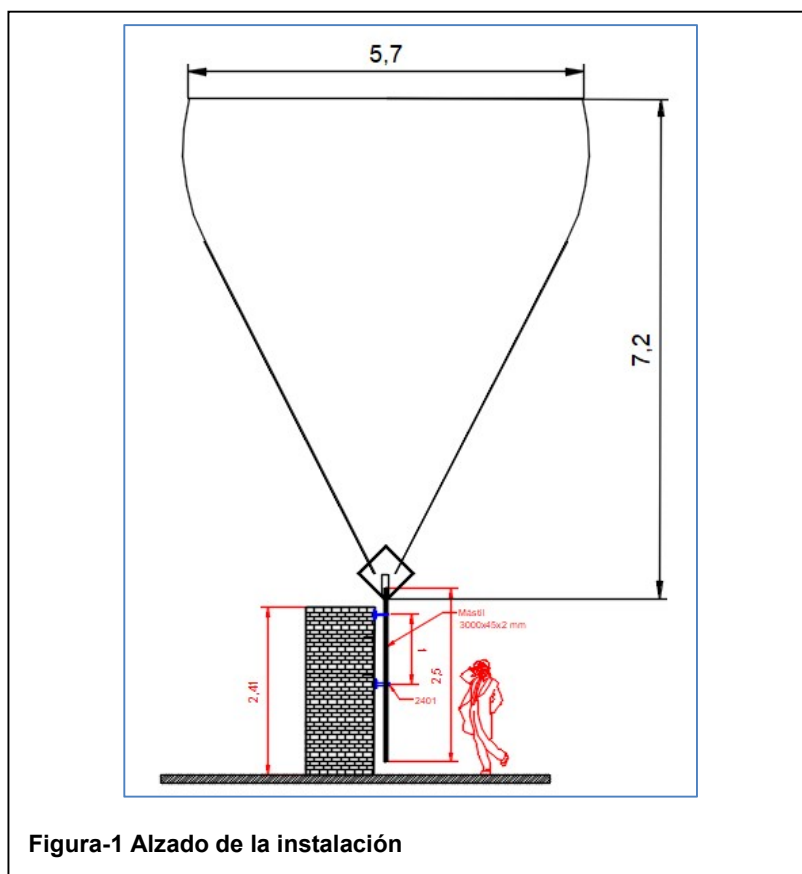


**CÁLCULO
PARA
MEMORIA
TÉCNICA**

Diego Doncel, EA1CN
doctorohmio@gmail.com

Antena Delta 7-B



En este artículo voy a presentar cómo serían los cálculos para la Memoria Técnica de este tipo de antena que en uno de los foros de URE se ha mencionado y un colega (y a pesar de todo amigo) quiere montarse.

Descripción del sistema

Se trata de una antena Delta 7-B que tiene las dimensiones de la Fig-1, se va a instalar en unos soportes anclados en el muro portante vertical. La antena tiene un soporte para las ramas que la forman en el que se sujeta un balun para la adaptación de la impedancia.

Datos mecánicos del fabricante:

Longitud de las ramas: 7,2 metros

Peso de la antena: 6,5 kg

Superficie al viento: 0,26 m²

Velocidad del viento: 120 km/h

Radio de giro: 2,85 m

Mástil previsto: 3000x45x2 mm

Anclajes del mástil: Tipo 2401 de Televés, separación entre ellos, unos 100 cm

Cálculos

Conocidas las características de la antena, mástil y tipo de anclajes, hay que calcular lo siguiente:

- Momento flector del mástil
- Resistencia de los soportes del mástil

Para lo anterior, vamos a suponer una velocidad del viento de 150 km/h lo que supone una presión del viento de 1060 N/m^2 y también supondremos un coeficiente eólico de 0,7. Si se utiliza una velocidad del viento para los cálculos como la descrita y la antena, según el fabricante, soporta menos velocidad del viento es de suponer, evidentemente, que si sopla la mayor de las velocidades es posible que la antena no lo soporte.

El coeficiente eólico está ahí por suponer que las superficies no son planas sino redondeadas, luego el viento no presiona de igual manera. También supondremos que dicha presión del viento se tiene en cuenta con una densidad del aire de $1,25 \text{ kg/m}^3$. Dicho lo anterior, la carga al viento de la antena será:

$$Q_a = 0,26 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 192 \text{ N}$$

Si suponemos que la antena se comporta como una doble vertical, aproximadamente, idearemos una posición de la fuerza del viento en la antena (supuesta troncocónica) de $1/3$ de su altura, unos 2,4 metros hasta la posición del balun y conexiones.

Si, para un mástil del tipo 3010 de Televés, de $3000 \times 45 \times 2 \text{ mm}$, suponemos un voladizo de 0,1 metros (10 cm), la distancia de dicha fuerza al soporte superior del mástil sería de:

$$\text{Distancia} = 2,4 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 2,5 \text{ m}$$

La carga al viento del mástil será:

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

Si tomamos un voladizo del mástil de 0,1 metros, el cálculo del momento flector en él será:

$$MF = 192 \text{ N} \times 2,5 \text{ m} + 33,4 \text{ N/m}^2 \times 0,1 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 480 \text{ Nm}$$

Con un margen de seguridad del 50% serían unos 720 Nm que, para un mástil de 657 Nm (tipo 3010 de Televés), no cumple.

Así pues, una de dos opciones tenemos:

- Considerar un margen de seguridad menor (un 37%)
- No utilizar apenas voladizo del mástil o usar riostras.

Soportes del mástil

Veamos las fuerzas que intervienen en el sistema, para un voladizo del mástil de 10 cms.

Q_a es la carga en la antena

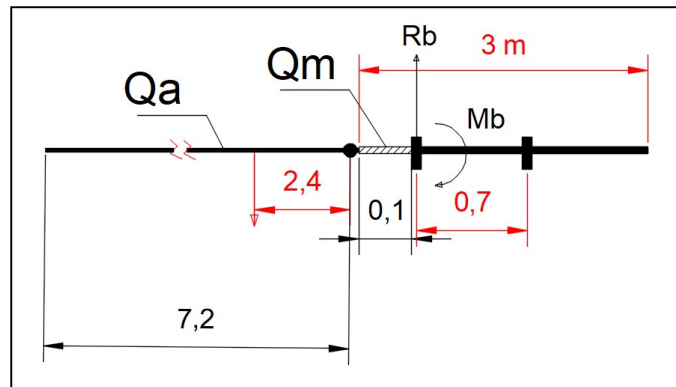
Q_m es la carga en el mástil

M_b es el momento flector en los anclajes

R_b es la fuerza que se produce en el anclaje superior (combinado con el inferior). Las fuerzas que intervienen, son dos:

Por la antena: $Q_a = 192 \text{ N}$

Por el mástil: $Q_m = 33,4 \text{ N/m} \times 0,1 \text{ m} = 3,34 \text{ N}$



Por lo tanto, el esfuerzo R_b que soporta el mástil superior con objeto de que, con la fuerza del viento, tienda a arrancar el soporte de la pared (habida cuenta de que hay dos soportes), será:

$$R_b = 192 \text{ N} + 3,34 \text{ N} = 195,34 \text{ N}$$

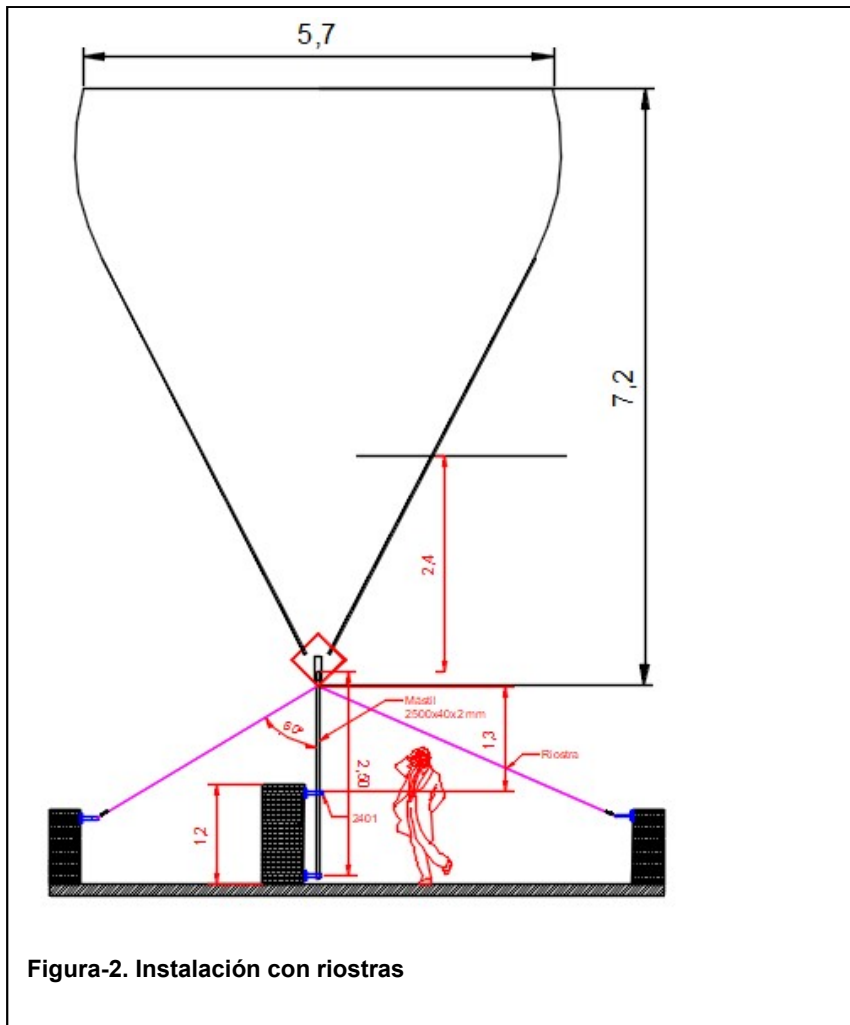
Si vemos el cuadro de anclajes HILTI, para un soporte tipo 2401 de Televés (o similar) con cuatro tornillos expansivos M6 y una penetración de éstos en el muro de 6 cms, soportan un esfuerzo de 1 kN cada uno, por lo que, para el supuesto que hemos calculado, es seguro el tipo de soportes y anclajes previsto.

HILTI				
ANCLAJE QUÍMICO		Valores en kN		
		Nrd	Vrd	
LADRILLO HUECO + HIT-HY20	HIT - AN	1,0	1,0	
	HIT - IG	1,0	1,0	
ANCLAJE METÁLICO				
LADRILLO MACIZO	HLC - H	M6	1,0	1,8
HORMIGÓN		M8	1,5	3,2
PIEDRA NATURAL		M10	2,0	5,2
ANCLAJE METÁLICO DE SEGURIDAD				
HORMIGÓN	HSL-3 ->	M12 X 97 mm	11,1	17,8

OPCIÓN #2. Uso de riostras

A continuación vamos a explicar cómo sería la opción de utilizar un mástil sin voladizo pero usando riostras. Sólo quedaría calcular el diámetro de dichas riostras, ya que el mástil apenas (por no decir nada) tiene voladizo. Supongamos que hemos escogido un mástil de 40 mm de diámetro. Igual se podría hacer con uno de 45 mm, rehacer los cálculos sería bien sencillo, ¿No? Sí.

En este caso, supondremos unas riostras que forman un ángulo de 60° . También cambiar el ángulo de dichas riostras sería cambiar algunos valores en las expresiones, nada difícil, creo.



Datos para los cálculos:

Antena: Superficie: $0,26 \text{ m}^2$, peso: 6,5 kg, altura: 7,2 m

Mástil: 3000x45x2 mm

Para calcular el diámetro de las riostras tendremos que calcular el esfuerzo que han de realizar y, como en otros casos, imaginemos que una sola riostra soportará todo el esfuerzo del viento en la instalación. Y para ello, como otras veces, calcularemos el momento flector que se produce en el soporte o anclaje superior y qué fuerza es la que lo contrarresta.

Carga de la antena $Q_a = 192 \text{ N}$

Carga del mástil: $C_m = 33,4 \text{ N/m}$

Momento respecto del soporte superior del mástil (anclaje).

Momento de la antena:

$$Ma = 192 \text{ N} \times (2,4 + 1,3) \text{ m} = 710,4 \text{ Nm}$$

Momento intrínseco del mástil:

$$Mm = 33,4 \text{ N/m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} = 28,22 \text{ Nm}$$

Total momento flector en anclaje superior:

$$MT = 710,4 + 28,22 \text{ N} = 738,6 \text{ Nm}$$

Fuerza horizontal que contrarreste dicho esfuerzo:

$$738,6 \text{ Nm} / 1,3 \text{ m} = 568 \text{ N}$$

Le añadimos un 10% de mayor confianza y tendríamos:

$$Fr = 568 \text{ N} \times 1,1 = 625 \text{ N} \text{ (64 kg)}$$

Ahora pensemos que la riostra forma un ángulo de 60° con el mástil, por lo que en la propia riostra, el valor anterior se convierte en una tensión en la riostra:

$$TR = 64 \text{ kg} / \text{sen } 60^\circ = 74 \text{ Kg}$$

(Hemos redondeado todos los valores al alza en nuestra propia seguridad)

Con este valor y con la tabla de cables de acero para riostras ya vemos que el cable mínimo que podemos utilizar es de 2 mm de diámetro, con una carga de rotura de 200 kp

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
5	19,63	7x1,6	1800	91,7
6	28,27	7x2,0	3000	106,12
NO TELEVES				
3			784	

En general, los fabricantes de cables estiman que para la utilización de los mismos debe hacerse un pretensado de, aproximadamente, el 10% de su carga de rotura. Por eso se estima que cada riostra tendrá un pretensado de unos 20 kg (¿Cómo los mediremos?).

Así pues, se plantean dos situaciones:

Sin viento aparente. Cada riostra está sometida a 20 kg de tensión

Con viento fuerte. Se reparten 74 kg entre las tres riostras más 20 kg del pretensado, así que, como mucho, tendrán 94 kg de tensión.

Soportes del mástil y de las riostras

Soportes del mástil

Para decidir estos valores necesitamos conocer a qué tensiones están sometidas ambas cosas, para lo cual necesitamos conocer los componentes horizontal y vertical de la fuerza de la riostras.

En el peor de los casos, una sola riostra sometería al mástil, en su anclaje superior (en combinación con el inferior, naturalmente) a un esfuerzo que sería igual a la componente vertical de la fuerza de la riostra más el peso del mástil y de la propia antena, es decir:

Esfuerzo vertical máximo: $94 \text{ kg} / \cos 60^\circ = 188 \text{ kg}$

Peso de la antena: 6,5 kg

Peso del mástil: 5 Kg

Total y aproximadamente: 200 kg (1955 N)

Soporte de las riostras.

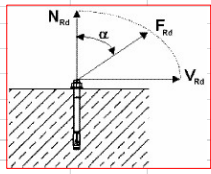
Cada soporte de las riostras está sometido a una tensión horizontal y otra vertical debido al esfuerzo máximo de la riostra, estos valores serían:

Componente horizontal: $94 \text{ kg} / \sin 60^\circ = 109 \text{ kg}$ (1063 N)

Componente vertical: 200 kg (1955 N)

Si decidimos que los anclajes del mástil como de las de las riostras están constituidos por soportes tipo 2401 de Televés (o similar), cada uno de los cuales está sujeto a paramento vertical con tornillos expansivos en taco químico o anclaje metálico; a la vista del cuadro de HILTI, observamos que un solo tornillo soportaría 1 kN en cada componente. Como en este caso son 4 tornillos, se repartirían la fuerza entre ellos, con lo que la utilización y montaje de dichos anclajes garantizaría el esfuerzo de cada caso.

HILTI				
ANCLAJE QUÍMICO		Valores en kN		
		N _{rd}	V _{rd}	
LADRILLO HUECO + HIT-HY20	HIT - AN	1,0	1,0	
	HIT - IG	1,0	1,0	
ANCLAJE METÁLICO				
LADRILLO MACIZO	M6	1,0	1,8	
HORMIGÓN	HLC - H	M8	1,5	3,2
PIEDRA NATURAL	M10	2,0	5,2	
ANCLAJE METÁLICO DE SEGURIDAD				
HORMIGÓN	HSL-3 -> M12 X 97 mm	11,1	17,8	



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.