cuenta con 2.141 carros entre coches dormitorio, primera clase, equipaje, comedor, para automóviles, dormitorio de la tripulación, otros. Dispone de 425 locomotoras, 351 diesel y 74 eléctricas. Por último, tiene 19 trenes rápidos ACELA Express, para cubrir el tramo Washington-Boston.

Las velocidades normales de los equipos Amtrak convencionales alcanzan más de 100 km/h, en tanto que los rápidos operan hasta 240 km/h. (Fuente: ACELA Express)

2.4 Vida útil de los durmientes

A principios del siglo XX, la vida media de los durmientes sin tratamiento era de 5 años. Los tratamientos con creosota extendieron la vida útil de ellos por sobre los 30 años (Fuente: Tie Guide, RTA). En la actualidad existen registros de durmientes con 75 años de edad aún en uso en las vías férreas (Fuente: A 150 Year Success Story, The Wood Crosstie).

En EEUU se recopiló información histórica (24 años) de la reposición de durmientes en las vías principales, con alto y bajo tráfico de carga, y en las vías laterales. Los resultados mostraron que los durmientes instalados en las vías laterales, independiente de la cantidad de ellos por kilómetro, tienen una vida media de 60 años. Las vías principales, con menores niveles de carga, presentaron durmientes con una vida útil media de 30 a 50 años, en tanto que los sometidos a mayores niveles de carga presentaron una vida útil media de 20 a 30 años (Fuente: Bescher, 1977).

2.5 Consumo anual de durmientes

El consumo de durmientes proyectado para el año 2003 en los EEUU se desglosa en el cuadro 1.

Cuadro 1: Consumo de durmientes en EEUU

Tipo de ferrocarril	Millones de unidades
Class 1	12,0 - 12,4
Short Lines	2,9 - 3,0
Otros (Contratistas, otros)	0,8 - 0,9
Total proyectado	15,7 - 16,3
Pronóstico RTA (*)	17,3

Fuente: (*) Railway Tie Association, Crossties Magazine, Jan-Feb 2003

Revisando las cifras históricas de 10 años a la fecha, las compras de durmientes se ubican en el rango 14 a 19 millones de unidades anuales, mientras que la producción de ellos se sitúa entre los 12 y 20 millones de unidades/año (Fuente: Crossties Magazine, Jan-Feb 2003).

3. LA RED FERROVIARIA EN CHILE

3.1 Antecedentes generales

En Chile, la historia del ferrocarril se remonta a fines de 1851, cuando se realizó el primer viaje desde Caldera a Copiapó. Las estadísticas de este viaje inaugural dan cuenta que fueron 81 kilómetros recorridos en 4 horas a una velocidad promedio de 25 a 30 km/h.

Durante 58 años el ferrocarril fue administrado por particulares y en 1910 fue adquirido por el estado, propiedad que hasta hoy se conserva.

En la actualidad la Empresa de Ferrocarriles del Estado, EFE, no es administrada como una empresa de servicio público, como fuera en el pasado, sino como una empresa ferroviaria moderna que explota sus activos comercialmente y racionaliza el servicio de acuerdo a criterios de rentabilidad económica.

La red ferroviaria de Chile tiene una longitud de 3.899 kilómetros, de las cuales 3.365 están aptas para la circulación. El tendido ferroviario se ubica entre las ciudades de Iquique y Puerto Montt, con ramales transversales que permiten cubrir las principales ciudades y puertos del país (Fuente: Anuario Estadístico, EFE, 1999). Se debe considerar, además, el ferrocarril que une las ciudades de Arica y La Paz.

La historia ferroviaria de nuestro país no difiere mayormente a la de los EEUU, en términos de las crisis económicas que les ha tocado vivir.

Desde el siglo pasado el ferrocarril en Chile estuvo ligado al desarrollo del país, no obstante, en el peor momento de su historia, en el año 1979, el estado interrumpe los aportes que anualmente se entregaban a la empresa. Como consecuencia, ferrocarriles cae en una profunda depresión y los servicios se ven afectados. Descarrilamientos, bajas velocidades, incumplimientos en horas de llegada fueron la tónica de esa década. Desde 1990 se comienza a recuperar el transporte ferroviario, notándose mejoras en el servicio de transporte a partir de 1998.

Al igual que el sistema ferroviario de los EEUU, el sistema chileno se divide en las áreas carga y pasajeros.

3.2 Sector carga

El volumen total de carga movilizada por las vías de EFE durante el año 2002 fue de 6,3 millones de toneladas, generando un indicador de carga de 1.514 millones de tonelada-kilómetro.

El sector carga lo cubren las empresas FERRONOR, FCAB, FEPASA y TRANSAP. El principal operador de carga en las vías EFE es FEPASA, movilizandando durante el año 2002 el 87% del volumen de carga. TRANSAP, en tanto, movilizó el 12%.

En la actualidad los equipos de FEPASA lo conforman 84 locomotoras (68 diesel y 16 eléctricas) y 3.500 vagones de distintos tipos. Dispone de vagones para cargar 30 y 50 toneladas. Los de 30 toneladas tienen una tara de 45 toneladas, por lo que el peso total asciende a 75 toneladas. En tanto que los de 50 tienen una tara de 72, lo que hacen un peso total por carro de 122 toneladas (Fuente: FEPASA).

En Chile, los trenes de carga pueden operar a una velocidad máxima de 60 km/h (Fuente: FEPASA).

3.3 Sector pasajeros

El movimiento de pasajeros es realizado por EFE a través de sus servicios Alameda-Temuco, METROTREN, Merval y BIOTREN los que durante el año 2002 movilizaron más de 14 millones de personas. De ellas, 12,69 millones fueron transportados por los servicios de cercanía, correspondiendo el complemento a pasajeros transportados en el servicio de mediana y larga distancia (Fuente: Memoria EFE 2002).

Para cubrir el servicio público de pasajeros, a Diciembre de 2002, EFE contaba con 26 coches, 41 automotores y buscarriles y 85 equipos entre comedores, transporte de autos, video bar, furgones, otros (Fuente: Memoria EFE 2002).

Durante el año 2003 se incorporaron a la flota mencionada 4 locomotoras eléctricas, 20 coches salón, 3 coches cafetería-comedor y cuatro carros para el transporte de automóviles. Estos nuevos convoyes podrán desarrollar una velocidad máxima de 160 km/h (Fuente: [www. EFE.cl](http://www.EFE.cl)).

En la actualidad el servicio Alameda/Chillán se desarrolla a una velocidad máxima entre 120 y 140 km/h. (Fuente: EFE).

3.4 Vida útil de los durmientes

En Chile existen durmientes preservados en la vía férrea que datan de los años 1968 y 1970. Estos se ubican en el tramo Limache/Peñablanca, prestando servicio a la empresa Merval, cuyos trenes circulan en las rectas del sector por sobre los 100 km/h. En el tramo Chimbarongo/Chillán también es posible encontrar un porcentaje (40%) de durmientes impregnados e instalados en la década del sesenta.

3.5 Consumo anual de durmientes

La Empresa de Ferrocarriles del Estado, EFE, principal propietario de vías en Chile, encarga a empresas contratistas la compra e instalación de los durmientes. EFE realiza sus compras en forma directa. La elaboración de los durmientes se realiza mayoritariamente en la IX y X regiones, utilizando motosierra o pequeñas unidades de aserrío. En nuestro país la renovación de durmientes se sitúa en torno a 100.000 a 300.000 unidades año (Fuente: Anuario Estadístico EFE).

4. RESUMEN DE LOS SISTEMAS FERROVIARIOS DE EEUU/CHILE

El cuadro 2 resume las principales características de los sistemas ferroviarios de Estados Unidos y Chile.

Cuadro 2: Estadísticas de Ferrocarriles de EEUU y Chile

Parámetro	Unidad	EEUU	Chile	Relación	Fuente	
Longitud de vías	km	294.400	3.899	76		Anuario Estad. 2002 EFE
Renovación de durmientes	MM unidades/año	16	0,1 – 0,3	80	Crossties, Jan/Feb 2003	EFE
Velocidad						
Pasajeros	km/h	100-240	120 – 140			AMTRAK, Acela Express
Carga	km/h	80-110	60			
Detalle carros de carga						
Tara	tons/carro		72 45			FEPASA
Carga promedio	tons/carro	64	50 30		AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	FEPASA
Total carga	tons/carro	125 (138)	122 75			FEPASA
Tons / Eje	tons/eje	31,2	30,5 18,8			
Carga (*)						
Longitud de vías	km	230.000	1.923		AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	FEPASA
Carga tren promedio	tons/tren	3.005			AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	
Tons del sistema	MM tons	1.742	6,3	277	AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	Memoria EFE 2001
Tons-km	MM tons-km	2.392.811	1.514	1.580	AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	Memoria EFE 2001
Distancia media	Km	1.374	235	6	AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	Memoria EFE 2001
Equipos carga						
Locomotora	unidades	20.506	84	244	AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	FEPASA
Carros	unidades	477.715	3.500	136	AAR, 2001, Class I Railroad Statistics	FEPASA
Pasajeros (**)						
Longitud de vías	km	35.200	n/d		AMTRAK	
Transportados larga dist.	millones	23,5	1,4	17	AMTRAK	Memoria EFE 2001
Transportados corta dist.	millones	61,1	12,7	5	AMTRAK	Memoria EFE 2001
Total pasajeros	millones	84,6	14,1	6	AMTRAK	Memoria EFE 2001

(*) Empresas clase I, EEUU

(**) Amtrak, Principal empresa de pasajeros, EEUU

5. CARACTERISTICAS DE LAS MADERAS UTILIZADAS EN LA CONFECCION DE DURMIENTES EN EEUU Y CHILE

5.1 Propiedades mecánicas de las maderas utilizadas en los EEUU

En los Estados Unidos son muchas las especies forestales utilizadas en la confección de durmientes. Las más comunes son los Oaks y el grupo que recibe el nombre de mezcla de latifoliadas, grupo que incluye los Gums, Maples, Birches, y Hickories, entre otras. Varias especies de coníferas, tales como Douglas fir, Hemlocks, Firs (True) y diversas especies de pinos también son utilizadas con este propósito.

Las propiedades que se informan en el cuadro 3 son las de flexión estática, compresión y cizalle paralelo.

Las especies informadas son las incluidas en el manual AREMA, Capítulo 3/Parte 1. AREMA es una organización que agrupa a cuatro extintas asociaciones, cada una de ellas con más de 100 años de existencia sirviendo a la industria ferroviaria de los EEUU. La misión de AREMA es desarrollar y avanzar en el conocimiento técnico y práctico, como también recomendando prácticas relacionadas con el diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria.

En el Capítulo 3/Parte 1, del manual AREMA, Tipos de Madera, se señala lo siguiente:

“Antes de fabricar durmientes, los productores deberán verificar que la especie maderera se encuentra en el registro AREMA y que ella es aceptada por el comprador”.

Las especies madereras listadas en el manual AREMA son las siguientes:

Ashes	Elms	Larches	Poplars
Beech	Firs (true)	Locusts	Redwoods
Birches	Gums (*)	Maples	Sassafras
Catalpas (*)	Hackberries	Mulberries (*)	Spruces
Cherries	Hemlocks	Oaks	Sycamores
Douglas fir	Hickories	Pines	Walnuts

Otras especies madereras no serán aceptadas, a menos que sean ordenadas especialmente.

Cuadro 3: Propiedades mecánicas de especies incluidas en Norma AREMA

Nombre Común	Peso Específico (kg/m ³) *	Flexión Estática		Compresión Normal	Compresión Paralela	Cizalle Paralelo
		MOE (ton/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	Tens. Lim. Prop. (kg/cm ²)	Tens. Máxima (kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Ashes	556	109	959	83	471	129
Beech	640	121	1048	71	513	141
Birches	607	135		62		125
Catalpas	---	---	---	---	---	---
Cherries	500	105	900	49	500	120
Douglas Fir	480	124	879	54	488	95
Elms	553	102	928	64	444	119
Firs (True)	376	108	690	34	394	74
Gums	---	---	---	---	---	---
Hackberries	530	84	773	63	382	112
Hemlocks	433	97	743	48	446	91
Hickories	678	139	1255	121	595	148
Larches	520	131	914	65	536	96
Locusts	690	144	1364	129	716	174
Maples	538	108	873	70	453	129
Mulberries	---	---	---	---	---	---
Oaks, Red	640	129	1024	74	500	129
Oaks, White	694	115	1007	92	509	139
Pines	467	107	792	51	442	89
Poplars	420	111	710	35	389	84
Redwoods	375	86	629	43	400	72
Sassafras	460	79	633	60	335	87
Spruces	386	106	873	35	477	82
Sycamores	490	100	703	49	378	103
Walnuts	550	118	1026	71	533	96
Promedio	526	112	892	65	471	111
Valor Mínimo	375	79	629	34	335	72
Valor Máximo	694	144	1364	129	716	174

FUENTE: WOOD HANDBOOK FPL, FS, USDA, MANUAL 113

(*) peso seco al horno y volumen en estado seco (H=12%)

5.2 Propiedades mecánicas de las maderas utilizadas en Chile

Las propiedades mecánicas que se informan en el cuadro 4 corresponden a las especies que aparecen mencionadas en la norma nacional EFE V 32-99.

Cuadro 4: Propiedades mecánicas especies incluidas en Norma EFE V 32-99

Nombre Común	Peso Específico (kg/m ³) *	Flexión Estática		Compresión Normal	Compresión Paralela	Cizalle Paralelo
		MOE (ton/cm ²)	MOR (kg/cm ²)	Tens. Lim. Prop. (kg/cm ²)	Tens. Máxima (kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Coigue	601	105	776	92	453	126
Eucalipto	720	160	1198	120	698	130
Laurel	495	114	762	68	518	131
Lenga	520	101	879	71	430	114
Lingue	535	126	990	100	514	125
Mañío H Largas	520	106	934	123	565	133
Raulí	448	100	784	70	366	111
Roble	624	124	837	70	476	120
Tepa	494	98	791	69	417	99
Tineo	681	121	901	88	484	130
Ulmo	648	112	887	91	654	143
Promedio	571	115	885	87	507	124
Valor Mínimo	448	98	762	68	366	99
Valor Máximo	720	160	1198	123	698	143

FUENTE: INFOR 1990

(*) peso seco al horno y volumen en estado seco (H=12%)

5.3 Comparación de las propiedades mecánicas entre especies madereras de EEUU y Chile

- La propiedad física peso específico, en el caso de las maderas de los EEUU, se mueve en un rango entre los 375 y 694 kg/m³. Las especies forestales chilenas quedan muy por sobre el valor mínimo indicado. La especie nativa que presenta el menor valor es el Raulí, con 448 kg/m³, no siendo de demanda habitual para la confección de durmientes. Le siguen en escala ascendente el Laurel y la Tepa (495 y 494 kg/m³), que se ubican por sobre el Douglas fir, Firs (true), Hemlocks, Pines, Poplars, Redwoods, Sassafras, Spruces y Sycamores. Esta propiedad física nos da una idea de la resistencia mecánica de una madera, no obstante que las propiedades mecánicas que se presentan a continuación son concluyentes.
- En el caso del módulo de elasticidad en flexión estática, el valor mínimo encontrado en las especies de EEUU es 79 ton/cm². Ninguna especie chilena se encuentra por debajo de ese valor. Las menores son la Lenga (101), el Raulí(100)

y la Tapa(98), las cuales se ubican en torno a las 100 ton/cm². Hay varias especies de EEUU que están bajo las 100 ton/cm², como lo son los Hackberries, Hemlocks, Redwoods y Sassafras.

- En lo que respecta al módulo de ruptura en flexión estática, las maderas chilenas se ubican en el rango 762 a 1.198 kg/cm², mientras que las norteamericanas están entre los 629 a 892 kg/cm². Las propiedades menores de especies chilenas se ubican al mismo nivel que Hackberries, Hemlocks y Pines, pero sobre especies como Firs (true), Poplars, Redwoods, Sassafras y Sycamores.
- La compresión normal tiene en las especies norteamericanas un valor mínimo de 34 kg/cm². Ninguna madera listada en la norma EFE V 32-99 queda bajo ese valor, siendo el valor mínimo de 68 kg/cm² (Laurel), a la altura de especies como Beechs, Maples y cerca de los 74 kg/cm² de los Red Oaks.
- En la compresión paralela el Raulí (366 kg/cm²) se ubica como la especie con menor resistencia. La Tapa (417 kg/cm²) y la Lenga (430 kg/cm²) le siguen en orden creciente. En las especies de los EEUU el menor valor lo presentan las Sassafras (335 kg/cm²), y le siguen en orden creciente los Sycamores (378 kg/cm²), Hackberries (382 kg/cm²), Poplars (389 Kg/cm²), Firs (true) (394 kg/cm²), y Redwoods (400 kg/cm²).
- En el caso del cizalle paralelo el valor mínimo encontrado en las especies de EEUU es de 72 kg/cm². La especie chilena con el menor valor es la Tapa (99 kg/cm²). Aún así es superior a Douglas fir, Firs (true), Hemlocks, Larches, Pines, Poplars, Redwoods, Sassafras, Spruces y Walnuts.

De este análisis se concluye que bajo el criterio de la resistencia mecánica de la madera, todas las especies nativas chilenas listadas en la norma EFE V 32-99 califican para ser utilizadas como material para la confección de durmientes, según requerimientos AREMA.

5.4 Requerimientos visuales de las maderas utilizadas para durmientes en EEUU y Chile

El cuadro 5 informa los requerimientos visuales de los durmientes utilizados en los sistemas ferroviarios de los EEUU y Chile.

Cuadro 5: Comparación de los requisitos visuales exigidos por las normas EFE V 32-99 y AREMA

Defecto	Descripción		Nivel de Exigencia
	Chile	EEUU	
Arqueadura	- Se aceptan hasta 12 mm (½") en durmiente de 2.75 m - Se aceptan hasta 6 mm (¼") en durmiente de 1.80 m	Sin observación	Es más exigente la EFE V 32-99
Encorvadura	Se acepta hasta 12 mm (½") en durmiente 2.75 y 1.80 m	Sin observación	
Acanaladura	No se acepta	Sin observación	
Torcedura	No se acepta	Sin observación	
Rectitud	Sin observación	Se considera un durmiente recto cuando una línea que va de un extremo a otro, presenta una distancia no superior a 38 mm, medida desde la superficie del durmiente a la línea.	
Acebolladura	- Se aceptará si la separación de anillos no es superior a 3 mm - Si la proyección en la cara más próxima no es mayor a 85 mm, - y si la zona está alejada 25 mm de la cara más cercana	Si la proyección no es mayor a 1/3 del ancho del durmiente (3.3"), siempre que esté alejada 1" de cualquier superficie.	
Fractura	No se acepta	Sin observación	
Corazón	Se acepta encerrado y a más de 25 mm (1") de cualquier cara o canto del durmiente	Sin observación	
Pudrición	No se acepta	Sin observación	

Defecto	Descripción		Nivel De Exigencia
	Chile	EEUU	
Perforación	- En zona de asiento de riel, se acepta con profundidad no mayor a 60 mm y su longitud o diámetro no exceda los 13 mm (1/2") y/o - En zona fuera de asiento de riel, se acepta con profundidad no mayor a 80 mm y su longitud o diámetro no exceda los 25 mm (1")	- En zona de asiento de riel se acepta uno de hasta 13 mm (1/2") de diámetro y 75 mm (3") de profundidad - En zona fuera de asiento de riel, se acepta con profundidad no mayor a 75 mm y su longitud o diámetro no exceda 1/4 del ancho de la superficie en que aparezca - Perforaciones numerosas son las que igualan a una perforación equivalente al tamaño de una perforación.	En zona de asiento del riel es más exigente la EFE V 32-99 Fuera de la zona de asiento del riel es más exigente AREMA
Rajadura	Se aceptan 2 rajaduras como máximo, de ancho máx. 6 mm y de largo no superior a 200 mm (8"). En un 20% de los durmientes se aceptarán rajaduras mayores siempre que se obtengan las medidas originales del durmiente	En durmientes verdes se acepta una rajadura de no más de 1/8" (3 mm) de ancho y/o 4" (100 mm) de largo. En durmientes secos se aceptan hasta 1/4" (6mm) de ancho y/o hasta un largo equivalente al ancho de la cara en la que ocurre. Además una rajadura que exceda este límite es aceptada si se usan aparatos antirajaduras.	Son equivalentes en exigencias
Grieta	Se aceptan no superiores a 35 mm de profundidad y en largo menor a la mitad de la longitud del durmiente	Se aceptan hasta 1/4 del espesor del durmiente y no más de la mitad del largo del durmiente.	Es más exigente la EFE V 32-99

Defecto	Descripción		Nivel De Exigencia
	Chile	EEUU	
Bolsillo de corteza	En la zona fuera del área asiento de riel, se acepta hasta 200 mm (8") de largo y 50 mm (2") de profundidad.	Se acepta hasta 250 mm (10") de largo y 50 mm (2") de profundidad.	Es más exigente la EFE V 32-99
Canto muerto	Se acepta en dos aristas, siempre que ellas no reduzcan el ancho de la cara inferior o superior del durmiente a menos de 200 mm (8")	En la zona asiento del riel: - Un durmiente grado 7" 7X9, aceptará 1" de canto muerto en esta zona. Hasta un 20% de los durmientes podrán ser 7X8 sin canto muerto en esta zona. - Un durmiente grado 6" 6X8, aceptará 1" de canto muerto en la zona de asiento del riel. - Para durmientes grado 6" y 7" , se aceptará 1" de canto muerto en la cara inferior en cualquier punto del durmiente	Son equivalentes en exigencias
Nudo	Se aceptan nudos firmes de diámetro no superior a 60 mm en la zona de asiento del riel y fuera de la zona de asiento del riel se aceptarán hasta 3 de tales nudos	Dentro de la zona de asiento de riel se acepta uno de hasta 1/3 del ancho de la superficie en que aparezca, pero fuera de esta zona será permitido. Son permitidos nudos numerosos tal que igualen a uno como el descrito.	Es más exigente la EFE V 32-99
Anillos por pulgada	Sin observación	En los árboles que pierden hojas debe haber 6 o más anillos por pulgada	
Inclinación del grano	Sin observación	Excepto en maderas con grano entrelazado no se acepta una inclinación sobre 1 en 15	

Al revisar punto a punto las normas AREMA y EFE V 32-99 se concluye que la más estricta es la chilena. Cabe destacar que solamente la norma AREMA dispone entre sus requerimientos el cumplir con un determinado número de anillos por pulgada (6 o más anillos por pulgada) y grano inclinado.

6. CONCLUSIONES

- Los niveles de exigencias de las vías férreas en Chile son inferiores a las de los Estados Unidos. Los indicadores siguientes dan cuenta de ello:
 - El tráfico de carga, en toneladas, es 277 veces mayor.
 - El indicador tonelada - kilómetro es 1.580 veces mayor.
 - La carga por eje es 60 a 80% mayor.
 - La velocidad máxima del tren de carga es un 30 a 80% mayor.
 - La velocidad máxima del tren de pasajeros es un 70% mayor.
- El durmiente de madera fabricado e impregnado con creosota conforme a los estándares contenidos en el manual AREMA, presenta en el sistema ferroviario de los EEUU una vida útil media que se encuentra en el rango de 30 a 35 años. Una vida útil mayor de los durmientes se puede encontrar en vías con menos tráfico.
- Los durmientes en uso de mayor edad en Chile datan de la década de los sesenta. Los trenes de pasajeros que circulan por esas vías lo hacen a una velocidad entre 120 y 140 km/h.
- Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, todas las maderas especificadas en la norma EFE V 32-99 son adecuadas para la confección de durmientes AREMA.
- En cuanto a la calidad visual de los durmientes, las indicaciones de la norma EFE V 32-99 son más exigentes que la norma AREMA, con excepción de los requerimientos del número de anillos por pulgada y el grano inclinado, aspectos que la norma EFE V 32-99 no considera.
- Se sugiere realizar una inspección visual de las vías férreas que une el tramo Chimbarongo/Chillán para evaluar el estado de conservación de la solución técnica "Durmiente de madera nativa chilena y la fijación KZ", instalados en la década de los sesenta. Las variables a considerar deberían ser las indicadas en la Norma EFE NSF 11.001: Norma de seguridad para la vía.

7. BIBLIOGRAFIA

American Railway Engineer Maintenance-Of-Way Association (AREMA). 1997. TIES AND WOOD PRESERVATION, Chapter 3. Washington DC.

American Railway Engineer Maintenance-Of-Way Association (AREMA). 2003. Página web www.arema.org

American Railway Engineer Maintenance-Of-Way Association (AREMA). 2003. The railroad performance. Página web www.railroadpm.org

AMTRAK, Página web www.amtrak.com 2003

Association of American Railroads (AAR). OVERVIEW OF U.S. FREIGHT RAILROADS, 2003

Association of American Railroads (AAR). CLASS I RAILROAD STATISTICS, 2003

Association of American Railroads (AAR). THE NORTH AMERICAN RAILROAD INDUSTRY, Página web, www.aar.org, 2003

Bescher, H. Ralph, CREOSOTE CROSSTIES, Crossties, September 1977

Empresa de los Ferrocarriles del Estado. NORMA TÉCNICA FERROVIARIA, DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA, EFE – V32-99, 2002.

Empresa de los Ferrocarriles del Estado. NORMA TÉCNICA FERROVIARIA, SUMINISTRO DE DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR, EFE – V32-99, 2002.

Empresa de los Ferrocarriles del Estado. Página web www.efc.cl 2003

Ferrocarril del Pacífico S.A., (FEPASA) Página web www.fepasa.cl 2003

INFOR - CORFO. MANUAL DE CALCULO DE CONSTRUCCIONES EN MADERA, Manual N°13, 2ª Edición, 1990

The Railway Tie Association (RTA). THE TIE GUIDE. 2003

The Railway Tie Association (RTA). Página web, www.rta.org, 2003

The Railway Tie Association (RTA), Ties and trains keep rolling. But is it time to proceed with caution? Crossties, January - February 2003

Tomorrow's Railroads. Página web www.tomorrowsrailroads.org. A Trip through Railroad History, 2003

USDA, Agriculture Handbook N°113. 1999. WOOD HANDBOOK : WOOD AS AN ENGINEERING MATERIAL. Superintendent of Documents, Washington, DC.

Webster, P. D. 1983. THE WOOD CROSTTIE: A 150 YEAR SUCCESS STORY.



Empresa de los Ferrocarriles del Estado

NORMA TECNICA FERROVIARIA
DURMIENTES DE MADERA
IMPREGNADA

EFE – V32-99

VERSION 00		Página 1 de 15	
REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre: Carlos Silva Rodriguez		Nombre: Carlos Estay Herreros	
Cargo: Subgerente Desarrollo		Cargo: Gerente Ingeniería	
Firma		Firma	
Fecha: 28 de Marzo de 2002		Fecha: 28 de Marzo de 2002	
AUTORIZADO POR			
Nombre: JAIME MONDACA GOMEZ		Firma	
Cargo: Gerente General			
Fecha:			

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 2 de 14
--	--	----------------

I. INDICE DE VERSIONES DE NORMA TECNICA

VERSION N°	FECHA	PAGINAS MODIFICADAS
00	28 de Marzo de 2002	Todas

II. INDICE DE VERSIONES DE LAS PAGINAS DE NORMA TÉCNICA.

HOJA N°	VERSION N°	FECHA
01	00	28 de Marzo de 2002
02	00	28 de Marzo de 2002
03	00	28 de Marzo de 2002
04	00	28 de Marzo de 2002
05	00	28 de Marzo de 2002
06	00	28 de Marzo de 2002
07	00	28 de Marzo de 2002
08	00	28 de Marzo de 2002
09	00	28 de Marzo de 2002
10	00	28 de Marzo de 2002
11	00	28 de Marzo de 2002
12	00	28 de Marzo de 2002
13	00	28 de Marzo de 2002
14	00	28 de Marzo de 2002

III. INDICE DE DISTRIBUCION DE EJEMPLARES DE NORMA TÉCNICA.

EJEMPLAR N°	VERSION N°	DESTINATARIO	FECHA DE ENTREGA
01	00	Presidente Directorio EFE	
02	00	Gerente General	
03	00	Gerente de Ingenieria	

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
------------------------------	------------------------	--------------------------------

CONTENIDO

Materia	Página N°
1. <u>ALCANCE</u>	4
2. <u>APLICACION</u>	4
3. <u>DEFINICIONES</u>	4
4. <u>ESPECIES DE MADERAS</u>	6
5. <u>ELABORACIÓN</u>	7
6. <u>TRATAMIENTO DE IMPREGNACION</u>	10
7. <u>RECEPCION</u>	13
8. <u>RECHAZO</u>	13
9. <u>ANEXO N° 1: PLANOS EFE-GERENCIA DE INGENIERIA</u>	14

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 4 de 14
---	--	----------------

1. ALCANCE

Esta Norma Técnica se refiere a los requisitos que deben cumplir, los durmientes de madera impregnados, comunes para vías férreas de trocha ancha 1.676 mm y de trocha angosta de 1.000 mm, y los durmientes especiales para puentes y desviadores, de uso en las vías de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, en adelante, EFE.

2. APLICACION

Esta Norma es aplicable a todos los durmientes de madera impregnada que se utilizan en las vías férreas, puentes y desviadores de EFE.

3. DEFINICIONES

- 3.1 **ACEBOLLADURA:** Separación de las fibras de la madera a nivel de la unión de los anillos de crecimiento, también llamada vulgarmente media luna, cerco o cerquillo. Se hace visible en las caras extremas del durmiente, presentando forma semicircular.
- 3.2 **ALABEO:** Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos a la vez.
- 3.3 **ACANALADURA:** Curvatura transversal de las caras de un durmiente. Alabeo de las caras en la dirección transversal; se conoce también por abarquillado. (Ver plano V-1267)
- 3.5 **ARQUEADURA O COMBADO:** Curvatura longitudinal de las caras de un durmiente. Alabeo de las caras en la dirección longitudinal. (Ver plano V-1269)
- 3.6 **ENCORVADURA:** Curvatura longitudinal de los cantos de un durmiente. Alabeo de los cantos en la dirección longitudinal. (Ver plano V-1269)
- 3.7 **TORCEDURA:** Deformación del durmiente en forma de espiral o tirabuzón. Alabeo helicoidal de la pieza en torno a su eje longitudinal. (Ver plano V-1267)
- 3.8 **ALBURA:** Capa situada entre el duramen y la corteza, que frecuentemente contiene células vivas, almidón y otros materiales de reserva; generalmente es de color más claro y es más permeable y menos durable que el duramen. (Ver plano V-1265)
- 3.9 **ANTIGRIETA:** Fleje de acero que se inserta en las caras extremas de los durmientes de madera con el fin de evitar o reducir el agrietamiento o rajadura de sus extremos.
- 3.10 **APOLILLADURA:** Galerías de diámetro mayor de 3 mm que contienen un polvo fino producido por insectos.
- 3.11 **ARISTA:** Línea resultante de la intersección de dos superficies, considerada por la parte exterior del ángulo que forman. Borde de un sólido convenientemente labrado.
- 3.12 **ARISTAFALTANTE (canto muerto):** Falta de madera en una o más aristas de un durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.13 **AZUMAGADURA:** Comienzo de pudrición de la madera, que se manifiesta por decoloración de sus fibras.
- 3.14 **BOLSILLO DE CORTEZA (corteza incluida):** Resto de corteza presentes en la madera.
- 3.15 **CABEZA DEL DURMIENTE:** Parte del durmiente comprendida entre la zona de asiento del riel y la cara extrema más cercana.
- 3.16 **CANTOS DEL DURMIENTE:** Superficies planas menores del durmiente, paralelas entre sí y a su eje longitudinal y normales a sus caras.

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
--	-------------------------------	--

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 5 de 14
--	--	----------------

- 3.17 CARAS: Superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.
- 3.18 BORDE DE UNA CARA: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda limitada, en el ancho, por una arista y por una línea imaginaria paralela a la arista y a una distancia de ésta igual a la cuarta parte del ancho de la pieza.
- 3.19 ZONA CENTRAL DE UNA CARA: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda comprendida entre los bordes de la cara. El ancho de esta zona es igual a la mitad del ancho de la pieza.
- 3.20 CARAS EXTREMAS DEL DURMIENTE: Superficies menores del durmiente normales a su eje longitudinal.
- 3.21 CARA SUPERIOR DEL DURMIENTE: Superficie mayor del durmiente paralela a su eje longitudinal, sobre la cual se apoya el riel directa o indirectamente y que, en los durmientes de madera, debe ser de preferencia la cara más alejada de la médula.
- 3.22 CARA INFERIOR DEL DURMIENTE: Superficie mayor del durmiente paralela a su eje longitudinal y opuesta a su cara superior.
- 3.23 CORTEZA: Envoltura natural exterior del árbol. Comprende la corteza interna, delgada y viva (líber) y la corteza externa, gruesa y muerta (súber). (Ver plano V-1265)
- 3.24 DURAMEN (Pellín o corazón): Parte central del tronco, rodeada por una capa de albura, que en el árbol vivo ha dejado de contener células vivas y en la cual los materiales de reserva han sido eliminados o transformados. Generalmente es de color más oscuro que la albura. (Ver plano V-1265) (Ver plano V-1269)
- 3.24 DURMIENTE: Pieza o viga colocada transversalmente a una vía férrea, que sirve de apoyo a los rieles y aparatos de vía, mantiene la trocha de la vía y distribuye sobre el balasto las cargas transmitidas a los rieles por las ruedas de los vehículos que circulan por la vía férrea.
- 3.25 DURMIENTE ASERRADO: Dormiente de madera elaborado a sierra.
- 3.26 DURMIENTE COMUN: Dormiente de escuadría 152 mm x 254 mm, y de largos 2,75 m, para trocha 1.676 mm. y 1,80 m para trocha de 1.000 mm. que se utiliza principalmente como apoyo de vías férreas lastradas.
- 3.27 DURMIENTE ESPECIAL PARA DESVIADORES: Dormiente de escuadría 152 mm x 254 mm y de un largo variable de 3,00 m a 5,25 m, con incrementos de 0,25 m, que se utiliza como apoyo de desviadores y otros aparatos de vía.
- 3.28 DURMIENTE ESPECIAL PARA PUENTES: Dormiente de escuadría 200 mm x 254 mm y de un largo de 3,00 o 3,50 m, dependiendo del tipo de puente, que se utiliza como apoyo de vías férreas no lastradas sobre puentes metálicos.
- 3.29 DURMIENTE LABRADO: Dormiente de madera elaborado a hacha, azuela o motosierra.
- 3.30 EMPLANTILLADO DEL DURMIENTE: Emparejado o fresado de la zona de asiento de riel en durmientes de madera con el objeto de proveer un contacto completo y uniforme entre el riel o la silla y el durmiente y, cuando se requiera, la inclinación prescrita para los rieles de la vía, del desviador o de la travesía.
- 3.31 ESCUADRÍA DEL DURMIENTE: Expresión numérica de las dimensiones de la sección transversal del durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.32 ANCHO DEL DURMIENTE: Dimensión mayor de la escuadría del durmiente.
- 3.33 ALTO O ESPESOR DEL DURMIENTE: Dimensión menor de la escuadría del durmiente.

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
-------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

- 3.34 **FRACTURA:** Ruptura de las fibras de la madera, como resultado de esfuerzos excesivos de compresión o flexión que afectan la sección total de un durmiente y lo dividen en 2 ó más trozos.
- 3.35 **GRIETA:** Separación de las fibras de la madera que no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes del durmiente, cuyo desarrollo puede producir posteriormente una fractura del durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.36 **LONGITUD DEL DURMIENTE:** Distancia entre las caras extremas del durmiente, medida en su eje longitudinal.
- 3.37 **MEDULA:** Parte central del tallo, constituida esencialmente por tejido parenquimatoso o blando. (Ver plano V-1265)
- 3.38 **NUDO:** Parte de una rama que, por crecimiento secundario de un tronco, se encuentra incluida en él, presentando aspecto y propiedades diferentes a los de la madera circundante.
- 3.39 **PERFORACION:** Galería u otro tipo de orificios, producida en la madera por diferentes especies del reino animal.
- 3.40 **PUDRICION:** Descomposición de la madera producida por hongos xilófagos, acompañada de un proceso gradual de cambio de características físicas, químicas y mecánicas.
- 3.41 **RAJADURA:** Separación, en el sentido longitudinal del durmiente, de las fibras de la madera, que afecta dos caras, una cara y su canto adyacente o dos cantos en forma simultánea.
- 3.42 **TALADRO (Gusanera):** Galerías producidas en la madera por larvas o insectos adultos.
- 3.43 **ZONA DE ASIENTO DE RIEL:** Sector de la cara superior del durmiente donde tiene lugar el contacto directo o indirecto entre el riel de la vía y el durmiente. (Ver plano V-1269)

4. ESPECIES DE MADERAS

- 4.1 Las especies admitidas serán las que se indican a continuación:

Roble (*)	<i>Nothofagus obliqua</i>
Roble (Maule) (*)	<i>Nothofagus glauca</i>
Coigüe	<i>Nothofagus dombeyi</i>
Coigüe (Chiloé)	<i>Nothofagus nitida</i>
Ulmo	<i>Euciphia cordifolia</i>
Tineo	<i>Weinmannia trichosperma</i>
Eucalipto	<i>Eucaliptus globulus</i>

(*) El Roble Pallín no es impregnable.

- 4.2 Se aceptarán también, con un límite máximo de 30% del total de durmientes que se suministre, las siguientes especies:

Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>
Lenga	<i>Nothofagus pumilio</i>
Lingue	<i>Persea lingue</i>
Maño hojas largas	<i>Podocarpus salignus</i>
Raulí	<i>Nothofagus alpina</i>
Tepa	<i>Laurelia philipiana</i>

5. ELABORACIÓN

5.1 Los durmientes deberán ser elaborados a partir de madera sana y libre de defectos de magnitud tal que debiliten su resistencia mecánica. Serán rechazados los durmientes que presenten defectos que excedan las cantidades y magnitudes especificadas en la siguiente tabla:

DEFECTO	DESCRIPCION
Arqueadura	Se acepta hasta 12 mm (1/2") en el durmiente de 2,75 m y 6 mm (1/4") en el de 1,80 m. En durmientes para puentes y desviadores, se acepta hasta 12 mm (1/2"), cualquiera que sea su largo.
Acebolladura	Se aceptará si: • la separación de los anillos de crecimiento no es superior a 3 mm, • la proyección de la extensión mayor del defecto en la sección transversal del extremo afectado sobre la cara más próxima no es superior a 85 mm, y • la zona dañada se encuentra a una distancia igual o superior a 25 mm de la cara más próxima.
Encorvadura	Se acepta hasta 12 mm. (1/2) en cualquier tipo de durmientes.
Fractura	No se acepta.
Acanaladura	No se acepta.
Torcedura	No se acepta.
Corazón	Se acepta siempre que esté encerrado y a más de 25 mm (1") de cualquiera de las caras o cantos del durmiente. <u>Nota 1:</u> Aunque el término Corazón no se encuentra definido en la literatura técnica, es generalmente usado en las actividades forestales y corresponde a madera generada en los primeros años de vida del árbol, que circunda la médula y presenta un mayor grado de concentración de extraíbles que el resto del duramen. (Ver plano V-1265)
Pudrición	No se acepta. <u>Nota 2</u> No se aceptará en absoluto la presencia de cualquier ataque de hongos e insectos, por incipiente que éste sea.
Perforación	Sólo se aceptan perforaciones sanas, que se hallen libres de azumagadura o pudrición, cuya profundidad no sea mayor que 60 mm y su longitud o diámetro mayor no exceda de 13 mm, en la zona de asiento del riel, y/o cuya profundidad no sea mayor que 80 mm y su longitud o diámetro mayor no exceda de 25 mm, fuera de la zona de asiento del riel.
Rajadura	Se aceptará como máximo 2 rajaduras cuyo ancho máximo no exceda de 6 mm y de longitud no superior a 200 mm. Podrá aceptarse rajaduras con dimensiones que excedan los límites indicados como máximo en un 20% de los durmientes a recepcionarse, siempre que, mediante prensado hidráulico adecuado y aplicación de placas anti-rajaduras, se reduzca efectivamente la rajadura y se obtenga la escuadria original en forma permanente y no se afecte el sector donde se ubicarán los clavos rieleros o tirafondos de sujeción de los rieles.

DEFECTO	DESCRIPCION
Grieta	Se aceptarán grietas aisladas de profundidad no superior a 35 mm y de longitud no superior a la mitad de la longitud del durmiente.
Bolsillo de corteza	Se acepta fuera de la zona de asiento del riel, hasta 200 mm de largo y 50 mm de profundidad. Todo resto de corteza debe ser totalmente retirado de la superficie de la madera antes de su impregnación.
Arista faltante o canto muerto	Se acepta hasta en dos aristas, siempre que ellas no reduzcan el ancho de la cara inferior o superior del durmiente a menos de 200 mm (8"). Todo resto de corteza debe ser totalmente retirado de la superficie de la madera antes de su impregnación.
Médula	Se acepta siempre que esté a más de 25 mm (1") de cualquiera de las caras o cantos del durmiente.
Nudo	Se aceptarán sólo nudos firmes y apretados, de diámetro no superior a 60 mm en la zona de asiento de los rieles. Fuera de la zona de asiento del riel, se aceptarán hasta 3 de tales nudos. <u>Nota 3</u> Debe tenerse presente que nudo firme es aquel en que existe continuidad en el tejido leñoso entre el material del nudo y la madera que lo rodea, a diferencia del nudo muerto, donde existe una separación total entre el nudo y el material circundante, comportándose en forma similar a una perforación.

- 5.2 Los durmientes se confeccionarán de modo tal que su eje longitudinal sea paralelo a las fibras de la madera y que constituyan paralelepípedos rectangulares. Deberán estar bien aserrados, derechos, ofreciendo regularidad en las superficies de corte y presentando caras y cantos paralelos entre sí. Las caras extremas deberán presentar un corte recto respecto a caras y cantos. Solamente los durmientes comunes podrán ser labrados, siempre que se encuentren dentro de las tolerancias admisibles que se indican en el punto 5.3.

5.3 Dimensiones y tolerancias.

Los durmientes serán aceptados si sus medidas se encuentran dentro de las siguientes tolerancias.

5.3.1 Durmientes comunes trocha ancha, 1.676 mm, de 6" x 10" x 2,75 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	248 mm (9"3/4)	2.72 m
Máximo	171 mm (6"3/8)	273 mm (10" 3/8)	2.80 m

5.3.2 Durmientes comunes trocha angosta, 1.000 mm, de 6" x 10" x 1,80 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	248 mm (9"3/4)	1.78 m
Máximo	171 mm (6"3/4)	273 mm (10" 3/4)	1.85 m

5.3.3 Durmientes especiales para puentes de 8" x 10" x 3,50 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	194 mm (7"3/4)	248 mm (9"3/4)	3.47 m
Máximo	219 mm (8"3/4)	273 mm (10" 3/4)	3.55 m

5.3.4 Durmientes especiales para puentes de 8" x 10" x 3,00 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	194 mm (7"3/4)	248 mm (9"3/4)	2.97 m
Máximo	219 mm (8"3/4)	273 mm (10" 3/4)	3.05 m

5.3.5 Durmientes especiales para desviadores.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	248 mm (9"3/4)	L - 1% L
Máximo	171 mm (8"3/4)	273 mm (10" 3/4)	L + 1.5% L

El largo "L" de estos durmientes especiales será especificado en cada caso.

- 5.4 El alto y ancho de los durmientes deberán ser medidos en la zona de asiento de riel, a 50 cm de sus extremos, para los durmientes comunes de 2,75 m y especiales para desviadores, y a 40 cm, para los durmientes comunes de 1,80 m. En los especiales para puentes, a 90 cm para los de 3,50 m y a 65 cm para los de 3,00 m.
- 5.5 Todas las medidas deberán ser controladas mediante calibres.
- 5.6 Los durmientes labrados deberán estar emplantillados en la zona de contacto con el riel.
- 5.7 Albura (Hualle) aceptable: Se aceptará sin restricción la existencia de albura.
- 5.8 Dispositivos anti-grieta.

Los durmientes deberán estar provistos, en cada una de sus caras extremas, con dispositivos antigrieta tipo placa multiclavo fabricado conforme a lo especificado en el

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 10 de 14
---	--	-----------------

plano V-1264 "PLACA MULTICLAVO DE EXTREMO". Alternativamente, podrán utilizarse otros dispositivos antigrieta sujetos a la aprobación previa de EFE.

Estos dispositivos serán colocados centrados, de manera que su parte recta quede paralela a las caras, y tal que penetre enteramente al interior de la cabeza del durmiente. Los dispositivos antigrieta deberán ser instalados antes que los durmientes sean depositados en las canchas de secamiento para su posterior impregnación.

6. TRATAMIENTO DE IMPREGNACION

6.1 Almacenamiento de los durmientes en bruto

- 6.1.1 Los durmientes que lleguen a la Planta Impregnadora deberán ser encastillados en canchas especialmente destinadas al secamiento natural de ellos.
- 6.1.2 Durante la descarga, deberán inspeccionarse los durmientes en cuanto a su calidad, separando de inmediato los que no cumplan con las condiciones establecidas en la presente norma o no vengán con los dispositivos antigrieta.
- 6.1.3 Las canchas de almacenamiento deberán reunir los requisitos mínimos de drenaje y de aireación para asegurar el secamiento uniforme de los durmientes.
- 6.1.4 Los durmientes deberán encastillarse separados por especie, dimensión y por fechas de inicio del secamiento.

6.2 Secado

6.2.1 Secado Natural

El secado natural se realizará en canchas de almacenamiento, las que deberán reunir los requisitos mínimos indicados en 6.1.3.

El contenido de humedad ideal que deberán alcanzar los durmientes antes de ser tratados será del 40%. Sin embargo, para especies refractarias que pierden la humedad con dificultad, puede aceptarse hasta 50%.

6.2.2 Secado Artificial (Boultonización)

Consiste en extraer la cantidad de agua requerida, por medio de un proceso de vacío dentro de un circuito.

El secado artificial ideal deberá alcanzar una humedad del 40%. Sin embargo, para especies refractarias que pierden la humedad con dificultad, puede aceptarse hasta 50%.

No se aceptará el secado artificial de maderas que tengan más de sesenta días de coria en el bosque, ni durmientes que no hayan sido adecuadamente encastillados por más de 10 días desde su fabricación.

6.3 Condiciones de Impregnación

- 6.3.1 Los durmientes serán impregnados con una mezcla de creosota y petróleo N° 5 en la proporción 60:40, de acuerdo a la Norma AREA, Capítulo 3, Parte 7, Artículo 7.3 ó 7.4, y procesados de acuerdo a la Norma AREA, Capítulo 3, Partes 6, 7 y 8.

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
------------------------------	------------------------	--------------------------------

	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 11 de 14
---	---	--------------------------------------

- 6.3.2 Los durmientes encastillados en las canchas de almacenamiento serán impregnados una vez que su contenido de humedad sea igual o inferior al 50%.
- 6.3.3 Los durmientes cuyo contenido de humedad sea superior a 50% deberán ser sometidos previamente a secamiento artificial, a fin de reducir su humedad a los valores especificados en el punto 6.3.2 o, alternativamente, hasta lograr extraer a lo menos 100 Kg de agua por cada m³ de madera, antes de ser impregnados.

6.4 Control de la penetración

- 6.4.1 Se tomará como muestra un 5% de los durmientes que componen una carga, elegidos al azar, con un mínimo de 10 durmientes.
Con un barreno de incremento o sacamuestra, se obtendrán tarugos de 7 cm de longitud mínima de la parte central de uno de los cantos del durmiente de muestra. La perforación debe taponarse de inmediato con un tarugo ya preparado para este fin e impregnado.
- 6.4.2 La penetración del preservante debe alcanzar al 95 % de los anillos de crecimiento de la albura o, alternativamente, debe alcanzar una profundidad absoluta promedio mínimo de 10 mm en los durmientes de ulmo, tino, tepa, laurel, mañío y lenga, y de 5 mm en los de roble, coigüe, raulí, eucalipto y lingue.
- 6.4.3 Si el 90% de las probetas de la muestra cumple con los requisitos de penetración indicados en 6.4.2, se aceptará la carga representada por la muestra.
En caso contrario, se hará un nuevo muestreo con el mismo procedimiento establecido en 6.4.1, que deberá cumplir en su totalidad con los requisitos establecidos en 6.4.2.

6.5 Control de la retención

- 6.5.1 El control de la retención del preservante en el durmiente se hará a través de la "Hoja de Carga", en la que se dejará constancia de los siguientes antecedentes:
- Número de la carga.
 - Especie, cantidad, sección y largo de las piezas que componen la carga.
 - Tratamiento preservador que se utiliza.
 - Retención neta necesaria, expresada en kilos de preservante por metro cúbico de madera.
 - Registro permanente durante todo el ciclo de operación de las siguientes variables:
 - Fase Vacío: duración e intensidad
 - Fase Presión: duración e intensidad
 - Fase Vacío Recuperación: duración e intensidad
 - Fase Vapor Secamiento: duración y temperatura
 - Fase Vacío Final: duración e intensidad

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
--------------------------------------	--	--

Las variables se expresarán en las siguientes unidades de medida:

- ✓ Duración, en minutos
- ✓ Temperatura, en grados Celsius
- ✓ Presión, en kg/cm^2
- ✓ Vacío, en mm de columna de mercurio
- f) Resultados del tratamiento, en Kg / m^3
 - Consumo total del preservante
 - Retención neta del preservante

La retención neta del preservante se calculará como Kg del líquido preservante por m^3 de madera tratada.
- g) Nombre y firma del operador responsable

6.5.2 La Hoja de Carga deberá ser llenada por el operador de la planta, quien será el responsable del control técnico del proceso de preservación. Copia de esta Hoja de Carga se entregará al Inspector Receptor de EFE.

6.5.3 La retención neta del preservante deberá ser de 150 Kg/m^3 .

6.5.4 Una carga será aceptada cuando la retención neta del preservante, calculada de la Hoja de Carga, sea igual o superior al 80% del valor dado en 6.5.3, es decir, 120 Kg/m^3 , a menos que el promedio de las retenciones de todas las cargas de la semana, que incluya a las que no han alcanzado tal valor mínimo, sea igual o superior al 90% del valor dado en 6.5.3, es decir, a 135 Kg/m^3 .

6.5.5 Si la carga no alcanzare los valores indicados 6.5.4, será rechazada y deberá ser reimpregnada. Luego se volverá a calcular el promedio indicado en 6.5.4, que deberá ser igual o superior a 135 Kg/m^3 para que dicha carga sea aceptada.

6.5.6 Si el promedio de las retenciones de todas las cargas de la semana no alcanzare los requisitos establecidos en 6.5.4 y 6.5.5, podrá reimpregnarse las cargas de la semana que tengan las retenciones más bajas y recalcularse el promedio de las retenciones.

6.6 Almacenamiento de los durmientes impregnados

6.6.1 Los durmientes impregnados deberán ser encastillados en canchas especiales destinados exclusivamente para tal fin. Los castillos se ordenarán por orden cronológico.

6.6.2 Los durmientes impregnados deberán permanecer encastillados por lo menos durante siete días, en espera de su estabilización y de su recepción por parte del Inspector Receptor de EFE.

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA IMPREGNADA	Página 13 de 14
--	--	-----------------

7. RECEPCION

7.1 Se inspeccionará el 100% de los durmientes impregnados que hayan cumplido los requisitos establecidos en 6.4 y 6.5, aceptándose sólo aquellos que cumplan con estas especificaciones.

7.2 La recepción se hará separadamente por especie y dimensión.

7.3 Todos los durmientes serán marcados con el cuño del Inspector Receptor de EFE y se procederá a su encastillamiento, siempre separados por especie y dimensión, en espera de su despacho a los lugares de destino.

También se exigirá, en la parte central de la cara más distante del corazón de cada durmiente, una marca a fuego con un logo o sigla que identifique al proveedor, más la inscripción **EFE** seguida de los 2 últimos dígitos del año de recepción. (Ver plano V-1266)

8. RECHAZO

Se rechazarán todos aquellos durmientes que no cumplan con las especificaciones de la presente norma.

EFE-NSF-11-008 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
------------------------------	------------------------	--------------------------------

9. ANEXO N° 1. PLANOS EFE-GERENCIA DE INGENIERIA

- | | | |
|-----|----------|--|
| 9.1 | V – 1264 | PLACA MULTICLAVO DE EXTREMO |
| 9.2 | V – 1265 | CORTE TRANSVERSAL |
| 9.3 | V – 1266 | ESQUEMA PROTECCION |
| 9.4 | V – 1267 | DEFECTOS TIPO |
| 9.5 | V – 1268 | CASTILLOS PARA SECAMIENTO UNIFORME DE DURMIENTES ESPECIALES |
| 9.6 | V – 1269 | DEFECTOS TIPO |
| 9.7 | V – 1270 | CASTILLOS PARA SECAMIENTO UNIFORME DE DURMIENTES Y SU CONSERVACIÓN |

Nota: Estos planos están disponibles en archivos AUTOCAD o impresos.



Empresa de los Ferrocarriles del Estado

NORMA TECNICA FERROVIARIA

SUMINISTRO DE DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR

EFE – V32-99

VERSION 00		Página 1 de 12	
REVISADO POR: _____		APROBADO POR: _____	
Nombre: Carlos Silva Rodríguez		Nombre: Carlos Estay Herreros	
Cargo: Subgerente Desarrollo		Cargo: Gerente Ingeniería	
Firma		Firma	
Fecha: 28 de Marzo de 2002		Fecha: 29 de Marzo de 2002	
AUTORIZADO POR			
Nombre: JAIME MONDACA GOMEZ		Firma	
Cargo: Gerente General			
Fecha: 28 de marzo de 2002			

	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR	Página 2 de 11
---	---	----------------

INDICE DE VERSIONES DEL REGLAMENTO

VERSION N°	FECHA	PAGINAS MODIFICADAS
00	28 de Marzo de 2002	Todas

II. INDICE DE VERSIONES DE LAS PAGINAS DEL REGLAMENTO

HOJA N°	VERSION N°	FECHA
01	00	28 de Marzo de 2002
02	00	28 de Marzo de 2002
03	00	28 de Marzo de 2002
04	00	28 de Marzo de 2002
05	00	28 de Marzo de 2002
06	00	28 de Marzo de 2002
07	00	28 de Marzo de 2002
08	00	28 de Marzo de 2002
09	00	28 de Marzo de 2002
10	00	28 de Marzo de 2002
11	00	28 de Marzo de 2002

II. INDICE DE DISTRIBUCION DE EJEMPLARES DEL REGLAMENTO

EJEMPLAR N°	VERSION N°	DESTINATARIO	FECHA DE ENTREGA
01	00	Presidente Directorio EFE	
02	00	Gerente General	
03	00	Gerente de Ingenieria	

EFE-NSF-11-007 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
-------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

C O N T E N I D O

Capítulo	Página N°
1. <u>ALCANCE</u>	4
2. <u>APLICACION</u>	4
3. <u>DEFINICIONES</u>	4
4. <u>ESPECIES DE MADERAS</u>	6
5. <u>ELABORACION</u>	7
6. <u>RECEPCION Y ALMACENAMIENTO</u>	10
7. <u>RECHAZO</u>	10
8. <u>ANEXO N° 1: PLANOS EFE-GERENCIA DE INGENIERIA</u>	11

	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR	Página 4 de 11
---	---	----------------

1. ALCANCE

Esta Norma Técnica se refiere a los requisitos que deben cumplir los durmientes comunes para vías férreas de trocha ancha 1.676 mm y de trocha de 1.000 mm, y los durmientes especiales para puentes y desviadores, de uso en la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, en adelante, EFE.

2. APLICACION

Esta Norma es aplicable a todos los durmientes de madera que se utilizan en las vías férreas, puentes y desviadores de la EFE.

3. DEFINICIONES

- 3.1 **ACEBOLLADURA:** Separación de las fibras de la madera a nivel de la unión de los anillos de crecimiento, también llamada vulgarmente media luna, cerco o cerquillo. Se hace visible en las caras extremas del durmiente, presentando forma semicircular.
- 3.2 **ALABEO:** Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos a la vez.
- 3.3 **ACANALADURA:** Curvatura transversal de las caras de un durmiente. Alabeo de las caras en la dirección transversal; se conoce también por abarquillado. (Ver plano V-1267)
- 3.5 **ARQUEADURA O COMBADO:** Curvatura longitudinal de las caras de un durmiente. Alabeo de las caras en la dirección longitudinal. (Ver plano V-1269)
- 3.6 **ENCORVADURA:** Curvatura longitudinal de los cantos de un durmiente. Alabeo de los cantos en la dirección longitudinal. (Ver plano V-1269)
- 3.7 **TORCEDURA:** Deformación del durmiente en forma de espiral o tirabuzón. Alabeo helicoidal de la pieza en torno a su eje longitudinal. (Ver plano V-1267)
- 3.8 **ALBURA:** Capa situada entre el duramen y la corteza, que frecuentemente contiene células vivas, almidón y otros materiales de reserva; generalmente es de color más claro y es más permeable y menos durable que el duramen. (Ver plano V-1265)
- 3.9 **ANTIGRIETA:** Fleje de acero que se inserta en las caras extremas de los durmientes de madera con el fin de evitar o reducir el agrietamiento o rajadura de sus extremos.
- 3.10 **APOLILLADURA:** Galerías de diámetro mayor de 3 mm que contienen un polvo fino producido por insectos.
- 3.11 **ARISTA:** Línea resultante de la intersección de dos superficies, considerada por la parte exterior del ángulo que forman. Borde de un sólido convenientemente labrado.
- 3.12 **ARISTAFALTANTE (canto muerto):** Falta de madera en una o más aristas de un durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.13 **AZUMAGADURA:** Comienzo de pudrición de la madera, que se manifiesta por decoloración de sus fibras.
- 3.14 **BOLSILLO DE CORTEZA (corteza incluida):** Resto de corteza presentes en la madera.
- 3.15 **CABEZA DEL DURMIENTE:** Parte del durmiente comprendida entre la zona de asiento del riel y la cara extrema más cercana.
- 3.16 **CANTOS DEL DURMIENTE:** Superficies planas menores del durmiente, paralelas entre sí y a su eje longitudinal y normales a sus caras.
- 3.17 **CARAS:** Superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.

EFE-NSF-11-007 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
--	-------------------------------	--

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR	Página 5 de 11
--	---	----------------

- 3.18 **BORDE DE UNA CARA:** Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda limitada, en el ancho, por una arista y por una línea imaginaria paralela a la arista y a una distancia de ésta igual a la cuarta parte del ancho de la pieza.
- 3.19 **ZONA CENTRAL DE UNA CARA:** Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda comprendida entre los bordes de la cara. El ancho de esta zona es igual a la mitad del ancho de la pieza.
- 3.20 **CARAS EXTREMAS DEL DURMIENTE:** Superficies menores del durmiente normales a su eje longitudinal.
- 3.21 **CARA SUPERIOR DEL DURMIENTE:** Superficie mayor del durmiente paralela a su eje longitudinal, sobre la cual se apoya el riel directa o indirectamente y que, en los durmientes de madera, debe ser de preferencia la cara más alejada de la médula.
- 3.22 **CARA INFERIOR DEL DURMIENTE:** Superficie mayor del durmiente paralela a su eje longitudinal y opuesta a su cara superior.
- 3.23 **CORTEZA:** Envoltura natural exterior del árbol. Comprende la corteza interna, delgada y viva (líber) y la corteza externa, gruesa y muerta (súber). (Ver plano V-1265)
- 3.24 **DURAMEN (Pellín o corazón):** Parte central del tronco, rodeada por una capa de albura, que en el árbol vivo ha dejado de contener células vivas y en la cual los materiales de reserva han sido eliminados o transformados. Generalmente es de color más oscuro que la albura. (Ver plano V-1265) (Ver plano V-1269)
- 3.24 **DURMIENTE:** Pieza o viga colocada transversalmente a una vía férrea, que sirve de apoyo a los rieles y aparatos de vía, mantiene la trocha de la vía y distribuye sobre el balasto las cargas transmitidas a los rieles por las ruedas de los vehículos que circulan por la vía férrea.
- 3.25 **DURMIENTE ASERRADO:** Dormiente de madera elaborado a sierra.
- 3.26 **DURMIENTE COMUN:** Dormiente de escuadría 152 mm x 254 mm, y de largos 2,75 m, para trocha 1.676 mm. y 1,80 m para trocha de 1.000 mm. que se utiliza principalmente como apoyo de vías férreas lastradas.
- 3.27 **DURMIENTE ESPECIAL PARA DESVIADORES:** Dormiente de escuadría 152 mm x 254 mm y de un largo variable de 3,00 m a 5,25 m, con incrementos de 0,25 m, que se utiliza como apoyo de desviadores y otros aparatos de vía.
- 3.28 **DURMIENTE ESPECIAL PARA PUENTES:** Dormiente de escuadría 200 mm x 254 mm y de un largo de 3,00 o 3,50 m, dependiendo del tipo de puente, que se utiliza como apoyo de vías férreas no lastradas sobre puentes metálicos.
- 3.29 **DURMIENTE LABRADO:** Dormiente de madera elaborado a hacha, azuela o motosierra.
- 3.30 **EMPLANTILLADO DEL DURMIENTE:** Emparejado o fresado de la zona de asiento de riel en durmientes de madera con el objeto de proveer un contacto completo y uniforme entre el riel o la silla y el durmiente y, cuando se requiera, la inclinación prescrita para los rieles de la vía, del desviador o de la travesía.
- 3.31 **ESCUADRIA DEL DURMIENTE:** Expresión numérica de las dimensiones de la sección transversal del durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.32 **ANCHO DEL DURMIENTE:** Dimensión mayor de la escuadría del durmiente.
- 3.33 **ALTO O ESPESOR DEL DURMIENTE:** Dimensión menor de la escuadría del durmiente.

EFE-NSF-11-007 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
-------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

- 3.34 **FRACTURA:** Ruptura de las fibras de la madera, como resultado de esfuerzos excesivos de compresión o flexión que afectan la sección total de un durmiente y lo dividen en 2 ó más trozos.
- 3.35 **GRIETA:** Separación de las fibras de la madera que no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes del durmiente, cuyo desarrollo puede producir posteriormente una fractura del durmiente. (Ver plano V-1269)
- 3.36 **LONGITUD DEL DURMIENTE:** Distancia entre las caras extremas del durmiente, medida en su eje longitudinal.
- 3.37 **MEDULA:** Parte central del tallo, constituida esencialmente por tejido parenquimatoso o blando. (Ver plano V-1265)
- 3.38 **NUDO:** Parte de una rama que, por crecimiento secundario de un tronco, se encuentra incluida en él, presentando aspecto y propiedades diferentes a los de la madera circundante.
- 3.39 **PERFORACION:** Galería u otro tipo de orificios, producida en la madera por diferentes especies del reino animal.
- 3.40 **PUDRICION:** Descomposición de la madera producida por hongos xilófagos, acompañada de un proceso gradual de cambio de características físicas, químicas y mecánicas.
- 3.41 **RAJADURA:** Separación, en el sentido longitudinal del durmiente, de las fibras de la madera, que afecta dos caras, una cara y su canto adyacente o dos cantos en forma simultánea.
- 3.42 **TALADRO (Gusanera):** Galerías producidas en la madera por larvas o insectos adultos.
- 3.43 **ZONA DE ASIENTO DE RIEL:** Sector de la cara superior del durmiente donde tiene lugar el contacto directo o indirecto entre el riel de la vía y el durmiente. (Ver plano V-1269)

4. ESPECIES DE MADERAS

- 4.1 Las especies admitidas para durmientes serán las que se indican a continuación:

Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>
Roble (Maule)	<i>Nothofagus glauca</i>
Coigüe	<i>Nothofagus dombeyi</i>
Coigüe (Chiloé)	<i>Nothofagus nitida</i>
Ulmó	<i>Eucryphia cordifolia</i>
Tineo	<i>Weinmannia trichosperma</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>

- 4.2 Se aceptarán también, con un límite máximo de 30% del total de durmientes que se suministre, las siguientes especies:

Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>
Lenga	<i>Nothofagus pumilio</i>
Lingue	<i>Persea lingue</i>
Mañío hojas largas	<i>Podocarpus salignus</i>
Raulí	<i>Nothofagus alpina</i>
Tepa	<i>Laurelia philipiana</i>

5. ELABORACION

- 5.1 Los durmientes deberán ser elaborados a partir de madera sana, libre de defectos de magnitud tal que debiliten su resistencia mecánica. Serán rechazados los durmientes que presenten defectos que excedan las cantidades y magnitudes especificadas en la siguiente tabla:

DEFECTO	DESCRIPCION
Arqueadura	Se acepta hasta 12 mm (1/2") en el durmiente de 2,75 m y 6 mm (1/4") en el de 1,80 m. En durmientes para puentes y desviadores se acepta hasta 12 mm (1/2"), cualquiera que sea su largo.
Acebolladura	Se aceptará: • si la separación de los anillos de crecimiento no es superior a 3 mm, • si la proyección de la extensión mayor del defecto en la sección transversal del extremo afectado sobre la cara más próxima no es superior a 85 mm, y • si la zona dañada se encuentra a 25 mm de la cara más próxima.
Encorvadura	Se acepta hasta 12 mm (1/2") en los durmientes de 2,75 m y 1,80 m, en puentes y en desviadores.
Fractura	No se acepta.
Acanaladura	No se acepta.
Torcedura	No se acepta.
Corazón	Se acepta siempre que esté encerrado y a más de 25 mm (1") de cualquiera de las caras o cantos del durmiente. <u>Nota 1:</u> Aunque el término Corazón no se encuentra definido en la literatura técnica, es generalmente usado en las actividades forestales y corresponde a madera generada en los primeros años de vida del árbol, que circunda la médula y presenta un mayor grado de concentración de extraíbles que el resto del duramen. (Ver plano V-1265)
Pudrición	No se acepta. <u>Nota 2:</u> No se aceptará absolutamente la presencia de cualquier ataque de hongos e insectos, por incipiente que éste sea.
Perforación	Sólo se aceptan perforaciones sanas, que se hallen libres de azumagadura o pudrición, cuya profundidad no sea mayor que 60 mm y su longitud o diámetro mayor no exceda de 13 mm, en la zona de asiento del riel, y/o cuya profundidad no sea mayor que 80 mm y su longitud o diámetro mayor no exceda de 25 mm, fuera de la zona de asiento del riel.
Rajadura	Se aceptará como máximo 2 rajaduras cuyo ancho máximo no exceda de 6 mm y de longitud no superior a 200 mm. Podrá aceptarse rajaduras con dimensiones que excedan los límites indicados como máximo en un 20% de los durmientes a recepcionarse, siempre que, mediante prensado hidráulico adecuado y aplicación de placas anti-rajaduras, se logre reducir efectivamente la rajadura y se obtenga la escuadría original del durmiente en forma permanente y no se afecte el sector donde se ubicarán los clavos rieleros o tirafondos de sujeción de los rieles.

DEFECTO	DESCRIPCION
Grieta	Se aceptarán grietas aisladas de profundidad no superior a 35 mm y de longitud no superior a la mitad de la longitud del durmiente.
Bolsillo de corteza	Se acepta fuera de la zona de asiento del riel, hasta 200 mm de largo y 50 mm de profundidad.
Arista faltante o canto muerto	Se acepta hasta en dos aristas, siempre que ellas no reduzcan el ancho de la cara inferior o superior del durmiente a menos de 200 mm (8").
Nudo	Se aceptarán sólo nudos firmes y apretados, de diámetro no superior a 60 mm en la zona de asiento de los rieles. Fuera de la zona de asiento del riel, se aceptarán hasta 3 de tales nudos. <u>NOTA 3</u> Debe tenerse presente que nudo firme es aquel en que existe continuidad en el tejido leñoso entre el material del nudo y la madera que lo rodea, a diferencia del nudo muerto, donde existe una separación total entre el nudo y el material circundante, comportándose en forma similar a una perforación.

- 5.2 Los durmientes se confeccionarán de modo tal que su eje longitudinal sea paralelo a las fibras de la madera y que constituyan un paralelepípedo rectangular. Deberán estar bien aserrados, derechos, ofreciendo regularidad en las superficies de corte y presentando caras y cantos paralelos entre sí. Las caras extremas deberán presentar un corte recto respecto a caras y cantos. Solamente los durmientes comunes podrán ser labrados, siempre que se encuentren dentro de las tolerancias admisibles que se indican en el punto 5.3.

5.3 Dimensiones y tolerancias.

Los durmientes serán aceptados si sus medidas se encuentran dentro de las siguientes tolerancias:

5.3.1 **Durmientes comunes de trocha ancha, 1.676 mm, de 6" x 10" x 2,75 m.**

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	248 mm (9"3/4)	2,72 m
Máximo	171 mm (6"3/4)	273 mm (10"3/4)	2,80 m

5.3.2 **Durmientes comunes de trocha angosta, 1.000 mm, de 6" x 10" x 1,80 m**

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	254 mm (9"3/4)	1,78 m
Máximo	171 mm (6"3/4)	273 mm (10"3/4)	1,85 m

5.3.3 Durmientes especiales para puentes de 8" x 10" x 3,50 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	194 mm (7"3/4)	248 mm (9"3/4)	3,47 m
Máximo	219 mm (8"3/4)	273 mm (10"3/4)	3,55 m

5.3.4 Durmientes especiales para puentes de 8" x 10" x 3,00 m.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	194 mm (7"3/4)	248 mm (9"3/4)	2,97 m
Máximo	219 mm (8"3/4)	273 mm (10"3/4)	3,05 m

5.3.5 Durmientes especiales para desviadores.

	ALTO	ANCHO	LARGO
Mínimo	150 mm (5"7/8)	248 mm (9"3/4)	L – 1% L
Máximo	171 mm (6"3/4)	273 mm (10"3/4)	L + 1.5% L

El largo "L" de estos durmientes especiales será especificado en cada caso.

- 5.4 El alto y ancho de los durmientes deberán ser medidos en la zona de asiento de riel, a 50 cm de sus extremos, para los durmientes comunes de 2,75 m y especiales para desviadores, y a 40 cm, para los durmientes comunes de 1,80 m. En los especiales para puentes, a 90 cm para los de 3,50 m y a 65 cm para los de 3,00 m.
- 5.5 Todas las medidas deberán ser controladas mediante calibres.
- 5.6 Los durmientes labrados deberán estar emplastillados en la zona de contacto con el riel.
- 5.7 Albura (hualle) máxima aceptable. (Ver plano V-1267)
- 5.6.1 Para durmientes comunes, se aceptará como máximo 60 mm en el alto ó 90 mm en el ancho, medido en una de sus cabezas. El resto del durmiente deberá ser duramen.
- 5.6.2 En durmientes para puentes, se aceptará como máximo 70 mm en el alto ó 90 mm en el ancho, medido en una de sus cabezas. El resto del durmiente deberá ser duramen.
- 5.6.3 En durmientes para desviadores, se aceptará como máximo 60 mm en el alto ó 90 mm en el ancho, medido en una de sus cabezas. El resto del durmiente deberá ser duramen.

 Empresa de los Ferrocarriles del Estado	NORMA TECNICA FERROVIARIA DURMIENTES DE MADERA SIN IMPREGNAR	Página 10 de 11
--	---	-----------------

5.8 Dispositivos anti-grieta.

Los durmientes deberán estar provistos, en cada una de sus caras extremas, con dispositivos antigrieta tipo placa multiclavo fabricado conforme a lo especificado en el plano V-1264 "PLACA MULTICLAVO DE EXTREMO". Alternativamente, podrán utilizarse otros dispositivos antigrieta sujetos a la aprobación previa de EFE.

Estos dispositivos serán colocados centrados, de manera que su parte recta quede paralela a las caras, y tal que penetre enteramente al interior de la cabeza del durmiente. Los dispositivos antigrieta deberán ser instalados antes que los durmientes sean depositados en las canchas de secamiento.

5.9 Protección de los extremos del durmiente.

Todo durmiente deberá llevar pintadas sus cabezas hasta una distancia de 10 cm de las caras extremas del mismo, con dos (2) manos de una emulsión formada por Mobilcer-M y agua en la proporción de 1: 1. (Ver plano V-1266)

6. RECEPCION Y ALMACENAMIENTO

6.1 Los durmientes deberán ser encastillados en canchas especialmente destinadas al secamiento natural de ellos.

6.2 Durante la descarga, deberán inspeccionarse los durmientes en cuanto a su calidad, separando de inmediato los que no cumplan con las condiciones establecidas en la presente norma o no vengán con los dispositivos antigrieta y con la emulsión protectora indicada en 5.9.

6.3 Las canchas de almacenamiento deberán reunir los requisitos mínimos de drenaje y de aireación para asegurar el secamiento uniforme de los durmientes.

6.4 Los durmientes deberán encastillarse separados por especie, dimensión y por fechas de inicio del secamiento

6.5 Todos los durmientes serán marcados con el cuño del Inspector Receptor de EFE. También se exigirá, en la parte central de la cara más distante del corazón de cada durmiente, una marca a fuego con un logo o sigla que identifique al proveedor, más la inscripción **EFE** seguida de los 2 últimos dígitos del año de recepción. (Ver plano V-1266)

7. RECHAZO

7.1 Se rechazarán todos aquellos durmientes que no cumplan las especificaciones de la presente norma.

EFE-NSF-11-007 VERSION 00	GERENCIA DE INGENIERIA	Fecha edición 28/Marzo/2002
-------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

8. ANEXO N° 1: PLANOS EFE-GERENCIA DE INGENIERIA

- | | | |
|-----|----------|--|
| 8.1 | V – 1264 | PLACA MULTICLAVO DE EXTREMO |
| 8.2 | V – 1265 | CORTE TRANSVERSAL |
| 8.3 | V – 1266 | ESQUEMA PROTECCION |
| 8.4 | V – 1267 | DEFECTOS TIPO |
| 8.5 | V – 1268 | CASTILLOS PARA SECAMIENTO UNIFORME DE DURMIENTES ESPECIALES |
| 8.6 | V – 1269 | DEFECTOS TIPO |
| 8.7 | V – 1270 | CASTILLOS PARA SECAMIENTO UNIFORME DE DURMIENTES Y SU CONSERVACION |

Nota: Estos planos están disponibles en archivos AUTOCAD o impresos.

SPECIFICATIONS FOR TIMBER CROSSTIES

(Latest Revision as of January 2003)

These specifications were arrived at by a joint committee of the Railway Tie Association and the American Railway Engineering and Maintenance of Way Association, and are identical to Chapter 30 of the AREMA Manual for Railway Engineering. This publication does not include numerous other requirements of AREMA specifications.

AREMA Manual Chapter 30 is a multi-page work covering many additional practices regarding crossties and switch ties, including adzing, boring, trimming, branding, application of anti-splitting devices, log storage, air seasoning, treatment, and care after preservative treatment. It is available from AREMA Publications Department, 8201 Corporate Drive, Suite 1125, Landover, MD 20785, for \$125 (non-member price is \$150) for the individual Chapter 30 or \$425 (non-member price is \$650) for the complete Manual. Prices are subject to change without notice.

3.1.1 SPECIFICATIONS FOR TIMBER CROSSTIES

NOTE: It is recommended for West Coast species that W.C.L.B. Grading Rules apply.

3.1.1.1 MATERIAL

3.1.1.1.1 Kinds of Wood*

Before manufacturing ties, producers shall ascertain which of the following kinds of wood suitable for crossties will be accepted:

Ashes	Gums	Oaks
Beech	Hackberries	Pines
Birches	Hemlocks	Poplars
Catalpas	Hickories	Redwoods
Cherries	Larches	Sassafras
Douglas fir	Locusts	Spruces
Elms	Maples	Sycamores
Firs (true)	Mulberries	Walnuts

*Each railway will specify only the kind of wood it desires to use.
Others will not be accepted unless specially ordered.

3.1.1.2 PHYSICAL REQUIREMENTS

3.1.1.2.1 General Quality

Except as hereinafter provided, all ties shall be free from any defects that may impair their strength or durability as crossties, such as decay, large splits, large shakes, slanting grain, or large or numerous holes or knots.

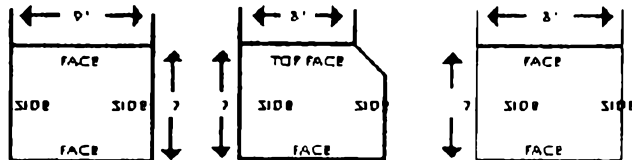
3.1.1.2.2 Resistance to Wear

When so ordered, ties from needle-leaved trees shall be of compact wood throughout the top fourth of the tie, where any inch of any radius from the pith shall have six or more rings of annual growth.

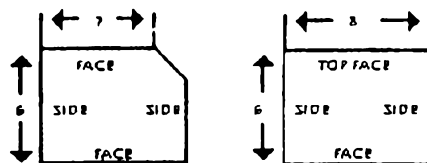
3.1.1.3 DESIGN

Size Categories for 7" & 6" Crossties 1" of Wane Allowed — 20% Square 7" x 8" Allowed

7" GRADE CROSSTIES



6" GRADE CROSSTIES



3.1.1.3.1 Dimensions

Ties shall be 8'-0", 8'-6", or 9'-0" long as specified by the customer. Thickness, width, and length specified are minimum dimensions for green ties. Dry or treated ties may be 1/4" thinner or narrower than the specified sizes. Ties exceeding these dimensions by more than 1" shall be rejected. The grade of each tie shall be determined at the point of most wane on the top face of the tie within the rail-bearing areas. The rail-bearing areas are those sections between 20" and 40" from the center of the tie. The top of the tie shall be the narrowest face and/or the horizontal face farthest from the heart or pith center.

All rail-bearing areas shall measure as follows: 7' grade crossties shall be 7' x 9' in cross section with a maximum of 1" of wane in the top rail-bearing areas. A maximum of 20% of the ties in any given quantity may be square-sawn 7" x 8" in cross section with no wane in the rail-bearing areas. A 6' grade tie shall be 6' x 8" in cross section with a maximum of 1" of wane permitted in the top rail-bearing areas. For both 6' and 7' grade ties, wane shall be permitted on the bottom face so long as it does not exceed 1" at any given point.

3.1.1.4 INSPECTION

3.1.1.4.1 Place

Ties will be inspected at suitable points as specified in the purchase agreement of the railway.

3.1.1.4.2 Manner

Inspectors will make a reasonably close examination of the top, bottom, sides and ends of each tie. Each tie will be judged independently, without regard to the decisions on others in the same lot. Rafted or boomed ties too muddled for ready examination will be rejected. Ties handled by hoists will be turned over as inspected, at the expense of the producer.

3.1.1.4.3 Decay

Decay is the disintegration of the wood substance due to the action of wood destroying fungi. "Blue stain" is not decay and is permissible in any wood.

3.1.1.4.4 Holes

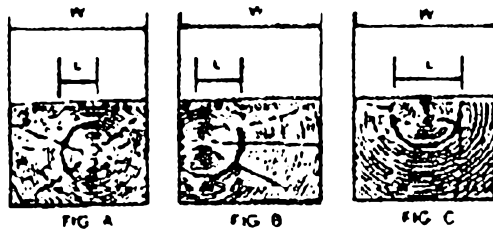
A large hole is one more than 1/2" in diameter and 3" deep within, or more than 1/4 the width of the surface on which it appears and 3" deep outside, the sections of the tie between 20" and 40" from its middle. Numerous holes are any number equaling a large hole in damaging effect. Such holes may be caused in manufacture or otherwise.

3.1.1.4.5 Knots

Within the rail-bearing areas, a large knot is one having an average diameter more than 1/3 the width of the surface on which it appears, but such a knot will be allowed if it is located outside the rail-bearing areas. Numerous knots are any number equaling a large knot in damaging effect.

3.1.1.4.6 Shake

A shake is a separation along the grain, most of which occurs between the rings of annual growth.



The procedure illustrated in the above diagrams shall be used in determining the length of a shake. One which is not more than 1/3 the width of the tie will be allowed, provided it does not extend nearer than 1" to any surface.

3.1.1.4.7 Split

A split is a separation of the wood extending from one surface to an opposite or adjacent surface. Do not count the end as a surface when measuring the length of a split. In unseasoned crossties, a split no more than 1/8" wide and/or 4" long is acceptable. In a seasoned crosstie, a split no more than 1/4" wide and/or longer than the width of the face across which it occurs is acceptable. In seasoned crossties, a split exceeding the limit is acceptable, provided split limitations and anti-splitting devices are approved by the buyer and properly applied.

3.1.1.4.8 Checks

A check is a separation of the wood due to seasoning which appears on one surface only. Do not count the end as a surface. Ties with continuous checks whose depth in a fully seasoned and/or treated tie is greater than 1/4 the thickness and longer than 1/2 the length of the tie will be rejected.

3.1.1.4.9 Slope of Grain

Except in woods with interlocking grain, a slant in grain in excess of 1 in 15 will not be permitted.

3.1.1.4.10 Bark Seams

A bark seam or pocket is a patch of bark partially or wholly enclosed in the wood. Bark seams will be allowed provided they are not more than 2" below the surface and/or 10" long.

3.1.1.4.11 Manufacturing Defects

All ties must be straight, square-sawn, cut square at the ends, have top and bottom parallel, and have bark entirely removed. Any ties which do not meet the following characteristics of good manufacture will be rejected:

- a. A tie will be considered straight when a straight line from a point on one end to a corresponding point on the other end is no more than 1-1/2" from the surface at all points.
- b. A tie is not well-sawn when its surfaces are cut into with score marks more than 1/2" deep, or when its surfaces are not even.
- c. The top and bottom of a tie will be considered parallel if any difference at the sides or ends does not exceed 1/8".
- d. For proper seating of nail plates, tie ends must be flat, and will be considered square with a sloped end of up to 1/2", which equals a 1 in 20 cant.

3.1.1.5 Delivery

3.1.1.5.1 On Railway Premises

Ties shall be delivered and stacked as specified in the purchase agreement of the railway. If ties are to be inspected, they must be placed so that all ties are accessible to the inspector.

3.1.1.5.2 Risk, Rejection

All ties are at the owner's risk until accepted. All rejected ties shall be removed within one month after inspection.

3.1.1.6 Shipment

Ties forwarded in cars or vessels shall be separated therein according to the above groups, and also according to the above sizes if inspected before loading, or as may be stipulated in the contract or order for them.

