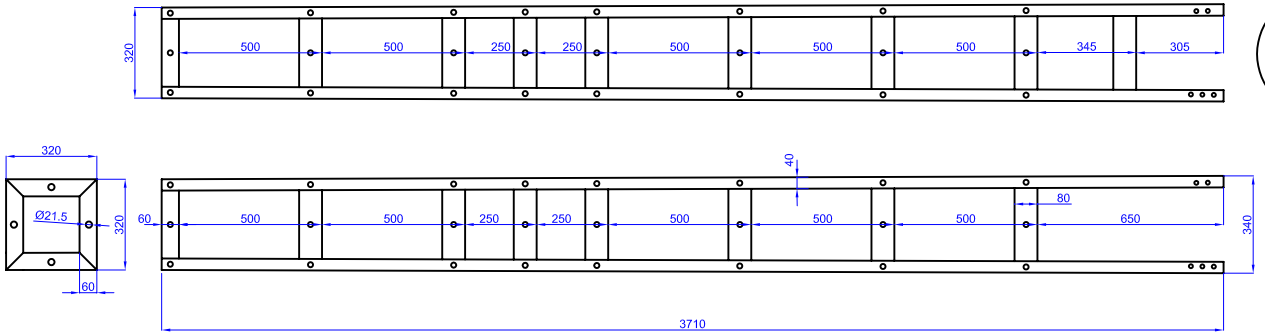
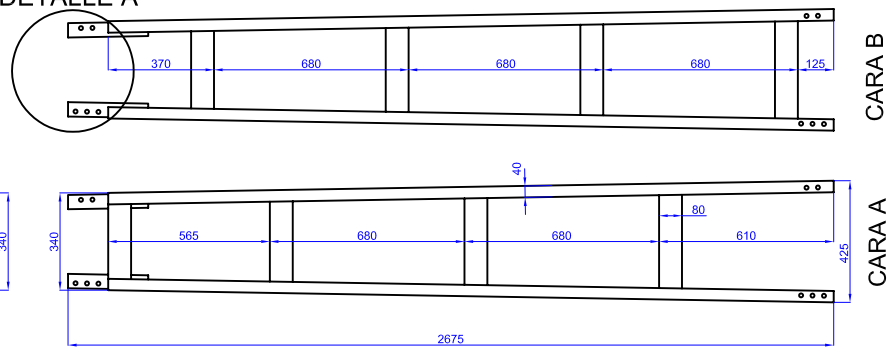
TRAMO 4



DETALLE A

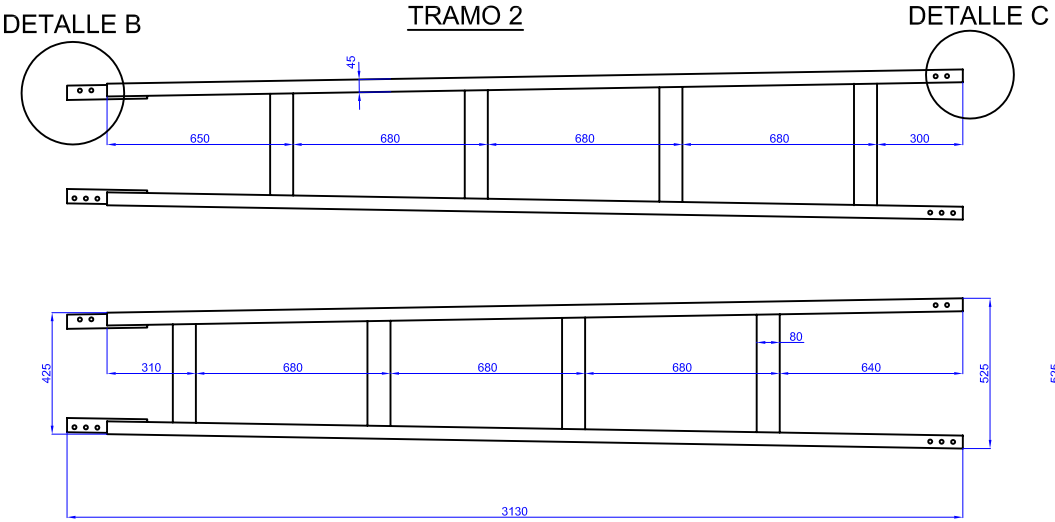
TRAMO 3



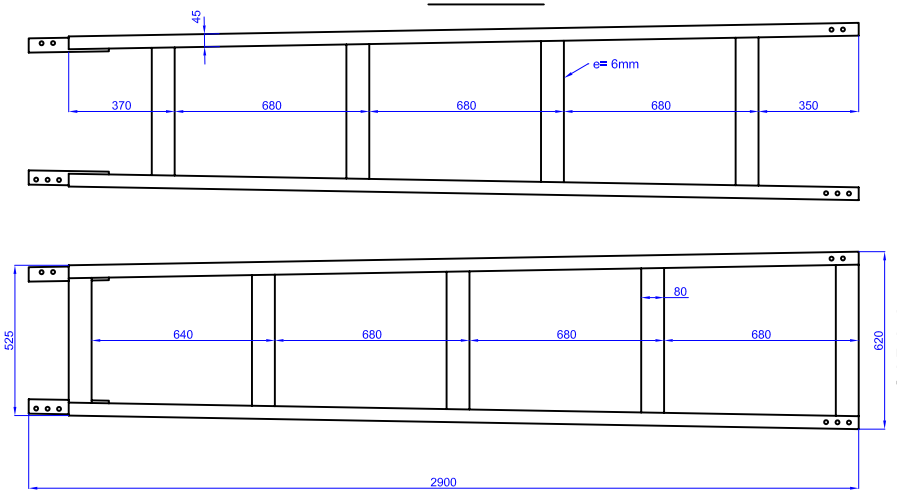
DETALLE B

TRAMO 2

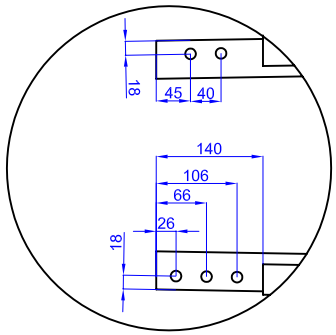
DETALLE C



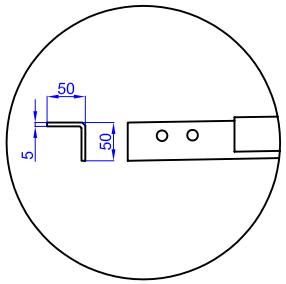
TRAMO 1



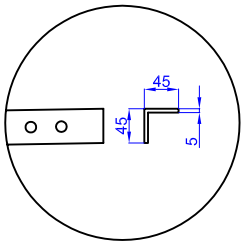
DETALLE A



DETALLE B



DETALLE C



Bornay

TORRE P-400 (250-600-1500)

Bornay Aerogeneradores S.L.U
Polígono Industrial. Riu
Camino del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante)
www.bornay.com

10/11/2009	Dibujado por:	Rafael Juan Claverías	
10/11/2009	Revisado por:	Ramón Cerdá Mira	
Escala: S/N	Material:	Acero galvanizado	
Ref: 20.02.0014			Plano: 7.1

Esta información es confidencial, propiedad de Aerogeneradores Bornay S.L.U.
Prohibida su reproducción y/o distribución sin autorización del propietario.

Manual de Instrucciones y Montaje

Torres basculantes y auto soportadas

Juan y David Bornay, S.L.

Paraje Ameraors, s/n
Apartado de Correos 116
03420 Castalla (Alicante)
España

Tel. (34) 965 560 025
Fax (34) 965 560 752

http://www.bornay.com
bornay@bornay.com

© Juan y David Bornay, S.L. – Rev. 1.0 – Enero 2002.

Índice

Índice 2

Bienvenidos al mundo del viento 3

Emplazamiento de la torre 3

Las torres basculantes 3

Puntos y tipos de anclajes 5

Preparaciones antes del izado 7

Procedimiento de izado 9

Precauciones 10

Las torres auto soportadas 11

Anexos 12

Influencia de obstáculos en el aerogenerador 14

Bienvenidos al mundo del viento

Información su interés:

Este manual contiene toda la información necesaria para la correcta instalación de una torre auto soportada y una torre basculante de 12 m de altura. Para asegurar su correcta instalación, evitar roturas y peligros, recomendamos que lea atentamente este manual antes de proceder a realizar la instalación.

En determinados puntos de este manual encontrará puntos que precisan de especial atención por ser particularmente importantes, por favor, preste especial atención a aquellos puntos marcados de la siguiente manera:

ATENCIÓN:
Detalles importantes para el correcto funcionamiento del sistema.

PRECAUCIÓN:
Detalles a tener en cuenta para evitar daños irreparables en su equipo o a personas.

Emplazamiento de la torre

La energía que podemos captar del viento con un aerogenerador es proporcional al cubo de la velocidad con que sopla; esto es, cuando la velocidad del viento se duplica, la potencia que podemos producir con un aerogenerador es ocho veces superior.

Por ello, es interesante instalar el aerogenerador en un lugar donde el viento sople con la mayor velocidad y constancia posibles. La velocidad del viento depende en gran medida del terreno sobre el que se mueve el aire; la vegetación, tipo de terreno, construcciones cercanas, etc. frenan el viento y producen turbulencias.

El lugar idóneo para un aerogenerador, es **una zona libre de obstáculos, y lo más alto posible respecto de los obstáculos.**

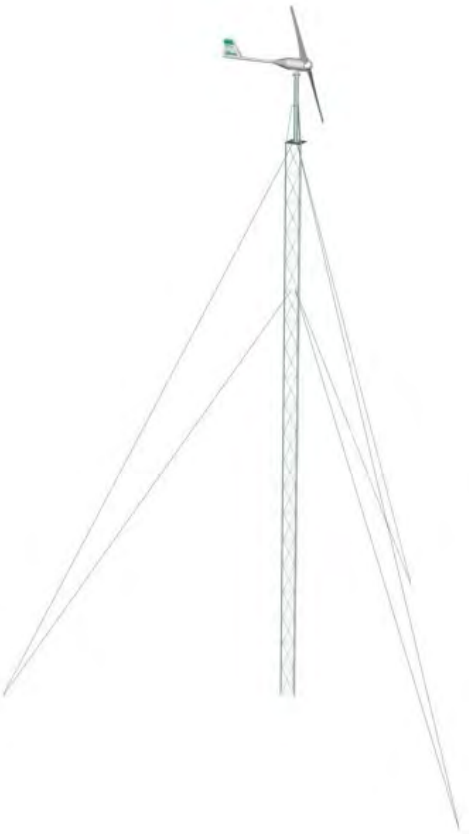
Las torres basculantes

Este tipo de torre ofrece una serie de ventajas: bajo coste, gran efectividad y facilidad de montaje. Sus características permiten bajar el aerogenerador a nivel del suelo, minimizando riesgos de caídas con relativa facilidad y rapidez para realizar revisiones y mantenimiento. Debido a su relación altura-esfuerzos del viento en su extremo superior, la torre necesita ser sujetada por tirantes.

Existen distintos tipos de torre en función de sus características constructivas:

Torre tubular

Torre escalonada



- La torre tubular es la más utilizada debido a su simplici
  bajo coste. Este tipo de torres permite incrementar su altura en un momento dado añadiendo más tramos de tubo y cambiando la distribución de los tensores.
- La torre escalonada presenta la particularidad de, además de ser abatible, permitir ser trepada hasta el aerogenerador para realizar allí revisiones periódicas sin tener que abatir la torre. Las dimensiones de los tensores y de la torre serán mayores que en el tipo de torre tubular.
- La torre de tipo celosía, ya sea triangular o rectangular, no es abatible. Es mucho más ligera que las torres auto soportadas y de menor coste, pero no son suficientemente fuertes para soportar el peso de un aerogenerador y sus esfuerzos. El tipo de refuerzos que se utiliza para las torres celosía, es con tirantes, idéntico que con las abatibles.

La primera parte del manual trata la instalación de una torre tubular abatible de 12 m de altura. Por extensión podrá utilizar este documento para instalar una torre abatible distinta, o de inferior altura.

La torre se compone de:

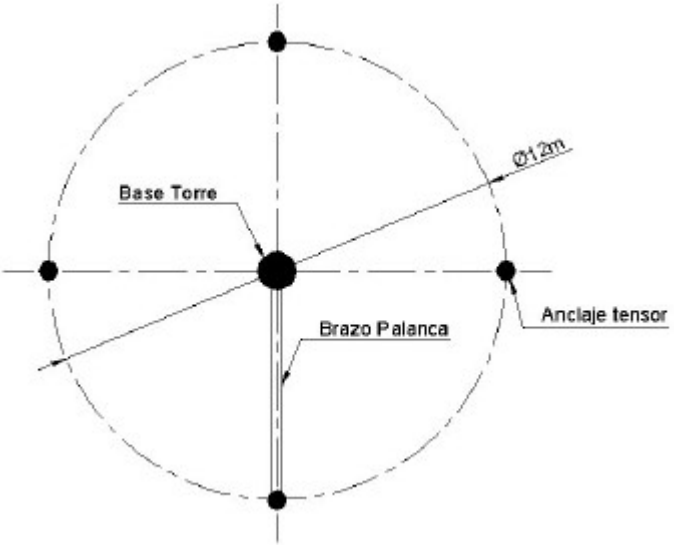
- 2 viguetas de 1,5 m de longitud perforadas,
- varios tramos de tubo de 4” (el número dependerá de la altura total de la torre y de la longitud de los tramos),
- varios tramos de tubo de 3”,
- 8 cables tensores de 6 - 8 mm de diámetro (8 mm a partir del modelo *Inclin 3000*) y distintas longitudes (en función de la altura de la torre),
- 4 clavos de anclaje,
- brazo palanca (tubo de 3” de 6 m de longitud),
- pletina sujeción del aerogenerador a la torre.

Podemos instalar este tipo de torres en pendientes y terrenos irregulares, pero es preferible y más sencillo hacerlo en terrenos planos.

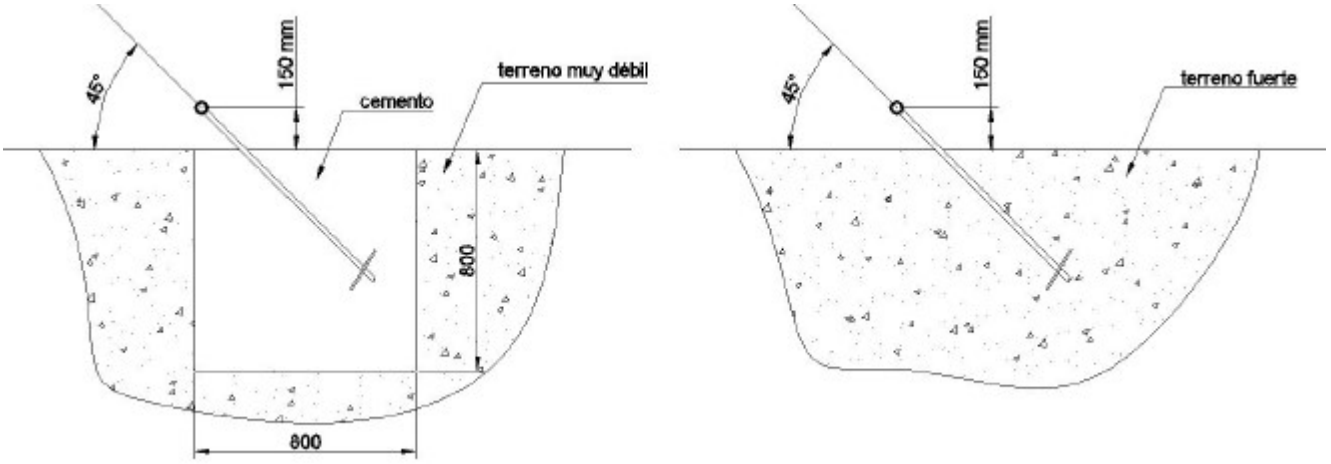
Puntos y tipos de anclajes

En primer lugar asegúrese que se encuentra lejos de cualquier tendido eléctrico. Localice el punto exacto donde se instalará la torre y marque, como se indica en la figura siguiente, el punto de anclaje de los tensores.

En una pendiente, prevenga que el brazo de palanca, al bajar, quede aguas abajo y los anclajes laterales al mismo nivel.



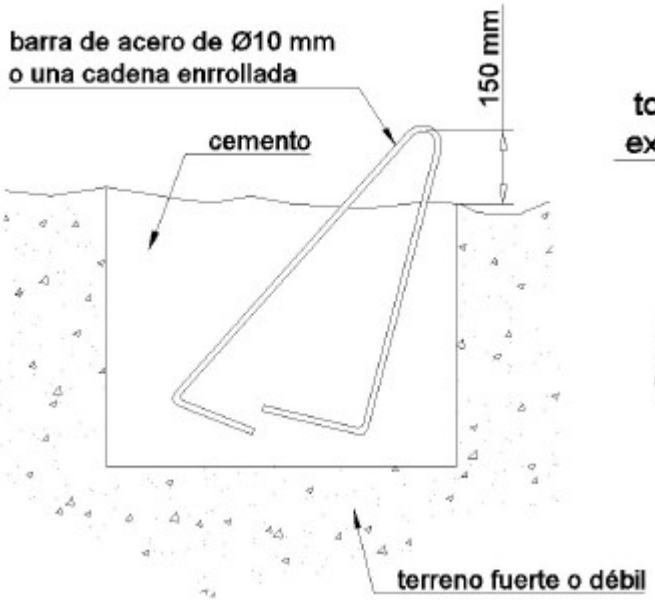
Una vez marcados todos los puntos de agarre, instale los anclajes mirando hacia la torre y como se indica en la siguiente figura.



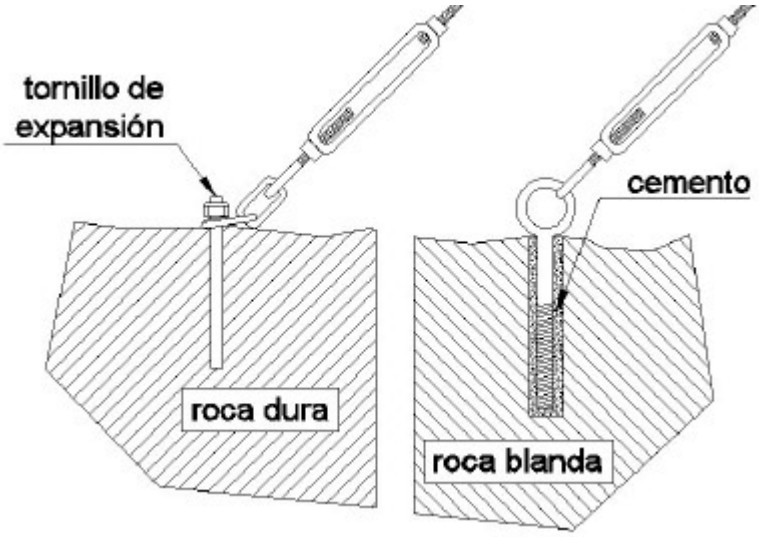
En el caso de que el terreno sea demasiado débil es necesaria la utilización de cimentaciones. Pero si la instalación se realiza sobre un terreno firme, se puede prescindir de ellas y anclar directamente el clavo sobre el terreno. En el mercado existen distintos tipos de clavos con este fin.

En ocasiones el suelo donde se quiere instalar la torre hay rocas de gran tamaño o es simplemente roca. Para ello existe un tipo de anclaje específico. En el caso de roca dura (como granito, basalto y roca que no rompa con facilidad) se utilizan los tornillos de expansión. Para su instalación se perfora la roca con la ayuda de una broca de diámetro 10 mm y 100 mm de profundidad. Se instala el tornillo en la roca con algún elemento que sirva de enganche, como por ejemplo un par de eslabones de cadena. Existen distintos tipos de tornillos de expansión, y cada fabricante tiene su propio sistema de instalación.

En el caso de que la roca del terreno sea roca blanda, no es aconsejable el uso de tornillos de expansión, dado que la roca puede romper con el uso de este tipo de fijación. Para ello se debe usar un tornillo convencional anclado con cemento. Para su instalación perfore la roca con diámetro de 25 mm y 200 mm de profundidad. Introduzca el cemento en primer lugar, y con una pajita asegúrese que se rellena el agujero en su totalidad y no quedan burbujas de aire atrapadas en el cemento. Instale en último lugar el tornillo en el agujero.



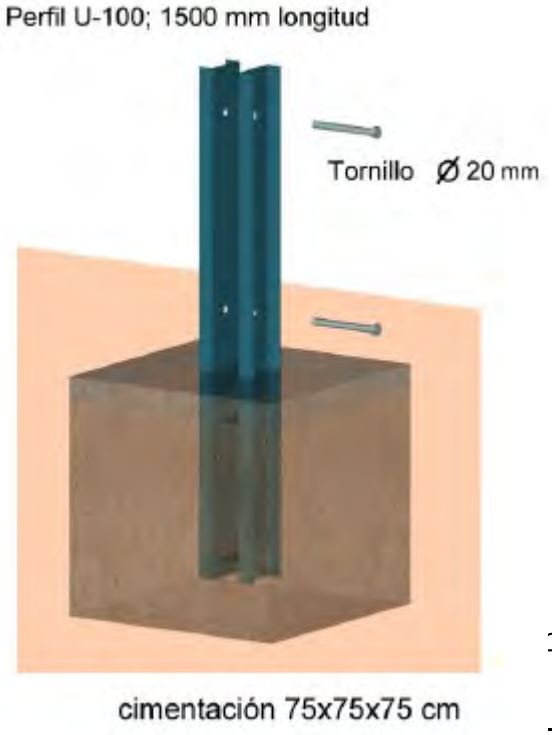
Anclaje de fácil fabricación



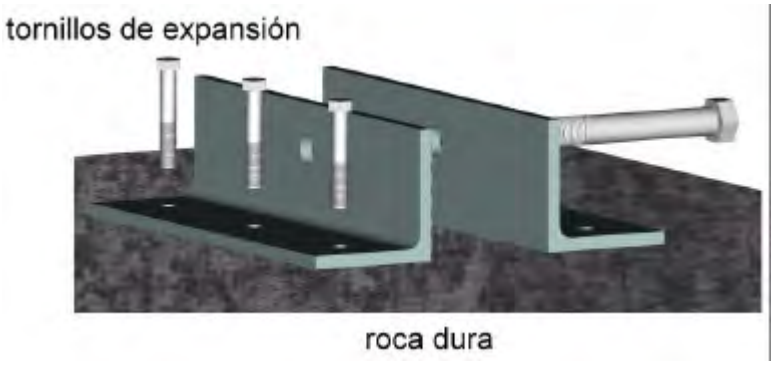
Tipos de anclaje para roca blanda y dura

Existen varios tipos de anclajes para la torre, puede utilizar la que más le convenga según el tipo de terreno o más fácil le sea su construcción.

La base que le presentamos en este manual requiere una cimentación 750x750x750 cm, pero existen otros sistemas de agarre de la base al suelo, y una vez más, como en el caso de los anclajes, el sistema más apropiado en su caso dependerá del tipo de terreno y la facilidad de construcción.



Cimentación para terrenos débiles

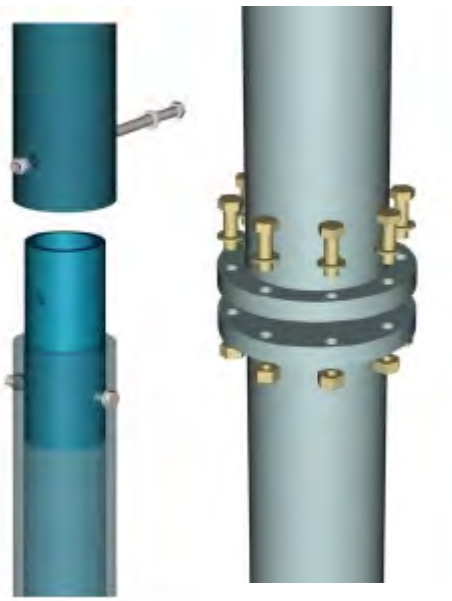


Anclaje sobre roca

Preparaciones antes del izado

Una vez la base de la torre y los anclajes de los tensores estén instalados se procederá al ensamblaje de los distintos tramos que conforman la altura total de la torre, incluyendo el adaptador para el aerogenerador, y finalmente, con el tornillo superior únicamente, a la base de la torre.

Existen distintas maneras de unir los tramos de tubo:



El primer caso destaca por su sencillez. El segundo caso nos asegura una mayor rigidez del conjunto, pero dado que la torre será atirantada ambos casos serán soluciones viables para realizar su función.

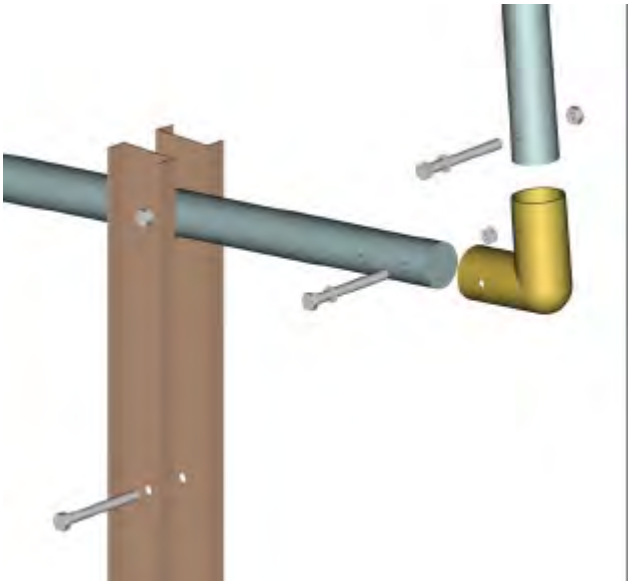
ATENCIÓN:

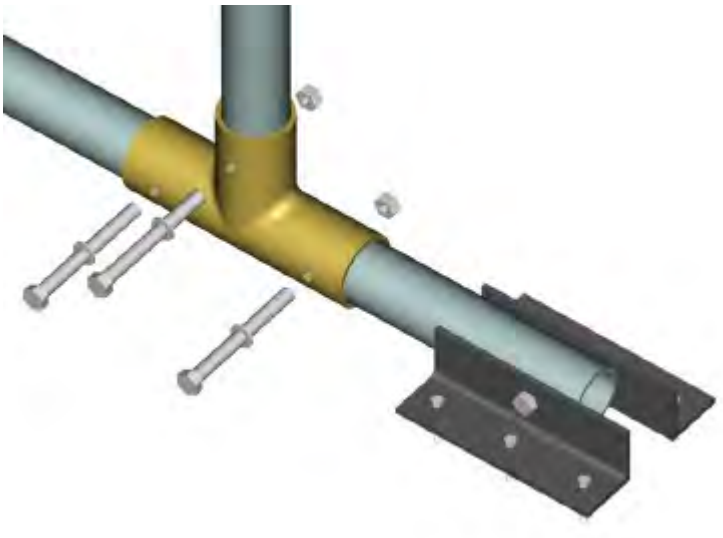
En la segunda opción, asegúrese que al soldar la pletina al tubo, lo hace perfectamente perpendicular para asegurar que la torre quede totalmente recta.

PRECAUCIÓN:

Los tubos de fontanería se fabrican con roscas. No una los tubos simplemente con la rosca puesto que la disminución de sección en la rosca debilita la resistencia en su sección.

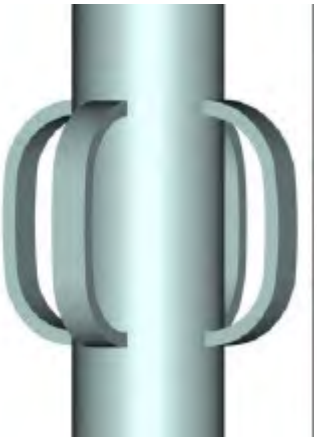
Para la unir el brazo palanca a la base de la torre existen también diversos métodos. El más sencillo sea quizás un codo de fontanería. También en este caso es arriesgado roscar solamente el tubo al codo; hágalo como en las siguientes figuras.





La siguiente preparación es la de los tensores. Desenrolle los cables y coloque cada cable en su posición. Una firmemente los extremos de los cables a la torre. Si su colocación es correcta, cuatro de los ocho cables serán paralelos a la torre, y la línea imaginaria que une los dos otros puntos de anclaje y la torre deberá formar un ángulo de noventa grados.

La unión de los tirantes a la torre puede realizarse de distintos modos. A modo de ejemplo le presentamos estas dos soluciones. La primera consiste simplemente en soldar en la torre cuatro barras de acero dobladas. La segunda opción consiste en atornillar unas chapas angulares perforadas a la torre.



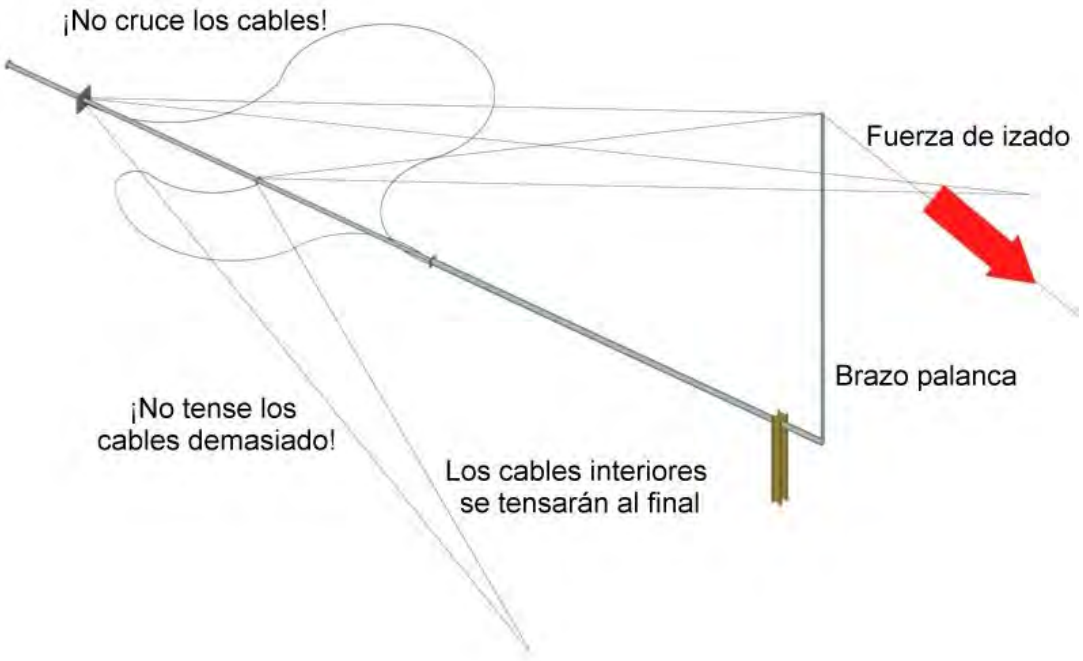
Realice la unión del grupo de cables que sujetarán la parte más alta de la torre a los clavos de anclaje con excepción del cable que se encuentra en el lado del brazo palanca. Este cable, del que tiraremos para elevar la torre, irá sujeto en su parte superior. El grupo inferior puede ponerse en su correspondiente posición, pero se afirmará a los anclajes una vez la torre se encuentre en su posición final.

ATENCIÓN:
Tenga en cuenta que las longitudes de los cables en este momento puede no ser la adecuada. Tendremos que reajustarlas para que cada cable soporte la misma tensión.

PRECAUCIÓN:
En el caso de realizar las erecciones en terrenos desnivelados, deberemos prestar especial atención a este problema y ajustar sus longitudes a medida que se vaya izando.

Antes de colocar la última pieza, el brazo palanca en la base de la torre, se deberá unir en su extremidad superior el cable del que tiraremos para izar la torre.

Para izar la torre es altamente recomendable el uso de un manubrio con autobloqueo. La fuerza que hay que realizar para elevar la torre junto con un aerogenerador de 40 kg es aproximadamente 300 kg. Un manubrio permite además progresar en la instalación de una manera segura, lenta y controlada.



Es realmente importante conectar a tierra la torre antes de izarla. La conexión a tierra protege su instalación de posibles impactos de rayos y de los efectos de la electricidad estática. La puesta a tierra no garantiza en todos los casos que su aerogenerador sobreviva al impacto de un rayo, pero en el peor de los casos reducirá sus efectos.

Para conectar a tierra su torre, entierre un cable de cobre de 3 a 4 m cerca de la base de la torre y conéctelo con un cable a la base de la torre.

Procedimiento de izado

Una vez realizadas las preparaciones, se procederá a una primera erección de la torre sin el aerogenerador, para el ajuste de los tensores, nivelado de la torre y verificación del funcionamiento del sistema.

Empiece a elevar la torre. Hágalo poco a poco y verificando que los cables laterales tienen una tensión similar. Es normal que un cable esté ligeramente más tenso que el otro, pero si la diferencia es excesiva, regule las longitudes de los cables para igualarla. Si el cable está demasiado tenso puede ocurrir un fallo y caer la torre. Podrá comprobar que la tensión no es excesiva si el cable está ligeramente curvado.

Al finalizar el izado de la torre, inserte el tornillo inferior para evitar que la torre se mueva y tense todos cables asegurándose que esté perfectamente vertical con la ayuda de un nivel. En este momento todos sus tensores tendrán la longitud necesaria para que la torre quede en su posición de trabajo. Baje la torre siguiendo el procedimiento de izado en orden inverso. Bájela lentamente y controlando los movimientos del conjunto en todo momento.

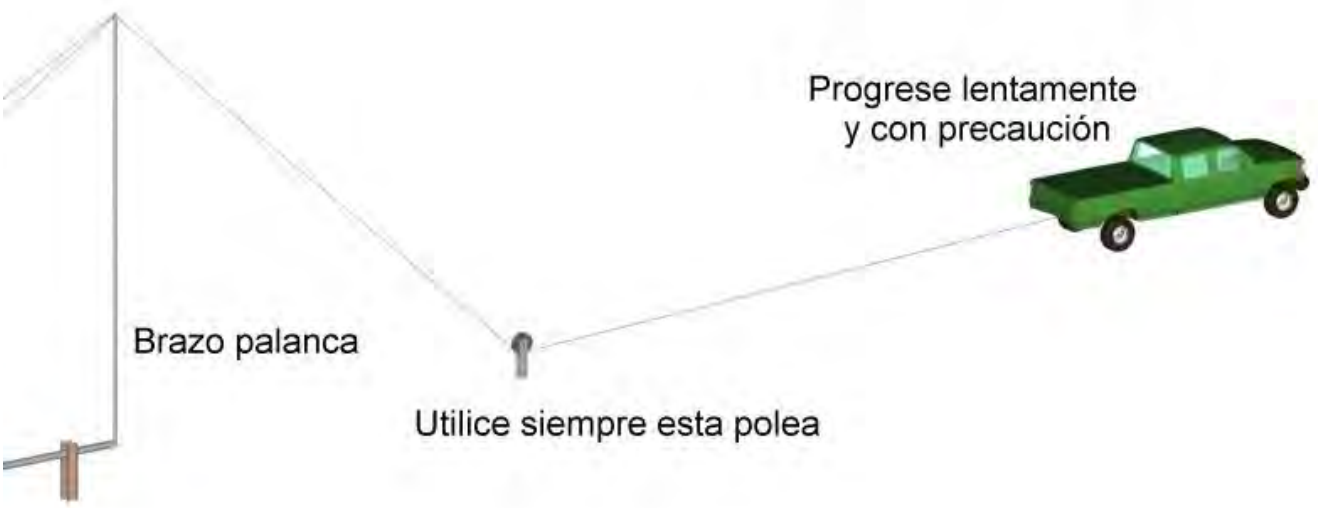
Cuando el extremo superior de la torre quede a un metro y medio del suelo déjela descansar sobre unos soportes estables. Esto le permitirá la fácil instalación del aerogenerador sobre su soporte. Una vez instalado vuelva a izar la torre. Los dos extremos del brazo palanca se deberán unir a su correspondiente anclaje. Inmovilice el brazo tensor en primer lugar con el cable del que hemos tirado para erigir la torre y a continuación asegure en el cable más largo, el exterior, y finalmente el interior. Compruebe una última vez que la torre queda totalmente perpendicular.

ATENCIÓN:
El izado de una torre es un trabajo peligroso; trabaje lentamente controlando la situación en todo momento. Es aconsejable contar con ayudantes para esta operación, y muy importante que haya una buena comunicación y asignación de trabajos previa entre los trabajadores.

PRECAUCIÓN:
No permita que nadie trabaje bajo la torre cuando se esté izando o hasta que esté perfectamente asegurada con los tensores.

Nota: El brazo palanca no tiene ninguna función desde el momento en que la totalidad de los cables están tensos. Podemos quitarlo o dejarlo en su posición unido al anclaje más cercano para evitar que quede suelto y pueda presentar un peligro potencial.

Si carece de un manubrio autobloqueo y puede acceder con un vehículo (como un coche, un tractor, etc.) hasta el lugar donde se ubicará la torre, puede elevarla usando el vehículo para tirar del cable de izado.



Partiendo del punto donde hemos hecho todas las preparaciones, coloque una polea en el suelo, como figura en el gráfico superior. La polea debe estar a una distancia superior a la del brazo palanca de la base de la torre.

ATENCIÓN:
En un cable correctamente tensado formará una ligera curva.

PRECAUCIÓN:
Extreme la precaución al final del recorrido de la torre, si continuase avanzando, el tirante trasero podría ceder y tumbar la torre.

Precauciones

- No trepe por la torre.
- No ice la torre cerca de tendidos eléctricos.
- No permita que nadie ajeno al equipo de izado de la torre, penetre en ningún momento en el diámetro de acción de la torre.
- Utilice los materiales y herramientas adecuadas.
- Al izar la torre compruebe periódicamente la tensión de los cables. No permita ni que estén demasiado tensos, ni demasiado flojos.
- Compruebe con especial atención la correcta instalación del cable que sujeta la torre por la parte posterior de la torre. Este cable evitará que la torre caiga hacia el lado desde donde tiramos si pasa de la vertical.
- Trabaje con calma y asegure una buena comunicación entre el equipo de trabajadores.
- Conecte la torre a tierra para proteger su instalación contra los efectos de la electricidad estática y posibles impactos de rayos.
- Antes de elevar la torre con el aerogenerador, hágalo, al menos una vez, con la torre únicamente para comprobar que todo funciona perfectamente y hacer los reglajes oportunos.

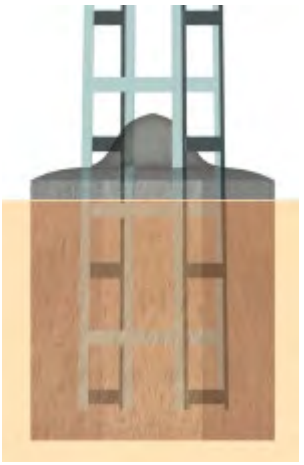
Las torres auto soportadas

Otro tipo de torres muy utilizadas son las torres auto soportadas. La característica principal de estas torres es, como su nombre indica, que se soportan ellas mismas; no necesitan tirantes para asegurar que la torre no caiga. Son torres más robustas y pesadas que las abatibles, pero tienen el inconveniente de ser más caras y necesitar una grúa para su instalación. Existen distintos fabricantes, pero todos ellos se rigen por la misma normativa para su construcción.

Para la instalación de aerogeneradores, el tipo de torre auto soportada utilizada por J.Bornay es la torre de presilla serie "P". Dentro de esta serie encontramos distintas combinaciones de tramos en función de la longitud total de la torre, así como tres modelos distintos en función a los esfuerzos a los que estará sometida. En el anexo encontrará una tabla con los modelos disponibles y sus características físicas y mecánicas.

- La torre *P-400* se utiliza para los modelos: **Inclin 250**, **600** y **1500**.
- La torre *P-750* soporta perfectamente los modelos **Inclin 3000** y **6000**; Puede ser utilizada también en zonas de fuertes vientos para el **Inclin 1500**.
- La torre *P-1250* es para el aerogenerador más grande de la gama Inclin, el **BK-12** y para el **Inclin 6000** en zonas de fuertes vientos.

Las torres auto soportadas, necesariamente, deberán ser fijadas con cimentaciones; en el anexo encontrará una tabla con las dimensiones de la cimentación necesaria en función con el tipo de terreno y su altura.



PRECAUCIÓN:

Conecte a tierra la torre para protegerla de la electricidad estática y posibles impactos de rayos.

Para instalar el aerogenerador sobre la torre, necesitará un adaptador que permita que las hélices giren sin peligro de golpear la torre. Instale el aerogenerador una vez el adaptador y la torre hayan sido instalados. Puede subirlo a su posición usando la grúa después de haber erigido la torre, o bien utilizando una polea, como se muestra en la figura.

ATENCIÓN:

Es conveniente utilizar el segundo sistema para poder subir y bajar en cualquier momento el molino sin depender de una grúa.

PRECAUCIÓN:

Para estas operaciones necesitará subir a lo alto de la torre, **utilice arneses de seguridad**.

Anexos

- La tabla Beaufort es la referencia internacional que clasifica y define cada tipo de viento en función de su velocidad.

FUERZA	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Denominación
0	0 - 0.5	0 - 1	Calma
1	0.6 - 1.7	2 - 6	Ventolina
2	1.8 - 3.3	7 - 12	Suave
3	3.4 - 5.2	13 - 18	Leve
4	5.3 - 7.4	19 - 26	Moderado
5	5.7 - 9.8	27 - 35	Regular
6	9.9 - 10.4	36 - 44	Fuerte
7	12.5 - 15.2	45 - 54	Muy fuerte
8	15.3 - 18.2	55 - 65	Temporal
9	18.3 - 21.5	66 - 77	Temporal fuerte
10	21.6 - 25.1	78 - 90	Temporal muy fuerte
11	25.2 - 29	91 - 104	Tempestad
12	Más de 29	Más de 104	Huracán

- En la siguiente tabla encontrará las presiones en kg que ejerce el viento en función de su velocidad y el modelo de su aerogenerador **J.BORNAY**.

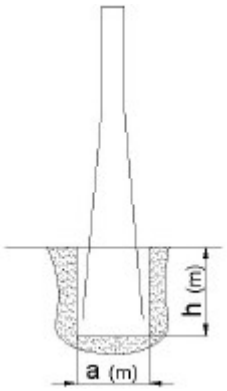
Aerogenerador / V viento (m/s)	**3**	**5**	**7**	**11**	**13**	**15**	**55***
Inclin 250	*0,683*	*1,898*	*3,721*	*9,188*	*12,833*	*17,086*	*229,711*
Inclin 600	*1,500*	*4,167*	*8,167*	*20,167*	*28,167*	*37,500*	*504,167*
Inclin 1500 neo	*3,067*	*8,520*	*16,700*	*41,239*	*57,598*	*76,684*	*1030,970*
Inclin 3000 neo	*6,000*	*16,667*	*32,667*	*80,667*	*112,667*	*150,000*	*2016,667*
Inclin 6000 neo	*6,000*	*16,667*	*32,667*	*80,667*	*112,667*	*150,000*	*2016,667*

***** En caso de que el aerogenerador no se inclinase.

- En la siguiente tabla encontrará las características de las torres auto soportadas de tipo presilla “P” clasificadas en tres modelos disponibles:

Tipo de apoyo	Altura total (m)	Características mecánicas		Dimensiones		Peso total (kg)
		Esfuerzo nominal	Esfuerzo útil en punta con viento CS 1,5	Cabeza (mm)	Base (mm)	
P-400	12	408	408	320	620	226
	14				687	271
	16				754	334
	18				821	387
	20				888	446
P-750	12	765	765	320	620	270
	14				687	334
	16				756	409
	18				821	480
	20				888	552
P-1250	12	1275	1275	320	620	429
	14				687	533
	16				756	650
	18				821	765
	20				888	877

- En la siguiente tabla encontrará las dimensiones de la cimentación necesaria para el tipo de torre que haya elegido para su aerogenerador;



Tipo terreno		P-400					P-750					P-1250				
		12	14	16	18	20	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
FLOJO K = 8	h	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3
	a	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
NORMAL K = 12	h	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0
	a	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5
ROCOSO K = 16	h	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9
	a	0,8	3,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5

Nota: K (kg/cm^2)

ATENCIÓN:

La parte visible de la cimentación debe tener una pequeña inclinación para evitar que el agua de lluvia quede sobre la cimentación y pueda oxidar la torre.

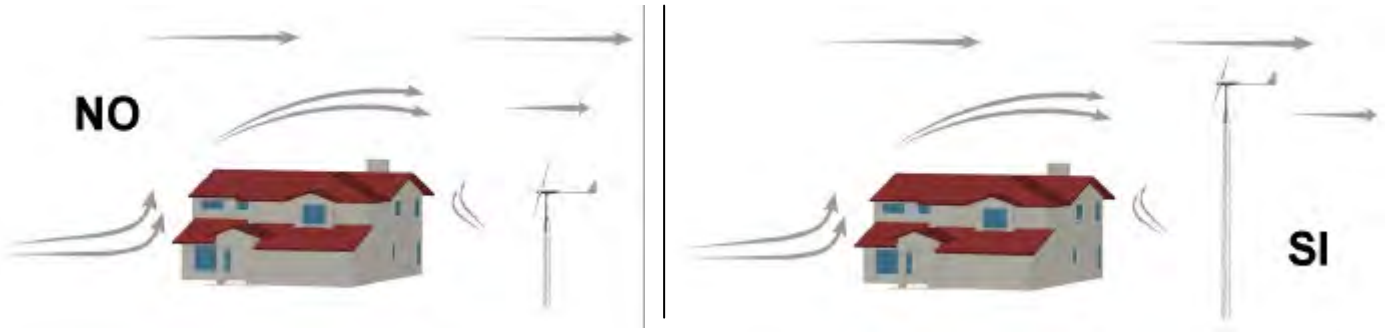
Si desea ampliar su instalación, o simplemente tiene alguna duda, no dude en ponerse en contacto con nuestra empresa:

Juan y David Bornay, S.L.
Paraje Ameradors, s/n
P.O. Box 116
E-03420 Castalla (Alicante)
España

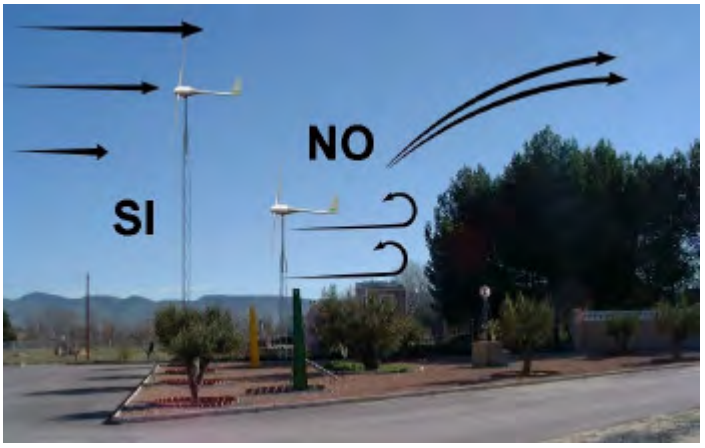
Telf: (+34) 96 556 0025
Fax: (+34) 96 556 0752

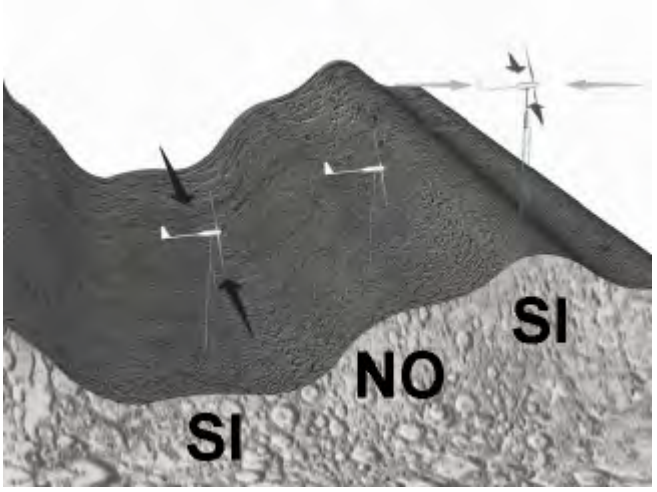
bornay@bornay.com
www.bornay.com

Influencia de obstáculos en el aerogenerador



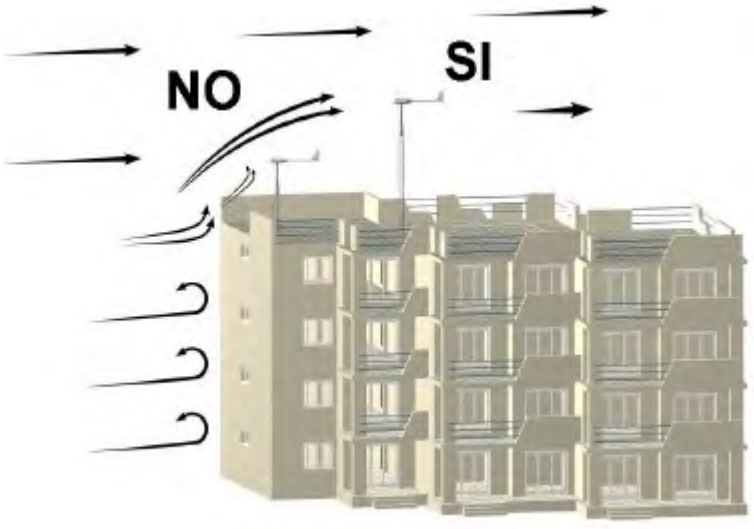
Como ya hemos visto anteriormente, el viento, al tropezar con obstáculos que encuentra en su camino, se frena y produce turbulencias. Un aerogenerador instalado en un lugar inadecuado se verá perjudicado por turbulencias y vientos flojos.

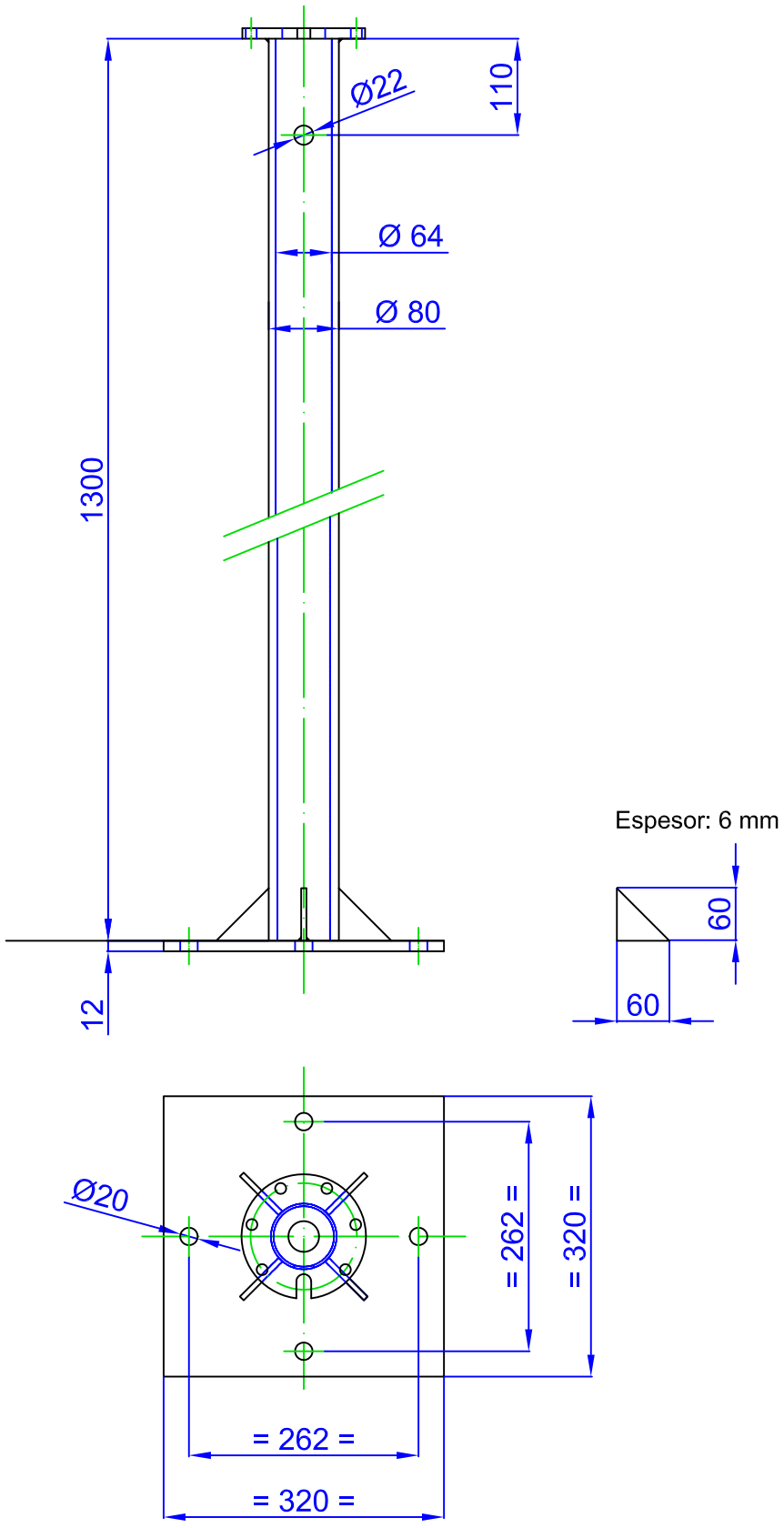




Para evitar reducir el rendimiento de su aerogenerador, instálelo lo más alejado posible del obstáculo y sobre una torre que eleve el molino por encima de este.

En el caso de encontrarse en un valle, instale su aerogenerador en la parte más baje, donde el viento se encuentra canalizado, o mejor, en la parte más alta, donde el aerogenerador será susceptible de captar el viento de cualquier dirección.





ACOPLE TORRE

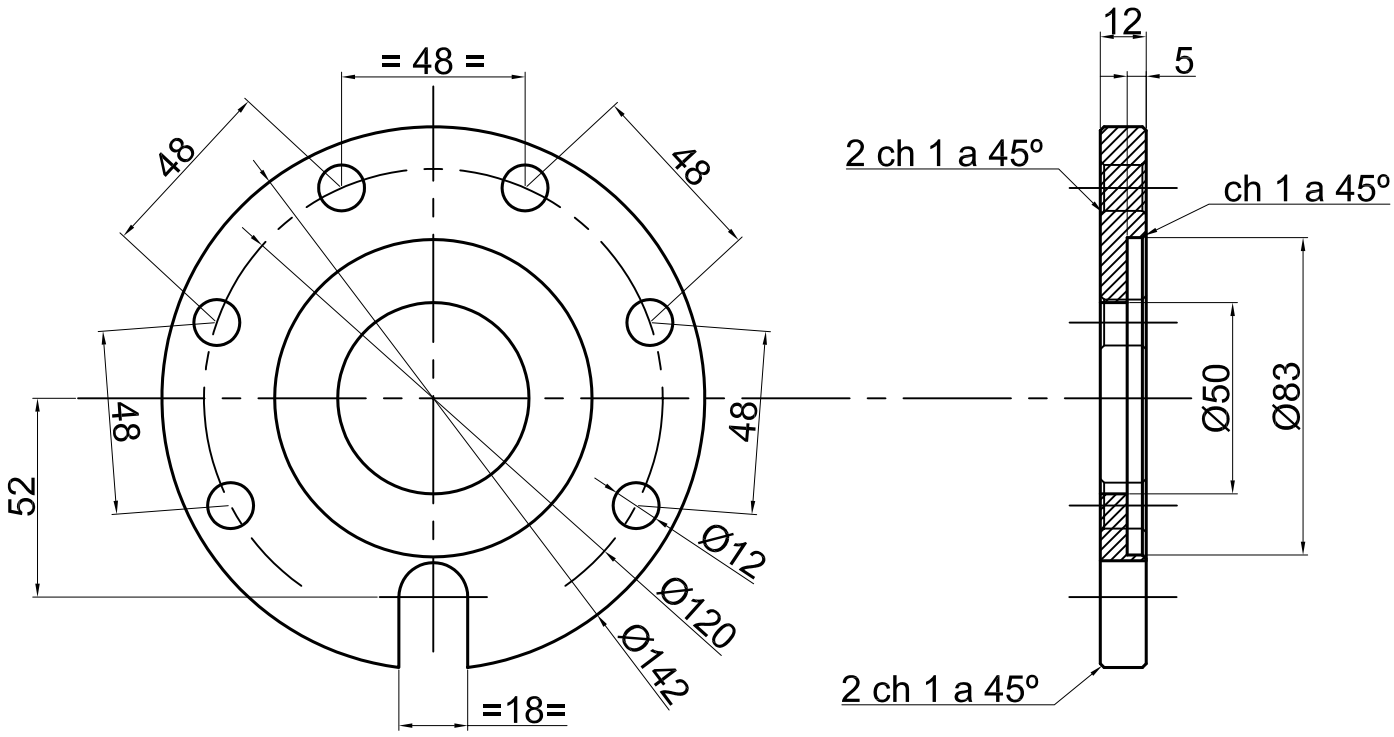
Bornay Aerogeneradores S.L.U
Polígono Industrial. Riu
Camino del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante)
www.bornay.com

9/09/2009	Dibujado por:	Rafael Juan Claverías	
10/09/2009	Revisado por:	Ramón Cerdá Mira	
Escala: 1/8	Material:	Barra ST-52 80 x 64 Placa Oxicorte 320 x 320 x 12 Pletina negra 60 x 6	

Esta información es confidencial, propiedad de Aerogeneradores Bornay S.L.U.
Prohibida su reproducción y/o distribución sin autorización del propietario.

Ref:

Plano:



PLETINA FIJACIÓN TORRE

Bornay Aerogeneradores S.L.U
Polígono Industrial. Riu
Camino del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante)
www.bornay.com

9/09/2009	Dibujado por:	Rafael Juan Claverías	
10/09/2009	Revisado por:	Ramón Cerdá Mira	
Escala: 1/2	Material:	Oxicorte 12 mm	

Esta información es confidencial, propiedad de Aerogeneradores Bornay S.L.U.
Prohibida su reproducción y/o distribución sin autorización del propietario.

Ref:

Plano: