

Cálculos para Memoria Técnica

Antena de hilo largo entre dos mástiles

Diego Doncel, EA1CN

doctorohmio@gmail.com

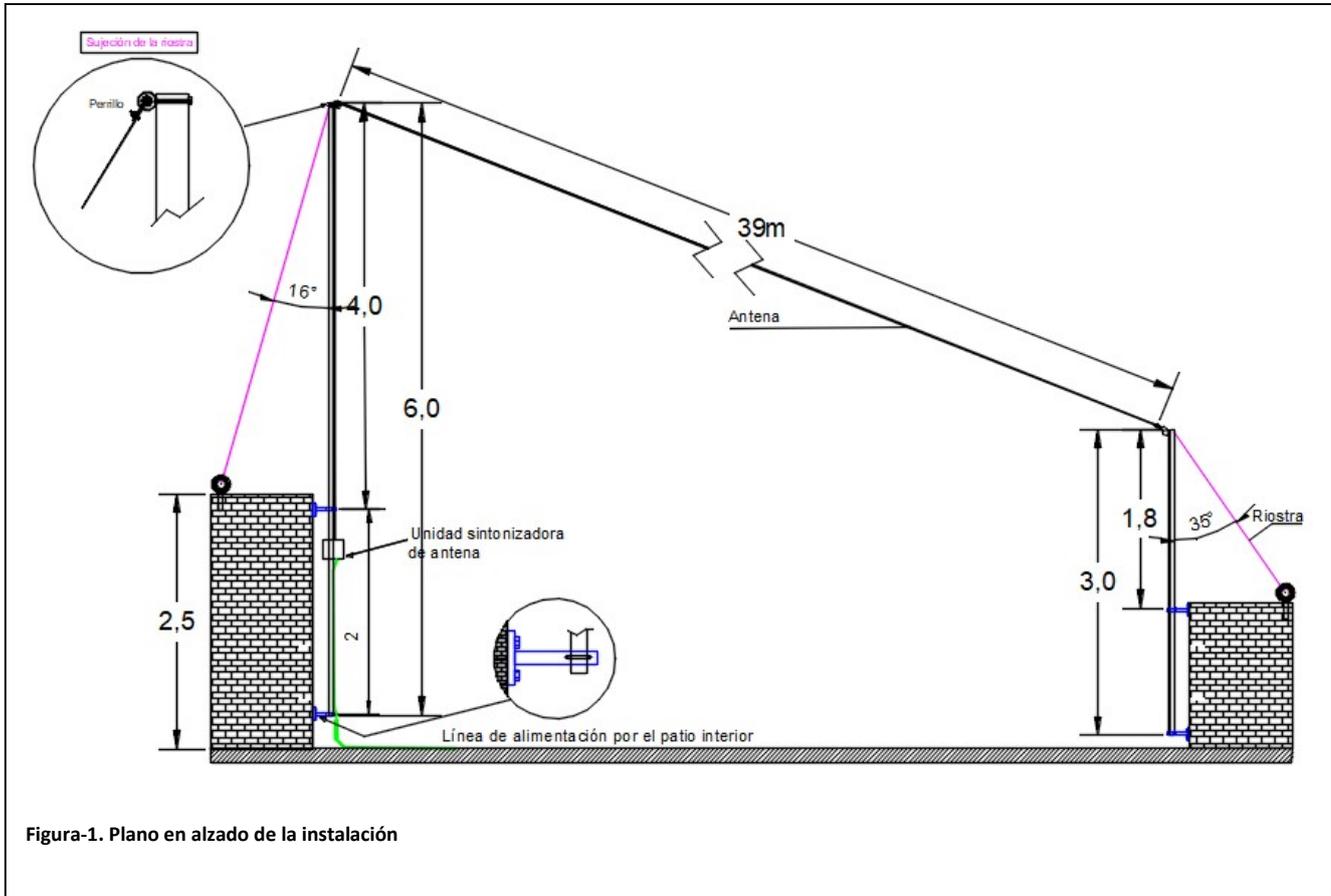


Figura-1. Plano en alzado de la instalación

Descripción de la instalación

La instalación está constituida por una antena de hilo largo sujeta a dos mástiles, uno de los cuales soporta un acoplador automático de antena o unidad sintonizadora. La antena tiene una longitud de 43 metros, de los cuales 5 son verticales junto al mástil inicial y el resto hasta el segundo mástil donde finaliza dicha antena. La antena está construida con cable de acero inoxidable AISI-316 de 2 mm de diámetro. El sintonizador automático se sujeta a una altura conveniente al alcance de un operario para mantenimiento. Los mástiles están sujetos a paramento vertical. En este artículo se describen los condicionantes de la instalación, los cálculos de las solicitudes de los materiales y la relación de materiales que se instalarán. Asimismo se determinará el uso de las riostras que convengan y su cálculo, los soportes de los mástiles y los soportes de las riostras que se precisen. Naturalmente, aunque se ha pensado en una antena de esa longitud, los cálculos y demás, pueden adaptarse fácilmente a otras combinaciones.

Cálculos

Los cálculos necesarios para que la instalación cumpla con su cometido de resistencia al viento comprenden las siguientes partes:

- Calcular la resistencia de los mástiles que soportan la antena, es decir, su momento flector
- Calcular el diámetro de las riostras que sujetan dichos mástiles
- Definir los soportes de sujeción del mástil
- Definir los soportes de sujeción para las riostras

Lo primero que hay que conocer son las superficies y pesos de todos los componentes de la instalación para calcular la resistencia al viento de ellos. Es decir:

- Superficie de la antena
- Superficie del mástil
- Pesos de antena y mástil
- Material diverso, si procede, que se detallará en la Relación de Materiales.

Superficie de la antena

Se utilizará un cable de acero inoxidable AISI-316 de aplicaciones navales y náuticas, de 2 mm de diámetro y peso 0,0201 kg/m En este caso, su superficie será: 0,002 m²/m

Nota: Habrá que añadir cuerda Dyneema suficiente para completar la distancia desde el final de la antena hasta el mástil último que la sujetará. Vamos a estimar esta longitud en 10 m.

Superficie de la cuerda Dyneema de 2,2 mm de diámetro: 0,0022 m²/m

Superficie del mástil

Tratándose de un mástil homologado de 3000x45x2 mm su superficie será de 0,045 m²/m

Superficie del Sintonizador automático de antena:

$$S_{\text{sintonizador}} = 0,31 \text{ m} \times 0,240 \text{ m} = 0,074 \text{ m}^2$$

Resistencia al viento de las partes constituyentes de la instalación:

Hay dos tipos de carga al viento, las horizontales o puntuales, como antenas, mástiles, dipolos, etc. y las distribuidas o verticales, como radiantes de antena, mástiles o torretas.

Supondremos una presión del viento de 1060 N/m² a una densidad del aire de 1,225 kg/m³, para 150 km/h. También utilizaremos un Coeficiente eólico $C_e = 0,7$ para estimar que las superficies no son planas sino cilíndricas.

Resistencia al viento de la antena:

$$R_a = 0,002 \text{ m}^2/\text{m} \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 1,5 \text{ N/m}$$

Resistencia al viento de la cuerda:

$$R_a = 0,0022 \text{ m}^2/\text{m} \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 1,6 \text{ N/m}$$

Resistencia al viento del mástil:

$$Q_m = 0,045 \text{ m}^2/\text{m} \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 33,4 \text{ N/m}$$

Resistencia al viento del Sintonizador de antena automático

$$R_{\text{sintonizador}} = 0,074 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 = 78,44 \text{ N}$$

A la vista de la figura-1, plano de alzado de la instalación, en este caso se estima que unos 39 metros están sujetos por los dos mástiles, y añadiendo unos 10 m de cuerda Dyneema, de forma que aplicaremos la mitad de cada esfuerzo a cada uno.

En este caso, la parte de antena en voladizo será:

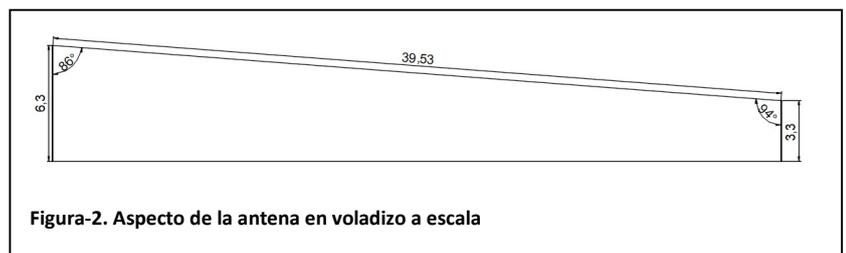
$$P_a (\text{voladizo}) = 39 \text{ m} \times 1,5 \text{ N/m} + 10 \text{ m} \times 1,6 = 70 \text{ N} (\approx 7 \text{ Kg})$$

Así pues repartimos en la mitad para cada mástil y ahora tratemos cada mástil por separado.

Como se instalarán unas poleas para regular la tensión del cable de antena y proceder al mantenimiento de la misma, hay que considerar un pretensado de dicho cable que, siendo de una carga de rotura de unos 348 kg, los fabricantes aconsejan un 10%. Así pues el cable podría quedar tenso con 7 kg + 34 kg \approx 42 kg (21 kg por cada mástil)

Mástil que soporta el sintonizador, de 4 m de voladizo.

En la figura-2 vemos en escala el ángulo aproximado que tiene el cable respecto al mástil. Así pues, producirá una tensión en dicho mástil de:



Tensión cable de antena: $21 \text{ kg} / \sin 86^\circ = 21 \text{ kg}$, es decir, unos 206 N

El momento flector en el mástil de 6 m, con un voladizo de 4 m vendrá ocasionado por este esfuerzo más el que le proporciona la presión del viento en el propio mástil, además del que proporciona el cable de antena que discurre paralelo al mástil y que es de unos $4 \text{ m} \times 1,5 \text{ N/m} = 6 \text{ N}$

Nota: El sintonizador de antena no se considera en cálculos por estar por debajo del soporte superior del mástil.

$M_f = 206 \text{ N} \times 4 \text{ m} + 33,4 \text{ N/m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m} + 6 \text{ N} = 1100 \text{ Nm}$ así pues **NO CUMPLE**.

Necesitará una riostra que compense dicho esfuerzo. Dicha riostra estará del lado opuesto a la antena y tendrá que soportar una tensión mínima de:

Tensión de la riostra:

$Tr \times 4 \text{ m} > 1100 \text{ Nm}$, de donde $Tr > 1100 \text{ N/m} / 4 \text{ m} > 275 \text{ N}$ (28 kg).

Con un valor añadido de seguridad del 10%, tendremos 31 kg.

Si el ángulo que forma con el mástil es de unos 16° en nuestro ejemplo, la tensión real de la riostra será:

$31 \text{ kg} / \sin 16^\circ \approx 112 \text{ kg}$, con unos 20 kg de pretensado, hará un total aproximado de 132 kg. Así que se utilizará cable de acero de 2 mm como mínimo (Carga de rotura de unos 200 a 348 kg según fabricantes).

Para más seguridad, se podría utilizar dos riostras similares, separadas una cierta distancia, como unos 2-4 metros. Fig. 3

Las consideraciones del ángulo que éstas forman y el reparto de cargas son despreciables en cuanto a la seguridad de la instalación.

Mástil que soporta el otro extremo de la antena

En la figura-2 vemos en escala el ángulo aproximado que tiene el cable respecto al mástil. Así pues, producirá una tensión en dicho mástil de:

Tensión cable de antena: $21 \text{ kg} / \sin 94^\circ = 21$, es decir, unos 206 N

El momento flector en el mástil de 3 m, con un voladizo de 1,8 m vendrá ocasionado por este esfuerzo más el que le proporciona la presión del viento en el propio mástil.

$M_f = 206 \text{ N} \times 1,8 \text{ m} + 33,4 \text{ N/m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 425 \text{ Nm}$ (43,4 kg) con un porcentaje de seguridad del 50 % tendríamos un total de 635 Nm, así pues **CUMPLE**. (El momento flector del mástil 300x45x2 mm es 656 Nm).

Si se desea, por confianza, se podría instalar una riostra en dicho mástil. Dicha riostra estaría sometida o tiene que estar a la siguiente tensión:

Suponiendo un ángulo de 35° (es un ejemplo), la tensión sería:

$TR_2 = 21 \text{ kg} / \sin 35^\circ = 36,6 \text{ kg}$ más unos 20 kg de pretensado, darían unos 57 kg con lo que una riostra de 2 mm aseguraría el esfuerzo. De igual manera convendría un juego de dos riostras como en el caso anterior.

Como puede observarse los resultados obtenidos son inferiores a los que soportan los materiales escogidos, siempre que se adopten las medidas convenientes de instalación y seguridad.

Sujeción de los mástiles y riostras

Mástil principal, conteniendo el Sintonizador de antenas.

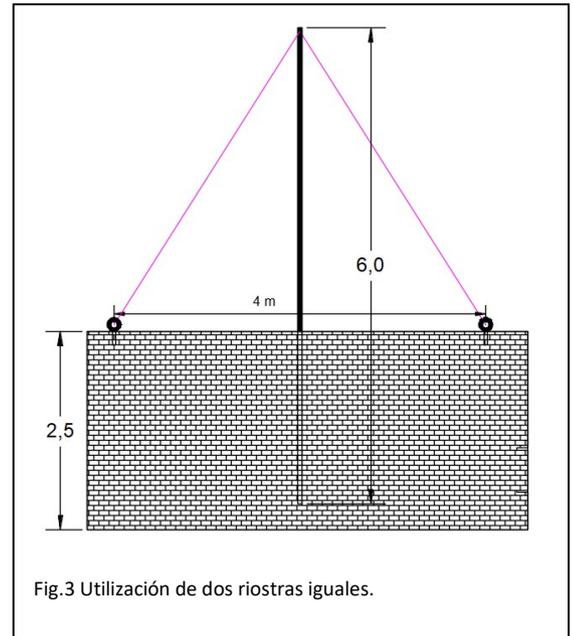
Está sometido a un peso compuesto por los siguientes elementos:

Componente vertical de la tensión de la riostra y peso del mástil.

Componente vertical de la riostra: $C_v = 132 \text{ kg} \times \cos 16^\circ \approx 127 \text{ kg}$

Peso del mástil: 6 kg

Total: 133 kg, que en un soporte de 20 cm de longitud, presenta un momento flector (fuerza por su brazo) de:



$$MF = 133 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m} = 26,6 \text{ kgm}$$

Este momento queda suficientemente soportado por un soporte normalizado de 20 cm de longitud, sujeto al muro con tornillos expansivos HILTI de 10 mm de diámetro y 6 cm de profundidad, de los que cada uno tiene una resistencia a la tracción de 1 kN (Catálogo HILTI de anclajes).

Para las riostras hay que tener en cuenta también la componente horizontal de la tensión de la riostra, es decir:

$$Cv = 133 \text{ kg} \times \cos 16^\circ = 127 \text{ kg}$$

$$Ch = 133 \text{ kg} \times \sin 16^\circ \approx 37 \text{ kg}$$

Las sujeciones de los soportes con tornillos expansivos HILTI de 10 mm y penetración de 6 mm tienen 1 kN cada uno, para ladrillo. Ver su catálogo.

Si has llegado hasta aquí y necesitas ayuda para tu instalación personal o modificaciones de esta instalación, como prebenda por ser miembro de este club, puedes consultarme a mi correo.

Recomendaciones para la instalación

- Los mástiles tienen que ir tapados por arriba para evitar resonancias acústicas.
- En el mástil en que inicia la antena de hilo largo, ha de separarse unos 5 cm la antena con el mástil para que no hagan contacto. El diagrama de radiación se verá condicionado por la proximidad del mástil.
- Es muy importante seguir los resultados obtenidos en los cálculos para los soportes del mástil y riostras, así como el diámetro de las riostras.
- Muy importante (por ley y por seguridad) que el cable de antena lleve indicadores de presencia, con sistemas de visualización de los mismos.

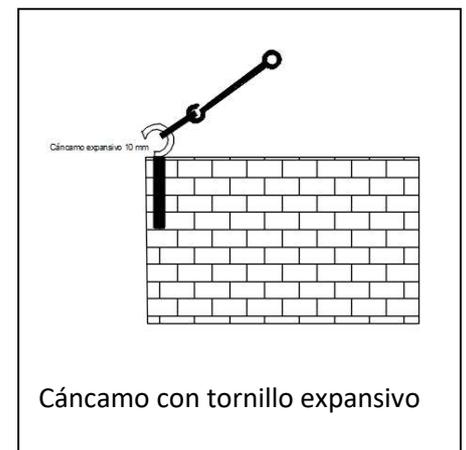
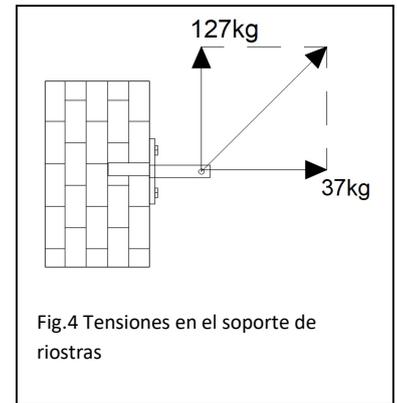


Adjunto tablas de cables y cuerdas Dyneema.

TENSION EN LOS PUNTOS DE ANCLAJE DE LAS RIOSTRAS					
Zapata de Hormigón	Tiro Vertical	<400 kg	<800 kg	<1600 kg	<2400 kg
	Tiro Horizontal	<300 kg	<700 kg	<1400 kg	<2100 kg
	Altura	70 cm	75 cm	90 cm	90 cm
	Superficie	85 x 85	110 x 110	140 x 140	160 x 160

CABLES TELEVES				
Diametro mm	Sección mm ²	Hilos	Carga rotura (Kp)	Carga rot (Kp/mm ²)
2	3,14	7x0,6	200	63,69
4	12,57	7x1,3	1100	87,51

Cuerdas Mastrant Premium - Dyneema			
Producto	Diámetro	Fuerza daN ≈ Kg	Carga Trabajo daN ≈ Kg
M 2	2,2	220	30
M 3	3,2	390	117
M 4	3,9	900	270



Nota Importante: Diego, EA1CN. No me hago responsable del uso de esta información. Estos cálculos son únicamente informativos, no son válidos para ser considerados oficiales, ni profesionales, ni de otra índole.

Bibliografía:

Televés. Catálogo de material.

