

EL POSTE DE MADERA,

soporte de las líneas telefónicas y eléctricas aéreas

Por R. PEYRESAUBES

Secretario General de la «Federation Nationale de l'Injection du Bois», París

CONFERENCIA ORGANIZADA POR «EIFORSA», BAJO LOS AUSPICIOS DE «ASINEL», 10 de abril 1969; Salón de Actos del IICE, Madrid.

I.—EL SOPORTE DE LINEAS DE MADERA

Las más recientes evaluaciones permiten afirmar que existen cerca de 50 millones de postes de madera en las líneas aéreas de toda índole implantadas en la Europa occidental, de las cuales, 20 millones en líneas de distribución de energía, 25 millones en líneas de correos y telégrafos y algunos millones más para las necesidades de las compañías ferroviarias y utilizadores varios.

Prácticamente la casi totalidad de las redes de telecomunicaciones están construidas con postes de madera, mientras que el lugar que ocupa el soporte de madera para la distribución eléctrica varía mucho según los países. Los países nórdicos, productores, y la Gran Bretaña, importadora de madera, lo emplean generalmente. En Francia, el poste de madera asume solamente la tercera parte de las necesidades de soportes para la distribución de la energía, dos terceras partes son absorbidas por los postes de hormigón. Para las

tensiones iguales o superiores a 60.000 voltios dominan las torres metálicas.

En los Estados Unidos el poste de madera es el único soporte empleado en las líneas telefónicas y de distribución de energía hasta una tensión de 60.000 voltios. La torreta metálica está muy empleada más allá de esta tensión. Sin embargo se encuentra frecuentemente el pórtico de madera en líneas de 150.000 y 220.000 voltios. Líneas experimentales con pórticos de madera laminada han sido construidas para una tensión de 700.000 voltios. Tenemos que añadir igualmente que en este país el poste de madera se impone bajo los climas más diferentes: clima cálido y húmedo de la Florida y del Mississipi, los desiertos de Arizona y Utah, y los rigurosos inviernos de Wisconsin.

El soporte de madera guarda, pues, en los países de mayor desarrollo técnico un sitio muy importante; las razones son múltiples.

A peso similar la madera resinosa sigue siendo en la actualidad uno de los materiales más resistentes. Si

admitimos en cifras redondas que tiene una resistencia a la compresión de 5 kg./mm² con una densidad de 0,5, el acero con el mismo peso debería tener una resistencia a la compresión de 70 kg./mm², lo que no es para el acero normal. En cuanto al hormigón armado, sabemos por la práctica que un soporte de hormigón normal pesa cuatro veces más que el poste de madera con el mismo esfuerzo nominal y dos veces más si es hormigón pretensado.

La madera posee, pues, una ventaja segura en el transporte y elevación de los soportes; a su menor peso debemos añadir también su particular resistencia a los choques, a las vibraciones y a todos los esfuerzos que se les ocasiona.

El poste de madera permite que le coloquen fácilmente emparejado, con contra, en A o con tirantes; puede ser taladrado a petición para dar a las crucetas y conductores la separación adecuada, se escala fácilmente, es un buen aislador de la electricidad y un excelente protector contra los aumentos de tensión por cargas atmosféricas. Puede tomar una fle-

cha importante bajo la acción de esfuerzos ocasionales, como son los ocasionados por el hielo o la rotura de un conductor. A diferencia de los materiales más rígidos, la madera se dobla sin romperse, reduciendo la tensión de los conductores. El poste de madera no se corroe con el aire marino. Su color discreto no deslucel el paisaje rural.

Todas estas cualidades no son, sin embargo, suficientes. El constructor y el explotador de las líneas aéreas piden que el poste sea clasificado en soportes de dimensiones y características bien definidas, que ofrezca las garantías necesarias de seguridad en su empleo y duración, que presente, por fin, ventajas económicas con relación a sus competidores.

Son estos puntos los que vamos a tratar seguidamente.

II.—DURACION DEL POSTE DE MADERA, SUS CARACTERISTICAS, SU NORMALIZACION

El poste de madera da a su utilizador toda satisfacción en cuanto a las garantías de seguridad en su empleo y duración, si la madera está bien elegida e impregnada. Entre las especies aptas para la preparación de soportes, el pino, el abeto y el epicea son los más empleados en Europa.

El pino es frecuentemente preferido porque su albura se impregna en su totalidad y el corazón de esta madera es naturalmente duradero. El pino silvestre, en particular, presenta la rectitud, la resistencia mecánica y las dimensiones necesarias para los soportes de las líneas. Es por esto que esta especie, que existe abundantemente en España, es particularmente recomendada.

La impregnación de la madera, que la protege contra los ataques de los hongos e insectos, se hace con productos de preservación. El producto más empleado en el mundo y que tiene mayores referencias es la creosota. Algunas sales en soluciones acuosas se han revelado también eficaces durante las dos últimas décadas. Una vez impregnadas en la ma-

dera, se fijan químicamente y se hacen indeslayables.

España tiene la ventaja de producir creosota. Sus yacimientos de cobre le permiten también la preparación de buenas composiciones de sales. El empleo de un producto de preservación que sea eficaz no debe crear ningún problema en vuestro país.

El tratamiento de impregnación se practica en autoclave. Un simple baño no sería suficiente porque la madera, al contrario de los metales, no debe ser solamente protegida en la superficie, sino en su masa. El tratamiento del pino con creosota se practica por el procedimiento Rüping. El tratamiento con sales se hace por saturación con vacío y presión. Lo llamamos procedimiento Bethell. Cuando la madera que se debe tratar es más resistente que el pino hace falta efectuar en ella una preparación que facilite la introducción del producto. Es lo que se hace en Francia con el sistema Estrade para el abeto y el epicea.

También hay que señalar la práctica que se efectúa en Francia con una tercera parte de los postes empleados en Telecomunicaciones, los cuales son tratados en estado verde por el procedimiento Boucherie.

¿Qué duración útil podemos esperar de los postes así tratados? La experiencia práctica no falta a este respecto con las maderas creosotadas, ya que los procedimientos Rüping y Estrade datan de la primera década de este siglo. Las estadísticas de los diferentes países se agrupan alrededor de una duración media de cuarenta años. En cuanto a las sales modernas, éstas han sido puestas a punto entre los años 1945-1950. Sin embargo, la experiencia práctica, doblada con ensayos acelerados en laboratorios, permite pensar que confieren a la madera una protección satisfactoria.

Cuarenta años es el tiempo necesario para multiplicar la potencia transportada en un país por 16, si admitimos que la producción eléctrica dobla cada diez años. En cuarenta años y también en treinta o veinte años. La estructura de las redes de distribución eléctrica se modifica profundamente y las líneas deben ser

reconstruidas. Se puede afirmar que la duración del poste de madera es suficiente para la misión encomendada; queda, sin embargo, para el utilizador un problema fundamental, seleccionar los buenos productores de postes, asegurarse en el momento de la compra por un control y una recepción técnica de la constancia y calidad de los soportes.

Si me permiten evocar recuerdos personales, les puedo decir que en veinte años que vengo ejerciendo esta profesión he visto en Francia evolucionar muchísimo a los utilizadores de postes. La Administración de Correos, que llamamos PTT, ha exigido siempre de sus proveedores la aplicación de un pliego de condiciones preciso y ha tenido siempre un equipo de recepción competente. Por esta razón no ha desistido jamás de su fidelidad al poste de madera.

No ha sido lo mismo con las compañías de distribución eléctrica. Estas estaban en los años 1920 a 1940 demasiado nuevas, poco experimentadas para dar a la recepción del poste de madera toda la importancia que se merece. Por otra parte, las sociedades impregnadoras han pensado demasiadas veces que sus clientes estaban más satisfechos con una reducción del precio que el mantenimiento de una calidad, porque la reducción del precio tiene un efecto inmediato, mientras que la calidad del tratamiento no se aprecia antes de varios años, sino varias décadas.

Estos errores han traído una opinión tan desfavorable sobre el poste de madera que las disposiciones técnicas provisionales de la Electricidad de Francia en 1948 eran las siguientes: para las líneas de 1.000 a 15.000 voltios los soportes serán únicamente de hormigón. Para las líneas de baja tensión de 320/240 voltios los soportes de madera no serán empleados más que excepcionalmente en líneas donde no sean posibles los soportes de hormigón o metálicos. Además, el vano de las redes sobre postes de madera estaba limitado a 45 metros.

Algunos viajes al extranjero, particularmente a Gran Bretaña, Alemania, Estados Unidos, me han rápidamente convencido que esta situación era anormal para el poste de madera.

Los impregnadores franceses entonces han decidido colaborar con los poderes públicos y los utilizadores de postes de madera, en un trabajo de rectificación cuyas etapas fueron las siguientes:

Hacia falta primero fijar en sus detalles las especificaciones del poste de madera. Este trabajo, emprendido por todos los interesados bajo la protección de l'Union Technique de l'Electricité, concluyó con la aparición en 1951 de la norma C 67-100, que ha sido revisada en 1955.

Esta norma indica las condiciones a que deben adaptarse las maderas, selecciona los mejores modos de tratamiento, describe la recepción de los lotes, precisa las condiciones de garantía por el proveedor y da en una tabla las características de dimensiones y resistencia mecánica de los postes. Una puesta al día de esta norma está actualmente en estudio.

En lo que concierne a las dimensiones, los postes están repartidos en clases.

La clase A está reservada para los postes de comunicación. Su diámetro en la cogolla es pequeño, 10 a 11 cm. mínimo según el largo.

Las seis otras clases, B, C, D, E, F y G se reservan para la distribución eléctrica. Cada una de ellas se caracteriza por un esfuerzo nominal único en la cogolla del poste. El esfuerzo nominal es la carga que puede aguantar el soporte con un coeficiente de seguridad 3, hecha ya la deducción de la acción del viento sobre el soporte. Así las clases C, D y E, que son las más corrientes, corresponden respectivamente a esfuerzos nominales a 25 cm. del extremo delgado del poste de 117, 204 y 311 kg. Estas cifras sorprendentes son en realidad de 115, 200 y 305 si el esfuerzo nominal se expresa en «centisthènes» o «décanewtons». Las dimensiones de los postes de madera y particularmente su diámetro a 1 metro de la base, han sido calculados después en sus longitudes para que tengan como mínimo el esfuerzo nominal de su clase.

Se ha pedido de este modo al productor de postes la clasificación de los árboles en los bosques en postes de 115, 200 ó 300 décanewtons.

El poste de madera así clasificado puede ser objeto de cálculos al igual que los soportes de material duro, cemento o metal. Si el estudio de una línea conduce a prever un soporte de 180 kg. Otra tabla (ver anexo I) nos muestra que este poste tiene un diámetro a 1 metro de la base de 23 centímetros como mínimo si es de 10 m. de largo y de 24 cm. como mínimo si es de 11 m. Por consiguiente, la línea no se construye en función a unas dimensiones y características de una gama única de postes de madera, sino que el poste de madera se abastece por clases de esfuerzo nominal que se eligen según la función del proyecto. Para postes simples que son alineados, el más pequeño poste de la clase B tiene un esfuerzo nominal con un coeficiente de seguridad de 3, de 82 kg. solamente; el poste de la clase G, que en la práctica se emplea poco, presenta un esfuerzo nominal de 495 kg. Así tenemos la posibilidad de encontrar el poste de madera adecuado para todos los tipos de líneas desde la más ligera a la más pesada. Este ancho campo de elección que se ofrece al utilizador se completa además con la posibilidad de unirlos, de lo cual hablaremos más tarde.

Antes tenemos que hablar de otra característica del poste de madera indicada en la norma C 67-100, el esfuerzo de deformación permanente. Bajo la acción de un vendaval, un poste de madera puede ser sometido en la cogolla a un esfuerzo próximo de su esfuerzo nominal, por ejemplo, 200 kg. para el poste de clase D. Bajo esta presión toma una fuerte flecha y después vuelve a la vertical cuando amaina el viento.

Vamos a suponer ahora que este mismo poste D sea un soporte de ángulo y que sufra un esfuerzo permanente, pudiendo variar entre 100 y 200 kg. Este poste de madera tomará una flecha antiestética y que aumentará sin cesar con el tiempo. Por esto se ha considerado necesario precisar en la norma C 67-100, para cada clase de poste, un «esfuerzo de deformación permanente». El esfuerzo de deformación permanente es un límite de carga permanente que no hay que sobrepasar para que el so-

porte no tome una flecha excesiva. Esta noción concierne a la estética del soporte y de la línea. No tiene nada que ver con los cálculos de seguridad. A título de ejemplo, si volvemos a coger el poste de clase D de 204 kg. de esfuerzo nominal, su esfuerzo de deformación permanente no pasa de 76 kg. Este soporte conviene, pues, en alineaciones de líneas ya importantes, pero para ángulos sus posibilidades son bastante limitadas. Esto es una característica del poste de madera. Excelente soporte para alineaciones, hay que unirlo a otro cuando el ángulo sobrepasa algunos grados.

Para acabar con esta exposición sobre el poste de madera, es interesante precisar que el control de las entregas está ahora encomendado a un servicio técnico único para todo el país y para la totalidad de los soportes destinados a las líneas de distribución eléctrica. Este servicio depende de Electricité de France, pero controla tanto los soportes a implantar sobre las líneas de electrificación rural como sobre las redes del Estado. Se consigue de este modo una unidad de vista y de exigencia para la mejoría de la calidad, que en definitiva beneficia a todos.

III.—LA LINEA AEREA SOBRE POSTES DE MADERA

En lo sucesivo no hablaré más que de la línea de distribución de energía eléctrica. La línea de telecomunicación con hilos descubiertos utiliza desde hace tiempo un material normalizado sobre postes de madera que no se puede fácilmente modificar. El empleo de conductores aislados ha hecho aparecer materiales nuevos, pero el poste de madera sigue siendo sin duda en estos casos, como en los de líneas con hilos descubiertos, el soporte mejor y más económico.

Volvamos, pues, a la línea de distribución de energía. Seguros de poder proponer a las redes de distribución eléctrica un soporte de madera servible, los impregnadores franceses han buscado el mejorar la construcción de la línea sobre postes de madera, que no se admitía más, como lo hemos visto, que en baja tensión,

con soportes separados de 45 metros como máximo.

L'Union Technique de l'Electricité ha facilitado, aquí también, nuestros estudios y normalizado los resultados obtenidos en el pliego de condiciones C-11-200, que dicta las prescripciones para los trabajos de electrificación rural.

Vamos a estudiar primeramente cuáles son las mejores maneras de unir los postes.

Los postes emparejados se obtienen juntando uno contra otro postes simples de la misma altura, atravesados de par en par por un tornillo galvanizado con tuerca. La separación entre estos tornillos puede ser de 2,50 sin que la resistencia del conjunto sufra.

Para la recepción del poste en el suelo se retaca con piedra seca, o bien, para los soportes más fuertes, con hormigón en masa, obligatoriamente a 0,50 m. debajo del nivel del suelo.

Los postes con contra se unían antes haceándolos, haciendo un chaflán en la punta de la contra y juntándole al poste principal con un tirafondo atravesado. Este sistema tenía el inconveniente de tener que hacer un nuevo trabajo durante la construcción de la línea. El poste principal y el adosado se juntan actualmente por medio de un herraje en la cabeza.

En lo concerniente a los cimientos del soporte, el poste principal está provisto en el fondo de su cimiento

de una caja de hormigón, que está armado con dos barras de fijación. La presión en el fondo del cimiento de la contra está repartida por medio de otra caja de hormigón o por una suela metálica fijada con dos tornillos de madera.

Los postes con tirantes son poco empleados en Francia, aunque hayan hecho pruebas en muchos países. La publicación C-11-200 ha adoptado, sin embargo, un tipo de poste con tirante de modelo clásico con cable, tensor, aislador de cable y anclaje, para limitar los esfuerzos producidos por los conductores.

Los postes simples y unidos, normalizados por la publicación C-11-200, presentan los esfuerzos disponibles en la tabla siguiente.

ESFUERZOS DISPONIBLES (EN DECANEWTONS = 1,02 Kg.)

NF C 11 - 200

DESIGNACION DE LOS SOPORTES: Indicación compuesta de letras separadas en dos grupos por una raya inclinada indicando:

- El primero, el tipo de soporte (S: simple; J: emparejado; X, Y o Z: con contra; H: con tirante).
- El segundo, la clase del poste (dos postes que constituyen un soporte emparejado o de contra son de la misma clase).

Abreviaciones: F = esfuerzo nominal a 25 cm. debajo del extremo más delgado del poste, con un coeficiente de seguridad igual a 3.

P = esfuerzo de deformación permanente a 25 cm. debajo del extremo más delgado del poste.

	Designación	S/B	S/C	S/D	S/E	S/F	S/G
Postes simples (S)	F (daN)	75	115	200	305	385	485
	P (daN)	35	45	75	110	150	200
	Designación	J/B	J/C	J/D	J/E		
Postes emparejados (J)	F (daN)	255	345	575	810		
	P (daN)	105	135	225	330		
	Designación	X/B	X/C	Y/C	Y/D	Z/C	Z/D
Postes con contra (X, Y o Z)	F (daN)	225	300	560	890	890	1410
	P (daN)	225	300	560	890	890	1410
	Designación	H/B	H/C	H/D	H/E	H/F	HG
Postes con tirante (H)	F (daN)	500	800	1250	2230	3120	4130
	P (daN)	500	800	1250	2230	3120	4130

Para completar el estudio de los postes unidos, hay que hablar también de los pórticos de madera, que son empleados para líneas de más de 60.000 voltios. Si el pórtico de madera está simplemente constituido por dos apoyos y una cruceta horizontal en cabeza, su resistencia es doble de los de cada apoyo simple que lo constituyen. Si el pórtico está

reforzado con crucetas en su esfuerzo nominal puede ser de cinco veces el de los apoyos simples. Hace falta, sin embargo, calcular perfectamente la altura, la sección y la fijación de las crucetas. No pudiendo entrar aquí en todos los detalles, aconsejaré la lectura de los artículos que aparecieron en la «Revue Générale de l'Electricité» de enero 1961 y enero 1966.

Ahora trataré un segundo tema de nuestros estudios, los cálculos de seguridad de las líneas.

Hemos hecho admitir por los distribuidores de electricidad que una línea sobre postes de madera se calcula en sus menores detalles como una línea sobre soportes de materiales duros y que el coeficiente de se-

guridad que hay que adoptar no debe pasar de 3. Además, la utilización del poste de madera ha sido admitida para líneas de todas las tensiones.

Los vanos son los mismos, cualquiera que sea el tipo de soporte: madera, hormigón o metálico.

En baja tensión y en aglomeraciones donde los enganches son frecuentes, el vano está limitado a 15 m.

En baja tensión y en sitios más aislados el vano tiene un límite de 100 m.

En alta tensión, para líneas de 15.000 a 20.000 voltios, hay que distinguir según si se utilizan aisladores rígidos o aisladores suspendidos.

Los aisladores rígidos obligan a limitar los vanos a 100 ó 110 m., según la naturaleza y la sección de los conductores. En aisladores suspendidos no se ha fijado ningún máximo. A título de ejemplo, se utilizan en la práctica vanos de 120 a 160 m. con conductores de 35 mm² de sección en aleación de aluminio o aluminio acero.

Para las líneas de más de 60.000 voltios la torreta metálica es normalmente empleada, porque permite vanos de varios cientos de metros. Sin embargo, estos vanos tienen que ser reducidos alrededor de 200 m. en ciertos lugares de grandes heladas por el sobrepeso de los conductores. En este caso, el pórtico de madera de 15 a 20 m. de altura presenta un interés a causa de su elasticidad y su economía. Este es principalmente empleado en el Macizo Central.

Los herrajes para aisladores rígidos son los mismos para los soportes de madera que de hormigón. El aislador suspendido en herraje nappevoûte se emplea mucho en Francia. Está fijado con pasadores que atraviesan el poste de hormigón. En el poste de madera se fija con la ayuda de un collar. Estos collares pueden ser aflojados o apretados si el soporte de madera tiene tendencia a revirar, durante los meses que sigan a la construcción de la línea. El revirado se reduce después y no afecta de todas formas más que a una parte muy pequeña de soportes si anteriormente han sido bien recepcionados. La condición práctica para evitar el

revirado es que las fibras del poste cuya dirección se materializa con las fendas, no deben girar más de media vuelta en toda su longitud.

La evolución de la reglamentación francesa en materia de seguridad ha consistido durante estos últimos veinte años en aligerar sin cesar las líneas con una reducción de las cargas y coeficientes de seguridad introducidos en los cálculos. La presión máxima del viento es de 1.200 pascals, es decir, en cifras redondas, de 120 kilogramos por metro cuadrado de superficie plana. Pero los soportes circulares, y particularmente el soporte de madera, se benefician por su forma y su longitud de un coeficiente de reducción importante. La presión sobre la superficie que estaba fijada anteriormente a 72 kg. por metro cuadrado, ha pasado a 48 kg. por metro cuadrado. Lo mismo ha ocurrido con los conductores y nuevos aligeramientos están en estudio.

Estas prescripciones son beneficiosas para el poste de madera, porque si los postes gruesos deben ser elegidos en la madera de rollo para carpintería, los postes pequeños o medianos están hechos de madera industrial, que se puede conseguir en Francia a mejor precio.

IV.—INTERES DE LA LÍNEA SOBRE POSTES DE MADERA; REALIZACIONES RECIENTES

En Francia los constructores de líneas son frecuentemente productores de postes de hormigón, por lo cual están poco inclinados a ofrecer construcciones de líneas modernas y económicas sobre postes de madera. Pero nuestra profesión ha encontrado un apoyo seguro cerca de l'Electricité de France y de los servicios de la Electrificación Rural, que ha reconocido el interés económico del poste de madera después de estudios muy profundos. A título de ejemplo hará referencia a una circular reciente de la Direction de la Distribution d'Electricité de Francia a sus Directores Regionales y Jefes de Centro sobre la utilización de los soportes de madera.

Esta circular prevé el empleo exclusivo del poste de madera en los casos siguientes; por tanto, que el esfuerzo calculado es compatible con las características máximas del poste de madera simple:

En la construcción de líneas nuevas de baja tensión y alta tensión hasta 20.000 voltios para postes de alineación en líneas cuyas secciones no pasen de 75 mm². Podemos notar también que cuando las circunstancias lo permiten, el poste con tirante es una solución muy económica para los ángulos.

En las zonas de hielo o nieve dura su elasticidad permite una mejor resistencia a las sobrecargas accidentales.

En las zonas turísticas con árboles el poste de madera se armoniza mejor con el paisaje.

En las zonas semiurbanas donde el desarrollo de la urbanización lleva consigo muchas modificaciones de las redes, se hacen más fácilmente con la utilización del poste de madera.

En las zonas rurales donde los aumentos debidos a los desarrollos en profundidad o en superficie obligan a modificar la geografía de la red de baja tensión.

En la construcción de líneas provisionales la recuperación del poste de madera es más fácil y más económica.

En los cambios de postes de alineación viejos o estropeados en madera, hormigón o metálicos.

En fin, la misma circular recomienda particularmente el empleo del poste de madera en las redes aéreas de baja tensión con conductores aislados. «Esta técnica permite la utilización de postes de madera de poca altura de un interés económico indiscutible.»

Podemos añadir que esta circular insiste más sobre la utilización del poste de madera en alineación que para ángulos. El poste para ángulos es, en efecto, más allá de algunos grados, un poste unido cuya ocupación de terreno es importante. Esta consideración juega probablemente menos en España que en Francia. Esto es, sobre todo, un asunto de costumbre. También en Gran Bretaña, por ejemplo, el poste con tirante es más empleado; en Alemania utilizan mucho el poste en A.

RESUMEN DE LAS ESPECIFICACIONES SOBRE POSTES DE MADERA. NORMA NF C 67 - 100

Características de los postes de madera para líneas eléctricas

Altura total (m)	8	9	10	11	12	13	14	15
Clase B								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
— a un metro de la base D	0,16	0,17	0,18	0,19	0,254	0,215	0,225	0,23
Núms. mín. de	12	12	12	12	13	13	14	14
Carga de ensayo (daN)	285 Ø	295 Ø	305 Ø	320 Ø	360 Ø	375 Ø	400 Ø	415 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			75 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			35 Ø	para todos los largos				
Clase C								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
— a un metro de la base D	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,255
Núms. mín. de	14	14	14	14	14	15	15	16
Carga de ensayo (daN)	405 Ø	415 Ø	425 Ø	440 Ø	455 Ø	475 Ø	490 Ø	540 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			115 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			45 Ø	para todos los largos				
Clase D								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18
— a un metro de la base D	0,21	0,22	0,23	0,24	0,255	0,265	0,275	0,285
Núms. mín. de	16	16	16	16	16	17	17	18
Carga de ensayo (daN)	600 Ø	640 Ø	645 Ø	655 Ø	690 Ø	730 Ø	740 Ø	760 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			200 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			75 Ø	para todos los largos				
Clase E								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21
— a un metro de la base D	0,235	0,25	0,26	0,27	0,285	0,295	0,305	0,315
Núms. mín. de	18	18	18	18	19	19	20	21
Carga de ensayo (daN)	900 Ø	935 Ø	935 Ø	935 Ø	995 Ø	1005 Ø	1025 Ø	1050 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			305 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			110 Ø	para todos los largos				
Clase F								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23
— a un metro de la base D	0,255	0,265	0,28	0,29	0,305	0,315	0,325	0,34
Núms. mín. de	20	20	20	20	21	21	21	23
Carga de ensayo (daN)	1125 Ø	1125 Ø	1165 Ø	1165 Ø	1225 Ø	1230 Ø	1250 Ø	1325 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			385 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			150 Ø	para todos los largos				
Clase G								
Diámetro mínimo:								
— en cogolla d (m)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25
— a un metro de la base D	0,275	0,285	0,30	0,31	0,325	0,335	0,35	0,36
Núms. mín. de	22	22	22	22	23	23	24	25
Carga de ensayo (daN)	1375 Ø	1405 Ø	1430 Ø	1430 Ø	1490 Ø	1490 Ø	1560 Ø	1580 Ø
Esfuerzo nominal (daN)			485 Ø	para todos los largos				
Esfuerzo de defor. perm. ... (daN)			200 Ø	para todos los largos				

NOTA: 1 Décanewton (daN) = 1 centisthen = 1,02 kilogramme-poids.