

Boletín 71

POSTES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N° 71

PARTE 1

Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

POSTES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADERO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) define un sistema de potencia como: una red formada por unidades generadoras eléctricas, líneas de transmisión de potencia y cargas, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

Para comprender mejor el tema de las líneas de transmisión y distribución de energía relacionado a los aisladores, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 4 PARTE 2 sobre las líneas de transmisión y distribución donde partimos desde principios básicos sobre esta materia.

Por su estructura, normalmente en los sistemas de potencia podemos distinguir cuatro niveles operativos: generación, transmisión, sub-transmisión y distribución.

El sistema de potencia está constituido por elementos que cumplen funciones específicas, de forma que en operación conjunta garanticen un flujo confiable y económico de electricidad, una parte importante de este sistema lo constituyen los postes, a continuación nos extenderemos en este tema.

2. Postes.

Se designan con este nombre los soportes de poca altura, una altura, esto significa que se pueden alcanzar hasta cerca de unos 20 metros.

El cuerpo vertical puede ser único, tales como los postes de madera, hormigón y algunas veces postes metálicos de gruesos perfiles no ensamblados, destinados a las líneas de media tensión.

3. Clasificación de los postes según su material.

La materia prima de los postes ha sido siempre una respuesta a las facilidades de los recursos naturales lo cual ha desarrollado técnicas muy particulares en cada país.

Los soportes deben ser resistentes a los agentes externos, tales como vientos, nieve, lluvia, etc., y además deben de brindar facilidades tanto para su instalación como para su mantenimiento.

3.1 Postes de Madera.

Estos postes tienen una aplicación prácticamente nula en Venezuela, esto debido a lo difícil de su obtención, estos postes resultan además poco uniformes.

A falta de preservación previa pueden deteriorarse muy rápidamente siendo la sección empotrada en tierra la más afectada.

No obstante, en los países nórdicos tiene gran utilización, siendo la estructura o soporte más corriente y económica.

Sin embargo su aplicación se circunscribe exclusivamente en líneas de distribución sobre todo en baja tensión. Normalmente los postes de madera empleados en las líneas son de pino, abeto y castaño.

El tiempo de vida de un poste de madera es relativamente corto, esto se debe a que la putrefacción de la madera se presenta con mayor rigor en la parte inferior, lugar por donde se empotra al suelo.

La vida en promedio de los postes de madera ronda unos 12 años en condiciones normales.

No obstante, este tiempo de vida se puede incrementar hasta alcanzar el doble mediante la protección del poste a través de tratamiento con imprimación de creosota.

Ventajas e inconvenientes:

- Bajo peso y facilidad de transporte
- Bajo precio frente al hormigón y el acero
- Vida media relativamente corta.
- No permite la instalación de grandes vanos.
- Esfuerzo disponible en la cabeza y altura limitadas.

3.2 Postes de hormigón.

El poste de hormigón o de concreto es una composición formada por cemento, grava o piedra, agua y arena que convenientemente mezclada y posteriormente fraguada hasta adquirir una consistencia pétreo sobre una armadura de acero.

La característica más importante del hormigón es su gran resistencia a la compresión. Usualmente se fabrican los siguientes tipos postes:

- poste de hormigón armado
- poste de hormigón vibrado
- poste de hormigón centrifugado
- poste de hormigón pretensado

Las estructuras o soportes a partir de hormigón empleados en líneas presenta ciertas

restricciones debido a que son piezas de un solo cuerpo, a esto se le debe sumar que son relativamente frágiles y pesados, lo anterior lo limita a terrenos planos que tengan un fácil acceso a transportes de carga larga, lo que lo hace de difícil colocación en zonas montañosas sin penetración.

Son muy convenientes para tendidos en zonas cercanas al mar o que presenten alta contaminación, para ello basta preservarlos en su exterior con la aplicación de acabados específicos para tal fin (tapaporos) a objeto de que el salitre no los penetre y así no afecte su armazón de acero, con lo cual no requieren de mantenimiento.

3.3 Poste de concreto centrifugado.

El poste de concreto centrifugado es fabricado de forma tronco cónica y hueco en su interior, dentro de sus paredes está embebida una armazón de cabillas colocadas longitudinalmente sostenidas y espaciadas en esa posición por anillos del mismo material. Ver figura 1

Para proporcionarles mayor capacidad de soportar esfuerzos de torsión se colocan alambres o cabillas de manera helicoidal a todo lo largo del poste.

Para que las cabillas colocadas verticalmente se mantengan distanciadas del borde se disponen separadores de concreto antes de su vaciado.

Terminada la armazón esta es coloca dentro de un molde al cual posteriormente se le vacía concreto y de inmediato es sometido a rotación a una velocidad y durante tiempo preestablecido.

Al término del centrifugado el poste pasa a la fase de curado para lograr del concreto la debida resistencia, que generalmente es de unos 400Kg/cm².

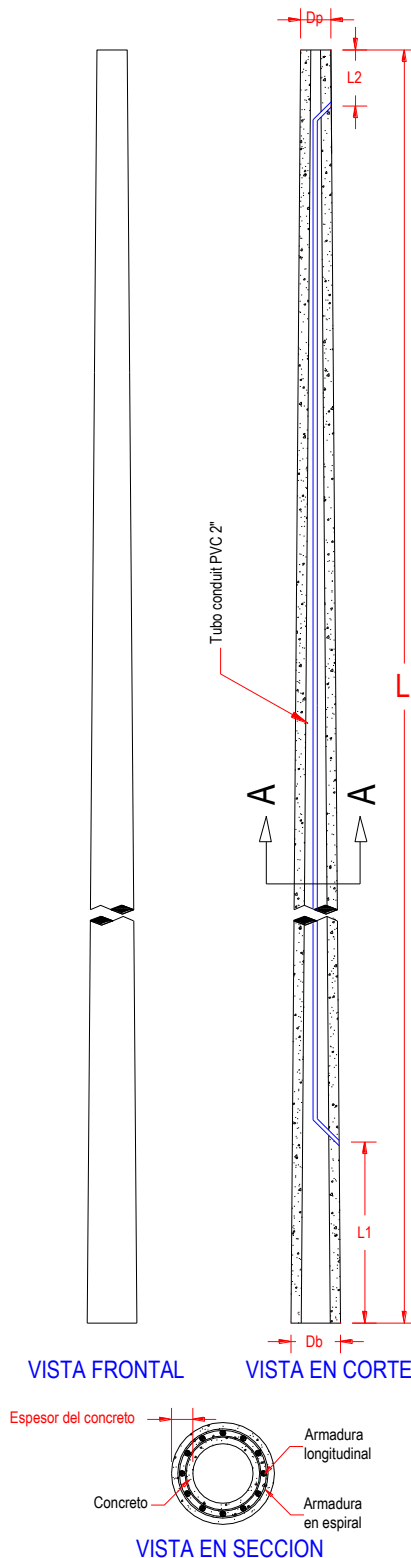


Figura 1
Poste de concreto centrifugado

3.4 Poste de concreto armado pretensado.

Se denomina concreto pretensado a la tipología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionadamente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio. Dichos esfuerzos se consiguen mediante cables de acero que son tensados y anclados al hormigón.

Se producen en forma similar a la manera en que se elaboran los postes de hormigón vibrado pero la diferencia estriba en que la armadura que llevan en su interior son cables o alambres de acero sometidos a tensión antes de efectuarse el vaciado de concreto.

Una vez que se haya alcanzado cierto grado de fraguado requerido, se cortan los hilos o cables de acero previamente tensados, al eliminar esta tensión, los alambres tienden a encogerse, pero al ser imposibilitado por el concreto efectúan la compresión del concreto convirtiéndose en una estructura o soporte pretensado.

3.5 Poste de concreto armado vibrado.

En la fabricación de postes vibrados, al igual que en los centrifugados se debe hacer primero una armazón de hierro y se utilizan moldes, pero el sistema varía en que no hay rotación de las piezas sino que se manufacturan como una viga cualquiera de concreto.

La sección de estos postes generalmente es rectangular o en forma de doble T, sus alturas están comprendidas entre los 7 y los 18 metros.

Motivado a que su sección es rectangular, su aplicación desde el punto de vista de flexión permite que con menos material se obtengan mayores momentos resistentes. No obstante, esto implica que el poste solo puede colocarse en una sola dirección en la línea debido a que trabaja fundamentalmente como una viga sometida a un esfuerzo de flexión, por a su

geometría no tiene la misma resistencia en las dos caras.

La dirección principal es donde la máxima resistencia actúa perpendicularmente a la cara estrecha del poste.

Esta dirección debe coincidir al colocar el poste en la línea, con la dirección de la resultante de los esfuerzos que actúan sobre el apoyo, mientras que la dirección secundaria es la de mínima resistencia que se corresponde con el esfuerzo secundario y que actúa perpendicularmente a la cara ancha del poste.

Este poste presenta limitaciones a partir de los 15 metros donde sus ventajas tienen como contrapartida el gran peso y su fragilidad.

Su forma rectangular facilita el transporte y la colocación de accesorios, especialmente para combinarlos con las crucetas tradicionales de madera o hierro y fijación mediante tornillos pasantes, para los cuales el poste está provisto en su parte superior de una serie de perforaciones que no afectan su resistencia.

3.6 Postes metálicos:

Los postes metálicos se construyen generalmente de acero y dependiendo de su forma pueden ser:

- De secciones tubulares
- Octogonales
- Hexagonales

Para el caso que nos ocupa, solo trataremos en detalle los postes de secciones tubulares.

3.7 Postes tubulares.

Los postes tubulares son elementos estructurales que están constituidos por secciones de tubos de

acero de diferentes diámetros y ensambladas entre sí de manera telescópica. Ver figura 2

La unión de estas diferentes secciones tubulares las cuales han sido previamente seleccionadas según la conformación del poste, se hará por el procedimiento del empotramiento en caliente.

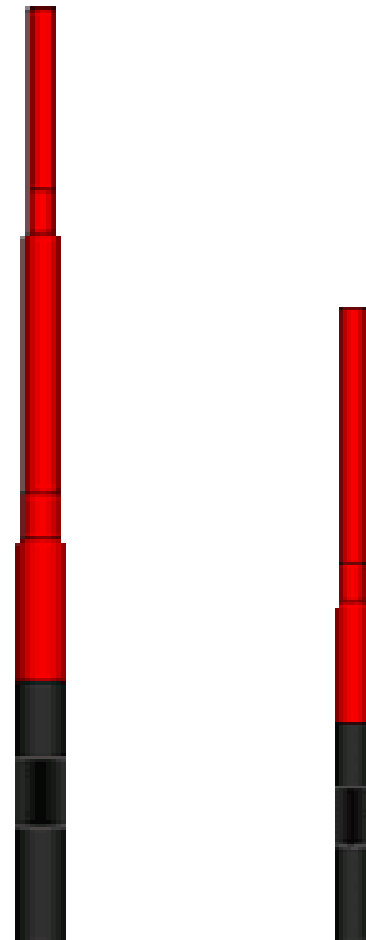


Figura 2
Postes de tres y dos secciones

El acabado típico de los postes tubulares en su exterior es pintura anticorrosivo normalmente de color rojo en toda su superficie, en su parte inferior se le agrega pintura bituminosa al igual que en su parte interior.

4. Propiedades mecánicas de los postes tubulares.

La norma Covenin estipula:

- Limite de fluencia 24 Kgs/mm² (35.000 psi)
- Resistencia a la tracción 42,2 Kgs/mm² (60.000 psi)
- Porcentaje de elongación mínimo en muestra de 50,8 mm (2"). En función del espesor según formula:

$$E = 1942,57 * A^{0,2} / U^{0,9}$$

Donde

- A es la sección transversal de la probeta para ensayos de tracción, medida en mm²
- U es la resistencia a la tracción en Mpa
- e es la elongación mínima en muestra de 50,8 mm

Recuerde que 1 Kgs/ mm² es igual a 9,8007 Mpa y a su vez un Mpa equivale a 0,102032 Kgs/mm²

En Venezuela la norma COVENIN 2606-95 establece los requisitos mínimos que deben cumplir estos tipos de postes destinados a ser utilizados en el tendido de redes aéreas de distribución eléctrica.

A continuación veremos algunas definiciones:

4.1 Carga en cumbre.

La norma Covenin la denomina de esta manera, no obstante, coloquialmente la llamamos esfuerzo en cumbre, esta es la máxima carga para el cual el poste ha sido diseñado y es aplicada en forma perpendicular al eje del poste y para los efectos de la norma es tomada a una distancia del tope del poste de unos 100 mm.

4.2 Carga de rotura.

Esta carga es aquella que aplicada a 100 mm por debajo del tope del poste en dirección horizontal ocasiona su falla o colapso.

4.3 Carga de rotura nominal.

Se obtiene multiplicando el valor de la carga en cumbre por el coeficiente de seguridad.

4.4 Coeficiente de seguridad.

Es la relación entre la carga de rotura nominal y la carga en cumbre. La norma COVENIN establece un coeficiente igual a 2,5.

4.5 Deflexión permanente.

Es la flecha remanente registrada posteriormente que ha dejado de actuar una carga sobre el poste.

4.6 Falla.

Es la condición que presenta el poste cuando se le aplica una carga y acusa un aumento desproporcionado de la deformación con relación al incremento de la carga actuante, provocando una excesiva deformación en el poste.

4.7 Flecha.

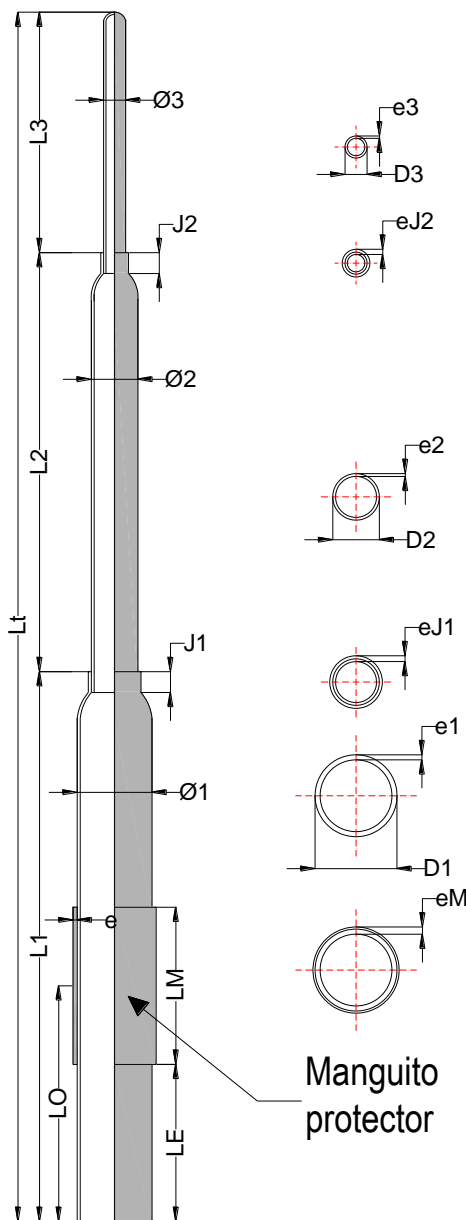
Es el desplazamiento que experimenta el eje del poste producto de la acción de la carga, medida normalmente en su posición inicial.

4.8 Manguito protector.

Todos los postes de secciones tubulares deben llevar por norma totalmente soldado un manguito protector de forma cilíndrica, elaborado de lámina de acero de espesor 3 mm conformado por dos conchas y de una longitud de 600 mm.

4.9 Longitud de empotramiento.

Se denomina longitud de empotramiento a la distancia existente entre el punto medio del manguito y la sección de empotramiento y el extremo inferior del poste.



L_t =	Longitud total	J_1/J_2 =	Juntas para ensamblar el poste
$L_1/L_2/L_3$ =	Longitud de la tubería	L_o =	Longitud de empotramiento
$D_1/D_2/D_3$ =	Diámetros de la tubería	CC =	Carga en cumbre
E_1E_2/E_3 =	Espesor de la tubería	Al =	Altura libre

Figura 3
Poste de sección tubular

4.10 Longitud libre del poste.

Se denomina longitud libre del poste a la diferencia existente entre la longitud total del poste y la longitud de empotramiento

4.11 Uniones o juntas de los postes

La unión de las diferentes secciones tubulares, previamente seleccionadas según la conformación del poste, se hará por el procedimiento del empotramiento en caliente.

4.12 Compresión de las juntas.

Los postes tubulares de acero ensayados según el punto 6.1.7, no deben presentar corrimiento de la superficie de las secciones que conforman las juntas, al aplicar una carga de 10000 kg.

Este ensayo se realizará para verificar la unión de la junta según lo contemplado en el punto

5. Proceso de fabricación

Para la fabricación de postes tubulares se ha establecido en las normas venezolanas que los mismos deben cumplir con lo especificado en la tabla 1 y la figura 3 cualquier cambio en los detalles de construcción, serán de mutuo acuerdo entre el fabricante y el usuario.

5.1 Material para fabricación de postes

El acero a ser utilizado en la fabricación de los tubos para el conformado de los postes se obtiene por cualquiera de los siguientes procesos:

- Horno eléctrico
- Horno de solera abierta o convertidor básico de oxígeno

5.2 Composición Química

Los tubos utilizados para el conformado de los postes y sometidos a los ensayos según las Normas Venezolanas COVENIN 1227 y 1238, deben cumplir con la composición química indicada en la tabla 2.

TABLA 2 Composición química	
Fosforo	0,050
Azufre	0,090

5.3 Rectitud en los tubos y postes

La máxima variación permitida en la rectitud tanto de los tubos como de los postes será de 0,3% de su longitud total.

TABLA 1 Dimensiones sugeridas														
Lt m	L1 m	L2 m	L3 m	D1 cm	D2 cm	D3 cm	E1 mm	E2 mm	E3 mm	J1 cm	J2 cm	Lo m	Al m	CC Kg
7,00	4,25	2,75		11,43	8,89		5,50	4,50		30,00		1,22	5,78	146
8,10	4,25	3,85		21,91	16,83		6,35	6,35		40,00		1,53	6,57	591
8,20	4,25	3,95		11,43	8,89		5,50	4,50		30,00		1,40	6,80	117
9,00	3,20	2,90	2,90	13,97	11,43	8,89	5,50	5,50	4,50	30,00	30,00	1,40	7,60	161
10,05	4,25	2,90	2,90	16,83	13,97	11,43	6,35	5,50	5,50	30,00	30,00	1,50	8,55	236
11,10	4,25	3,95	2,90	13,97	11,43	8,89	5,50	5,50	4,50	30,00	30,00	1,60	9,62	136
11,10	4,25	3,95	2,90	16,83	13,97	11,43	6,35	5,50	5,50	30,00	30,00	1,60	9,62	200
12,00	6,40	2,80	2,90	24,45	21,91	16,83	7,50	6,35	6,35	40,00	40,00	1,83	10,17	558
12,10	6,40	2,80	2,90	16,83	13,97	11,43	6,35	5,50	5,50	30,00	30,00	1,80	10,30	220
12,10	6,40	2,80	2,90	21,91	16,83	13,97	6,35	6,35	5,50	40,00	30,00	1,80	10,30	370
12,10	6,40	2,80	2,90	17,78	13,97	11,43	7,00	5,50	5,50	40,00	30,00	1,80	10,30	240
13,15	6,40	3,85	2,90	21,91	16,83	13,97	6,35	6,35	5,50	40,00	30,00	1,90	11,25	338
13,25	6,40	3,85	2,90	16,83	13,97	11,43	6,35	5,50	5,50	30,00	30,00	1,90	11,25	201
14,10	6,40	3,85	3,85	24,45	21,91	16,83	7,50	6,35	6,35	40,00	40,00	1,83	11,27	459
14,20	6,40	3,85	3,95	21,91	16,83	13,97	6,35	6,35	5,50	40,00	30,00	2,00	12,20	292

6. Manguito Protector.

Los postes tubulares de acero llevan totalmente soldado un manguito protector elaborado de acero cuyas características, son las indicadas en la Norma Venezolana COVENIN 854, formando un cilindro de 600 mm de longitud y con un espesor mínimo de chapa de 3,00 mm..

Generalmente es elaborado mediante una calandra de una sola pieza o de dos partes y su colocación es como se indica en la figuras 5 y 6



Figura 4
Manguito protector

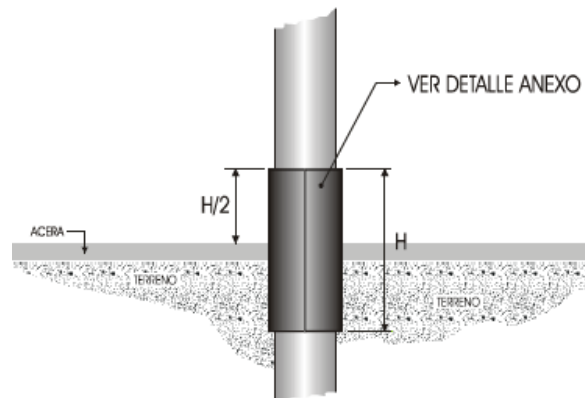


Figura 5
Manguito protector

Propiedades mecánicas

La materia prima principal en la fabricación de postes tubulares son los tubos circulares que son utilizados para el conformado de los postes, estos tubos son ensayados según la Norma Venezolana COVENIN 299 y cumplen con las propiedades mecánicas indicadas en la tabla 3.

TABLA 3 Propiedades mecánicas				
Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		Porcentaje de elongación mínimo en muestra de 50,8 mm (2")
Kg/mm ²	psi	Kg/mm ²	psi	
24,6	35.000	42,2	60.000	En función del espesor según formula: $e=1942,57*(A^{0,2}/U^{0,9})$

Dónde:

- A= Sección transversal de la probeta para ensayos de tracción, medida en milímetros cuadrados
- U= Resistencia a la tracción medida en Mpa
- e= Elongación mínima en muestra de 50,8 mm

El equivalente de 1 Kg/mm² = 9,8007 Mpa

1 Mpa= 0,102033 kg/mm²

Las longitudes de los tubos serán las indicadas en la tabla 1 y el espesor mínimo según su diámetro serán los especificados en la tabla 4.

Acabado superficial y recubrimientos

Los postes tubulares de acero deben presentar en todas y cada una de sus secciones, una superficie lisa y libre de óxidos, escamas, cavidades, rebabas, abolladuras, tierra o arena.

Los postes tubulares de acero y ensayados según las Normas Venezolanas COVENIN 766, 1725 y 1212, deben cumplir con alguno de los recubrimientos indicados en la tabla 5.

TABLA 4 ESPESORES MINIMOS		
Diámetro de los tubos		Espesor mínimo
cm	pulgadas	mm
8,89	3 1/2	4,50
11,43	4 1/2	5,50
13,97	5 1/2	5,50
16,83	6 1/2	6,35
17,78	7	7,11
21,91	8 5/8	6,35
24,45	9 5/8	7,50
27,32	10 3/4	9,20

TABLA 5 Tipos de recubrimientos			
Tipo de preparación de superficie	Acabado espesor seco mm (mils)	Acabado espesor seco mm (mils)	Protección asfáltica espesor seco mm (mils)
"A" Desengrase, limpieza manual o mecánica / convertidor de óxidos en base a quelatos	Mínimo 37,5 (1,5)	Esmalte alquídico (Aluminio industrial)	Bituminosa negra 200 (8)
"B" Decapado	Galvanizado en caliente	86 (3,4)	
"C" Chorro de arena al metal blanco	Fondo rico en cinc orgánico o inorgánico 62,5 (2,5)	Esmalte epoxi poliamida 37,5	Epoxi brea 300 (12) a 350 (14)