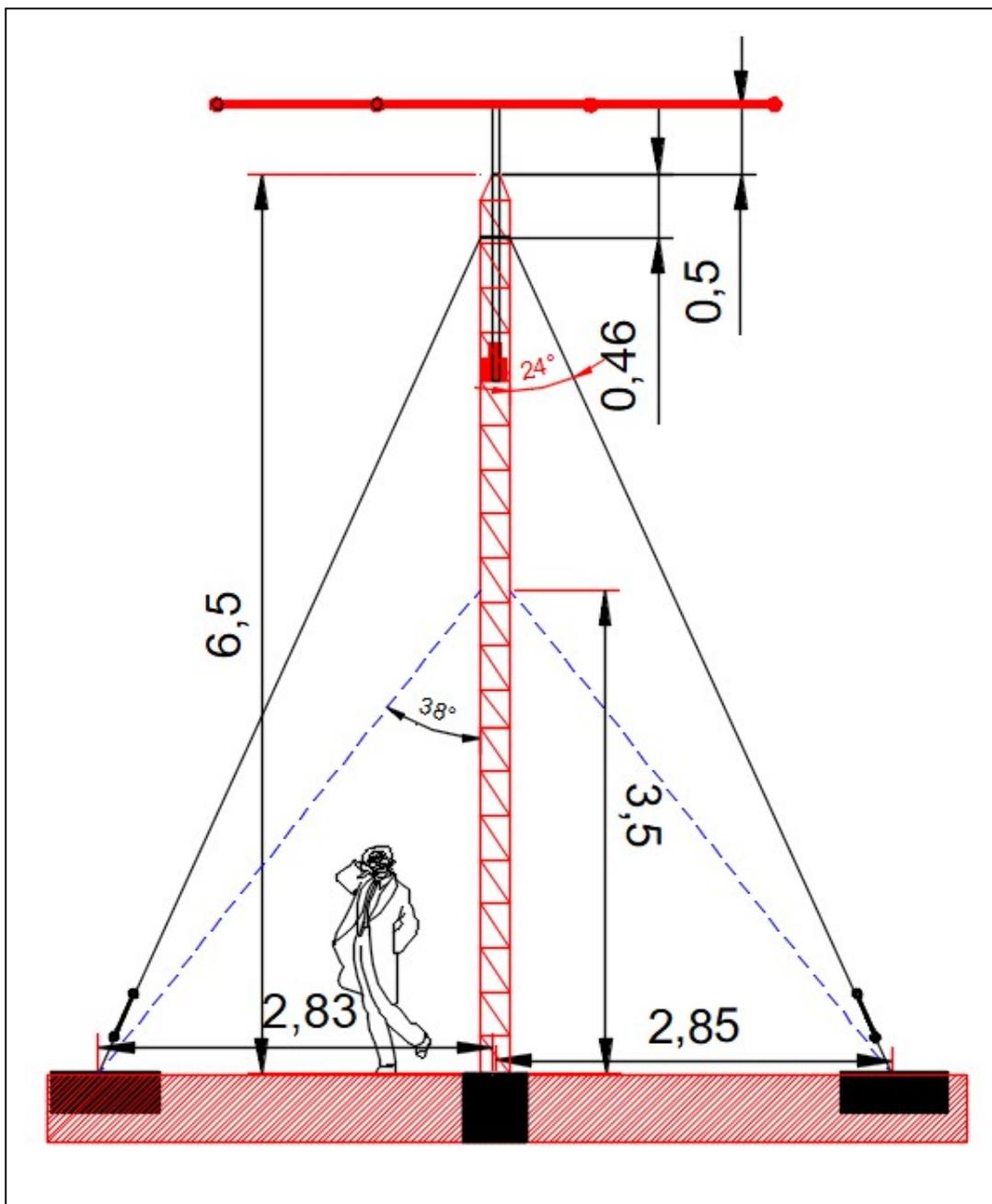


# Cálculos para Memoria Técnica

*Torreta de 6,5 m con yagi 28 Mhz*

Diego Doncel, EA1CN

[doctorohmio@gmail.com](mailto:doctorohmio@gmail.com)



En esta parte voy a desarrollar cómo sería el cálculo para la instalación de una antena yagi tipo Sirio 28 MHz de 4 elementos sobre una torre de sección triangular de 6,5 m de alto y 220 mm de lado. Podría aplicarse a otra antena similar, adaptando los cálculos.

El prestigioso René Lavand, prestigioso cartomago argentino, hizo suya una frase típica que era: "No se puede hacer más lento". "O quizás sí" (terminaba).

En este artículo voy a detallar paso a paso cómo se realizan los cálculos para este tipo de instalación, sin que sean excesivos las suposiciones o condicionantes, habida cuenta de que somos aficionados y no profesionales que estemos calculando un puente elevadizo. Por ejemplo.

Al final y como orientación daré las indicaciones para la posible presentación de una memoria técnica con esta antena (u otra similar) en Telecomunicaciones.

### **Descripción del sistema de antena**

Supongamos esta vez que el sistema radiante está formado por una torre triangular de 6,5 m y 220 mm de lado, en la que se embutirá un mástil que soportará la antena para HF que se prevé. Se trata, en este caso de ejemplo de una antena yagi Sirio de 28 MHZ de 4 elementos.

Esta antena está previsto que sea soportada por un mástil de dimensiones 2500x40x2 mm embutido en la puntera de la torreta y unido a la propia antena.

La torre que se menciona consta de dos secciones intermedias de 2,5 m y una puntera de 1,5 m donde se aloja el rotor con el mástil y que presenta un voladizo de 0,5 m para alojar la antena. La torre está arriostrada con un juego de tres riostras a 120°, aproximadamente. El sistema está apoyado en una base homologada, de acero, embutida en un prisma de hormigón solidario con el suelo del edificio, formado estructuralmente por encofrado y baldosas. Esta base de hormigón armado deberá formar cuerpo con el suelo que la sustenta, a través de los correspondientes espárragos que unan ambas estructuras. O bien, caso de instalarse en terreno externo, jardín, prado, etc. Con las condiciones que procedan.

Las riostras están sujetas a pilotes de hormigón armado, empotrados en el suelo del edificio. Esta sujeción debe garantizar la resistencia del sistema al esfuerzo a que está sometido. Cabe la opción de sujetarlas a muro portante, mediante soportes adecuados, como se verá más adelante.

### **¿Qué hay que conocer para realizar los cálculos?**

- La superficie de la antena
- La superficie del mástil que la sustentará
- La superficie de la torreta

Con estos valores podremos realizar los cálculos en función de la Presión del viento que incide sobre el sistema.

### **¿Qué hay que calcular?**

Hay que calcular lo siguiente:

- Presión del viento en la antena
- Presión del viento en el mástil en voladizo
- El momento flector del mástil que soportará la antena
- Presión del viento en la torre, conocida su superficie
- Momento flector en la base de la torreta con las antenas, mástil y rotor.

Como consecuencia de estos cálculos, se obtendrá que haga falta un juego de riostras.

- Calcular la tensión a que va a estar sometida una sola riostra, como si ella tuviera que soportar todo el esfuerzo del viento. Es el peor caso.
- Calcular el peso del sistema y la fuerza (vertical) que harán las riostras sobre el soporte.

A continuación se explicará, paso a paso como realizar los cálculos oportunos.

## Cálculo de las solicitaciones del sistema.

### Datos de partida:

Para la antena, tomamos los datos que da el fabricante. En un supuesto que esto no se obtenga, habría que calcular la superficie de la antena a base de medir sus elementos, longitud por diámetro. En este caso, el fabricante dice que la superficie de la antena es  $0,07 \text{ m}^2$ , personalmente, no me lo creo, más bien me creo que sean, viendo los detalles de la hoja de montaje, unos  $0,8 \text{ m}^2$  y otro dato que da es su peso, de  $6,1 \text{ kg}$ .

Por otro lado dice que la antena tiene una carga al viento de  $85 \text{ N}$  a  $150 \text{ km/h}$ , pero que tiene resistencia al viento hasta  $120 \text{ km/h}$ . Así que no sabe uno a qué atenerse. Lo importante es que el mástil aguante. ¿Por qué? Pues porque el mástil es el elemento más frágil del sistema junto con la torre, en este caso. Así que si viene un temporal y ráfagas (rachas) de viento muy violentas y que sean de  $120 \text{ km/h}$  o más, puede que la antena no lo soporte y se rompa, aunque el mástil sí lo soporte. Entonces haremos los cálculos para  $150 \text{ km/h}$  y como suele decirse a veces “que sea lo que tenga que ser” menos que se nos rompa el mástil y la torre, lo demás escapa a nuestro control.

Vamos a suponer un mástil de  $2500 \times 40 \times 2 \text{ mm}$  (largo x diámetro x pared), tipo 3009 de Televés, con un momento flector máximo de  $508 \text{ Nm}$

Antes de todo y para realizar los cálculos hay que conocer todas las superficies implicadas en ellos. Así pues empezamos por calcular estas superficies.

### Superficie de la antena

Superficie supuesta:  $0,8 \text{ m}^2$

### Superficie del mástil

Conocidas sus dimensiones, veamos esta partida:

Superficie del mástil = diámetro x longitud

Superficie del mástil =  $0,04 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$

### Superficie del rotor

Rotor de  $0,345 \text{ m}$  de alto por  $0,2 \text{ m}$  de ancho y  $6,5 \text{ kg}$  de peso. Yaesu.

Superficie del rotor:  $0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$

### Superficie de la torre:

El fabricante nos dice que las superficies equivalentes de cálculo enfrentada al viento, según eurocódigo son:

Tramos intermedios (cada uno):  $0,29 \text{ m}^2$

Tramo superior:  $0,12 \text{ m}^2$

Superficie total de la torre:  $2 \times 0,29 \text{ m}^2 + 0,12 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ m}^2$

Como hemos mencionado, tomaremos la velocidad del viento para cálculos de  $150 \text{ km/h}$ . A esta velocidad y considerando una densidad del aire media de  $1,225 \text{ kg/m}^3$  la presión del viento es de  $1060 \text{ N/m}^2$  consideramos también un  $C_e$  (coeficiente eólico) =  $0,7$  para antenas y mástil.

El coeficiente eólico ( $C_e$ ) se utiliza porque las superficies no son planas sino cilíndricas.

La presión del viento, conocida su velocidad, se obtiene de la fórmula siguiente:

$$P_v = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ N/m}^2$$

Donde  $\rho$  es la densidad del aire, que tomamos  $1,225 \text{ kg/m}^3$

$v$  Es la velocidad del viento en m/seg ( $1 \text{ km/h} = 0,277777 \text{ m/seg}$ )

Así pues, sustituyendo,

$$P_v = \frac{1,225 \cdot 41,6^2}{2} = 1060 \text{ N/m}^2$$

### Ahora calculamos las resistencias al viento de los elementos

#### De la antena:

$P_A = \text{superficie} \times \text{Presión del viento} \times C_e$

$$P_A = 0,8 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 593 \text{ N}$$

En otro tipo de antena, si el fabricante no da este dato, hay que calcular su superficie lo más aproximada posible para aplicar la expresión anterior.

#### Del mástil:

Será el producto del diámetro por la altura (un rectángulo) y se considera por cada metro de mástil. Como tiene un diámetro de 40 mm, es decir 0,04 m, pues tendrá  $0,04 \text{ m}^2$  por cada metro; se multiplica por la presión del viento y por el coeficiente eólico. Esto es lo siguiente:

$$Q_m = (\text{superficie/m} \times P_v \times C_e)$$

$$Q_m = 0,04 \text{ m}^2/\text{m} \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 29,68 \text{ N/m} \text{ (vamos a redondear a } 30 \text{ N/m)}$$

#### Del rotor

Considerar

$$P_R = 0,08 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 = 84,8 \text{ N} \text{ (redondeamos a } 85 \text{ N)}$$

#### De la torre completa:

Como hemos visto, la superficie total de la torre es de  $0,7 \text{ m}^2$ .

Igualmente se multiplica por la presión del viento y por el coeficiente eólico. El resultado que se obtiene, se divide por la longitud o altura total de la torreta para obtener la carga al viento por metro.

$$Q_T = (0,12 + 0,29 + 0,29) \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 = 742 \text{ N}$$

Es el momento de distinguir entre carga puntual y carga distribuida. El primer tipo, puntual, es la carga que ofrecen los elementos horizontales, como las yagi, los dipolos, un balun, un rotor. El segundo tipo, distribuida, es la carga que ofrecen los elementos verticales, como los mástiles o antenas verticales, las torretas.

Vuelvo a insistir en que, probablemente, si se realizan los cálculos detalladamente, científicamente, y utilizando programas en internet de cálculos de vigas, teniendo en cuenta muchos otros factores y expresiones algo complejas, saldrán valores *algo* diferentes, pero a nosotros lo que nos importa es qué dimensiones (en exceso) tenemos que considerar en los materiales con que vamos a instalar el sistema, de manera que estemos seguros que va a soportar un posible vendaval, aunque seguro 100% nunca

estaremos porque, realmente, no sabemos qué está por venir en cada momento. Pero, como hemos dicho alguna vez, al menos “dormir tranquilo”.

#### Momento flector en el mástil en voladizo:

¿Soportará el mástil elegido el momento flector a que lo somete la antena a la distancia a que la colocamos? Es lo primero que hay que calcular. Vamos a verlo.

Este momento flector, como otros, es igual a la fuerza por la distancia, es decir, la fuerza a que está sometida la antena, por la distancia al punto de apoyo, que, en este caso será la puntera de la torreta.

Será el conjunto de:

- Momento debido a la antena:  $593 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 296 \text{ Nm}$
- Momento debido al propio mástil:  $30 \text{ N/m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 3,75 \text{ Nm}$

Enseguida te habrás dado cuenta de que he tomado 0,5 metros del mástil en voladizo, pero, realmente, nos sobraba 1 metro de este tipo de mástil. Una de dos, o lo cortamos o dejamos el metro entero. Veamos la diferencia, para aprender. Ojo, si lo cortamos, hay que aplicar un spray de galvanizado en frío.

Sumados ambos momentos, tenemos:

$$M_m = 296 \text{ Nm} + 3,75 \text{ Nm} = 299,75 \text{ Nm} \text{ (300 Nm redondeando)}$$

Con un margen de seguridad del 50% (multiplicando por 1,5) nos da

$$M_m = 300 \text{ Nm} \times 1,5 = 450 \text{ Nm}, \text{ es decir, el mástil elegido } \mathbf{CUMPLE}.$$

¿Qué pasa si no cortamos el mástil? Pues que el momento del mástil, en ese caso sería:

$$M_m = 30 \text{ N/m} \times 1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 15 \text{ Nm} \text{ que sumados al de la antena daría } 311 \text{ Nm} \text{ y que asegurado a un } 59\%, \text{ resultaría } 466,5 \text{ Nm}, \text{ aún estamos por debajo del límite elástico del mástil. } \mathbf{CUMPLE}$$

Hay que ver las características del mástil 3009 de Televés en su catálogo cuyo momento máximo es de 508 Nm. O un mástil muy semejante de otro fabricante o distribuidor con las mismas características (40 mm de diámetro y 2 mm de pared).

Naturalmente, si se deseara bajar este momento flector, no hay más que bajar aún más la antena en el mástil en voladizo. Esto no es más que un ejemplo de cálculo. Por supuesto también se puede instalar un mástil del tipo 3010 de Televés, de medidas 3000x45x2 mm, sería fácil repetir los cálculos, pero he considerado el caso de no gastar más de lo necesario, si no lo es.

#### Momento flector en la base de la torreta

El momento flector es el producto de la fuerza que se aplica por la distancia al soporte que la produce. En este caso están implicados las antenas, el mástil, el rotor y la torreta. Como hemos comentado más arriba, hay dos clases de momentos flectores, de cargas horizontales (en este caso la antena) y se considera una carga puntual y, por otro lado, las cargas distribuidas, caso del mástil y de la torreta. En el caso de las cargas distribuidas y siendo éstas cilíndricas, el punto de aplicación de la fuerza que produce el momento se considera siempre en el punto medio de la distancia de la fuerza hasta el punto de apoyo o soporte. Como puede observarse en la figura, se ha considerado una separación de la antena respecto de la puntera de la torreta de 0,5 metros, normalmente se suele poner más cerca de la torreta, casi a unos centímetros de su extremo superior.

Se consideran los siguientes elementos para el momento total:

- Momento de la antena
- Momento del mástil
- Momento del rotor
- Momento de la torreta en sí misma

$$M_T = \text{Antena} + \text{mástil} + \text{rotor} + \text{torreta}$$

El momento que produce la antena es el producto de su carga al viento por la distancia a la base de la torreta:

- Momento de la antena:  $593 \text{ N} \times (6,5 + 0,5) \text{ m} = 4151 \text{ Nm}$

El momento del mástil (sin cortarlo) será el resultado de multiplicar la carga al viento por cada metro, por la longitud del mástil que se considera y por la mitad de la distancia al punto de apoyo. Esto se mide en Newtons x metro.

- Momento del mástil:  $30 \text{ N/m} \times 2,5 \text{ m} \times 6,25 \text{ m} = 468,75 \text{ Nm}$
- Momento del rotor:  $85 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 340 \text{ Nm}$
- Momento de la torreta en sí misma:  $742 \text{ N} \times 3,25 \text{ m} = 2411 \text{ Nm}$

Así pues, sumando estos términos resulta lo siguiente:

$$M_T = 4151 \text{ Nm} + 468,75 \text{ Nm} + 340 \text{ Nm} + 2411 \text{ Nm} \approx \mathbf{7370 \text{ Nm}}$$

Ahora veamos cómo se representa todo esto en un diagrama como si de una viga empotrada en la pared se tratara. Ver la figura 2.

**Pa** es la carga de la antena, ubicada a 0,5 m en el mástil

**Qm** es la carga al viento en el mástil en voladizo, es una carga distribuida.

**Rb** es el punto donde se van a situar las riostras, que, en este caso, por la fabricación de la torreta, estarán junto al aro superior, no se instalarán en el aro, sino en los elementos verticales que están allí cuya distancia a la cúspide de la torreta, donde está el cojinete, es de 0,46 m.

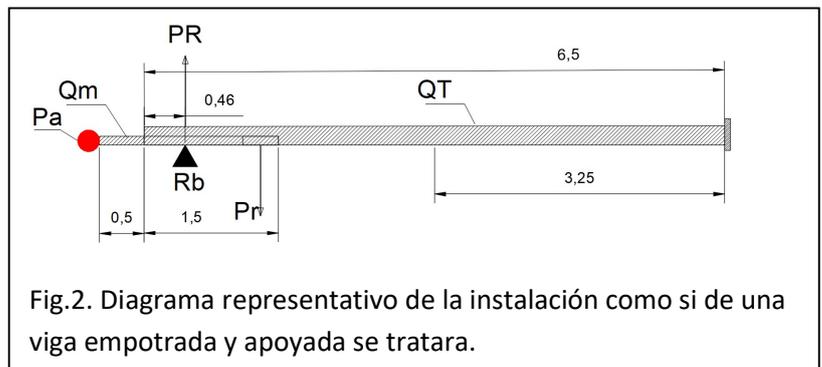
**PR** es el conjunto de fuerzas a que va a estar sometida una riostra sola, lo que consideraremos en el peor caso posible.

Esto nos da un margen de seguridad adicional. No será el caso, obviamente, pero lo consideraremos así.

**QT** es la carga al viento en la torre, que es una carga distribuida y su momento se aplica en el punto medio de la torre, que es 3,25 m

Asimismo, vemos que parte del mástil entra dentro de la torreta y hasta el rotor una longitud de 1,5 metros.

La imprecisión de algunas de las medidas nos llevará a más margen de seguridad, si cabe.



## Calculo de las riostras

Entendiendo ahora, por simplicidad, que las riostras (la riostra única por simplicidad) tienen que hacer un esfuerzo tal que compense, con su momento de inercia respecto a la base de la torreta, el momento total al que ésta está sometida, lo que quiere decir que su producto multiplicado por la distancia a la base debe ser mayor que el que se produce sin ella.

$PR \times 6 \text{ m} > 7370 \text{ Nm} \rightarrow PR > 7370 \text{ Nm} / 6 \text{ m} \geq 1228 \text{ N}$ , como mínimo.

Si añadimos un 10% de seguridad adicional:  $1228 \text{ N} \times 1,1 = 1351 \text{ N}$  (138 kg)

Ahora consideraremos que el ángulo que (por ejemplo) forma la riostra con la torreta es de  $24^\circ$ , eso quiere decir que la riostra realizará un esfuerzo real de:

$138 \text{ kg} / \sin 24^\circ = 340 \text{ kg}$

Aquí lo importante es determinar el diámetro mínimo de la riostra a utilizar.

En los catálogos del fabricante de cables de riostras se propone un pretensado de la misma de un 10% de la carga de rotura del cable, que, en este caso son 1100 Kg (ver tabla adjunta). Es decir, la tensión de la riostra efectiva sería:

$340 \text{ kg} + 10\% \text{ de } 1100 \text{ kg} = 450 \text{ kg}$

A la vista de la tabla adjunta, puede considerarse que **el diámetro de la riostra sería 4 mm** y, según la tabla y cálculos, va sobrado.

CABLES TELEVES				
Diametro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Hilos	Carga rotura (Kp)	Carga rot (Kp/mm <sup>2</sup> )
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	

Nota: La tensión en la riostra se ha calculado para una única riostra como si ésta soportara todo el viento, pero el pretensado corresponde a cada una de las tres riostras. Así pues, en reposo, sin viento, las riostras soportan, al menos, la tensión de pretensado. Esta tensión, con el ángulo que corresponda, es un esfuerzo (mínimo) que se manifiesta en la base de la torreta.

Si el pretensado es de 110 kg, con un ángulo de  $24^\circ$ , se manifiesta en una de las riostras con:

$110 \text{ kg} \times \cos 24^\circ = 100,5 \text{ kg}$  y por las 3 riostras: 300 kg.

Si consideramos el viento de 150 Km/h, sobre la base estimamos un esfuerzo de:

$300 \text{ kg} + 340 \text{ kg} \times \cos 24^\circ = 610 \text{ kg}$

### Esfuerzos en la base de la torre y en zapatas de las riostras

Esfuerzo vertical sobre la base por las riostras: **610 kg**

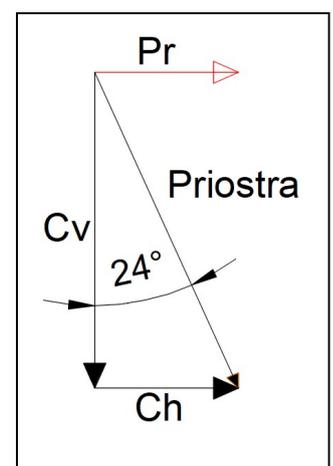
Esfuerzo horizontal sobre cada zapata o soporte de riostra: **450 kg**

### Carga vertical sobre la base:

Esta carga es debida al peso de la antena, del mástil, de la torre y la componente vertical que hacen las (o una en el peor caso) riostras.

### Pesos:

Antena: 6,1 kg; Mástil: 6 kg; Torre: 41 kg; Rotor: 6 kg; Persona: 80 kg



Así pues, la base soportará un peso de:

- Sin viento: 6,1 kg + 6 kg + 41 kg + 6 kg + 80 kg = 140 kg
- Con viento de 150 km/h: 6,1 kg + 6 kg + 41 kg + 6 kg + 610 kg = **670 kg**

Dimensiones mínimas de la base de la Torreta:

Veamos la tabla de estas dimensiones que se contemplan en el catálogo de “Torres” de Televés.

ZAPATA DE HORMIGÓN PARA LA BASE DE LA TORRETA				
Resistencia del terreno en kg/cm <sup>2</sup>	Carga vertical sobre la base			
	<2000	<3000	<4000	<5000
0,5 Terrenos húmedos	75x75x50	90x90x50	105x105x70	120x120x70
<b>1</b>	55x55x50	60x60x50	70x70x70	80x80x70
<b>2</b>	40x40x50	50x50x50	60x60x70	70x70x70
4 - Terrenos secos	40x40x50	40x40x50	50x50x70	60x60x70

Para terrenos secos se considera: 40x40x50 cm

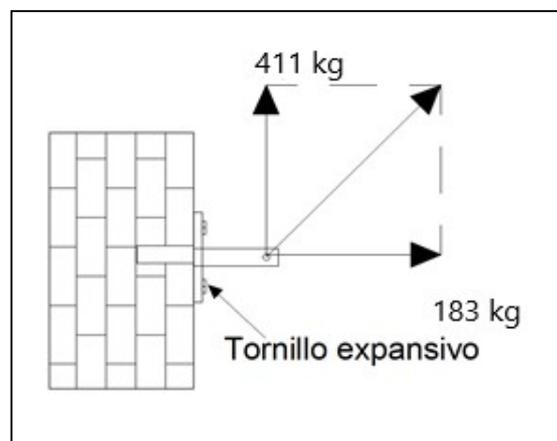
Para terrenos húmedos se considera: 75x75x50 cm

Zapatas para riostras:

Las zapatas o pilotes para las riostras estarán sometidos a una fuerza con componentes vertical y horizontal, resultado de descomponer el tiro o tensión de la riostra, tal como hemos visto más arriba.

Tiro (componente) vertical: 411 kg

Tiro (componente) horizontal: 183 kg



Veamos nuevamente las recomendaciones del catálogo de “Torres” de Televés.

TENSION EN LOS PUNTOS DE ANLAJE 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

Así, en este caso, se sugiere unas dimensiones de 85x85x70 cm para cada zapata de riostra.

Puede haber la posibilidad de sujetar las riostras a un paramento vertical, utilizando para ello un soporte adecuado. Puede ser una argolla adecuada para ello, empotrada en el paramento en un agujero con cemento o (mejor, más fácil, un soporte tipo 2401 de Televés), soporte similar al que se usa para sujetar

HILTI				
ANCLAJE QUÍMICO		Valores en kN		
		N <sub>Rd</sub>	V <sub>Rd</sub>	
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	

mástiles atornillado a la pared con tornillos expansivos de M6-8 mm y usando taco químico HILTI.

Siguiendo detalladamente las instrucciones del catálogo HILTI esos soportes deben soportar las tensiones a que van a ser sometidos. Ver la tabla adjunta de HILTI

### **Segundo juego de riostras**

Si se desea más confianza en la instalación puede optarse por un segundo juego de riostras ubicado a 3,5 metros. Unos cálculos teóricos conducirán a que el primer juego de riostras ahora estará sometido a un esfuerzo menor, debido al segundo juego y, por otro lado, el esfuerzo en vertical y horizontal tanto en la base como en las zapatas o sujeción de riostras se incrementará. Como puede observarse, hay margen suficiente en los soportes y sujeciones para instalar este segundo juego si ello nos da, como digo, mayor confianza, aun no siendo necesario, según cálculos, **podrían ponerse riostras de 3 ó 4 mm de diámetro.**

### **Comentarios para la Instalación (no para la Memoria Técnica)**

- Las riostras se sujetarán en la parte del aro de torreta, **no en el aro**. En el nervio vertical que hay.
- Las riostras llevarán tensores y sujeta-cables. Se tensan con la mano, se re-tensan a los 15 días.
- La base y las zapatas están pensadas para terrenos normales, en terrenos húmedos hay que revisar sus dimensiones (ver tabla o catálogo Televés, *Torres*, pág.3)
- La base de la torreta, normalizada, será embutida en el prisma en el momento del fraguado del hormigón armado y ésta sujeta al paramento horizontal.
- Para las riostras se utilizarán argollas normalizadas o sujeciones como las descritas anteriormente.
- Se vigilará seriamente la verticalidad de la torreta
- Hay que tapar el mástil por arriba para evitar resonancias acústicas.
- En caso de utilizar cuerdas Dyneema, hay que escogerlas según los cálculos realizados y ver la tabla de cargas que soportan. Nunca hacer nudos y utilizar adecuadamente las sujeciones de cables-cuerdas. Ver detalles en la web de Mastrant-Dyneema.

### **Presentación en la Memoria Técnica para Telecomunicaciones.**

Las (JPIT) jefaturas de inspección de telecomunicaciones no especifican detalladamente el modelo de Memoria Técnica, si bien, el Reglamento sí dice qué cosas debe incluir. La presentación podría realizarse incluyendo las siguientes partes y en este orden:

- Datos de la persona que presenta la memoria
- Planos especificados en el reglamento, muy detallados.
- Cálculos
- Relación de materiales y equipos (si procede, que no suele proceder).

Hay modelos de este tipo de presentación, pero generalmente deben atenerse estrictamente a lo especificado en el R.D., es decir, aportar los datos que se piden en la primera página, aportar los planos exigidos con todo lujo de detalles de medidas, cotas, distancias a elementos, etc. Cálculos resumidos, sus resultados, sin especificar exhaustivamente como se realizan, a menos que los pidan luego. Son muy

necesarios para justificar los materiales a utilizar y para el instalador que realizará el Boletín que se exige. Relación de los materiales, sin necesidad de especificar tablas de atenuaciones, diagramas de radiación, etc. Esto no es importante, sino los valores físicos que se necesitan. En el caso de la línea o líneas de alimentación, hay que decir marca y modelo, longitudes y forma de instalación hasta la estación. Las curvas de atenuación, por ejemplo, no son necesarias.

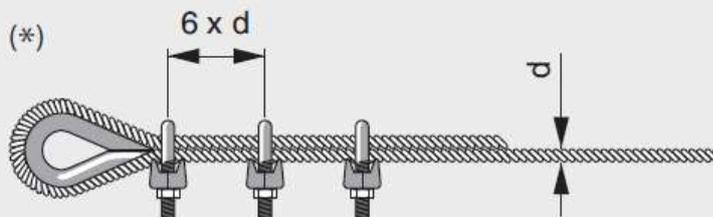
+++++

**Nota Importante:** 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. Diego, EA1CN

**Agradecimientos y bibliografía:**

EA4DTP, Luis Ignacio

Mecánica Aplicada, Ramiro A.



Los sujetacables deben reapretarse una vez el cable haya sido sometido a la primera tracción. El cuerpo del sujetacable debe montarse sobre la parte activa del cable, tal como indica la figura.

