



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Guía para el cálculo de la cimentación de una grúa torre

Apellidos, nombre	Oliver Faubel, Inmaculada (inolfau@csa.upv.es) Fuentes Giner, Begoña (bfuentes@csa.upv.es) Rodríguez Abad, Isabel (isrodab@upvnet.upv.es)
Departamento	Construcciones Arquitectónicas
Centro	ETSIE. Universitat Politècnica de València



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



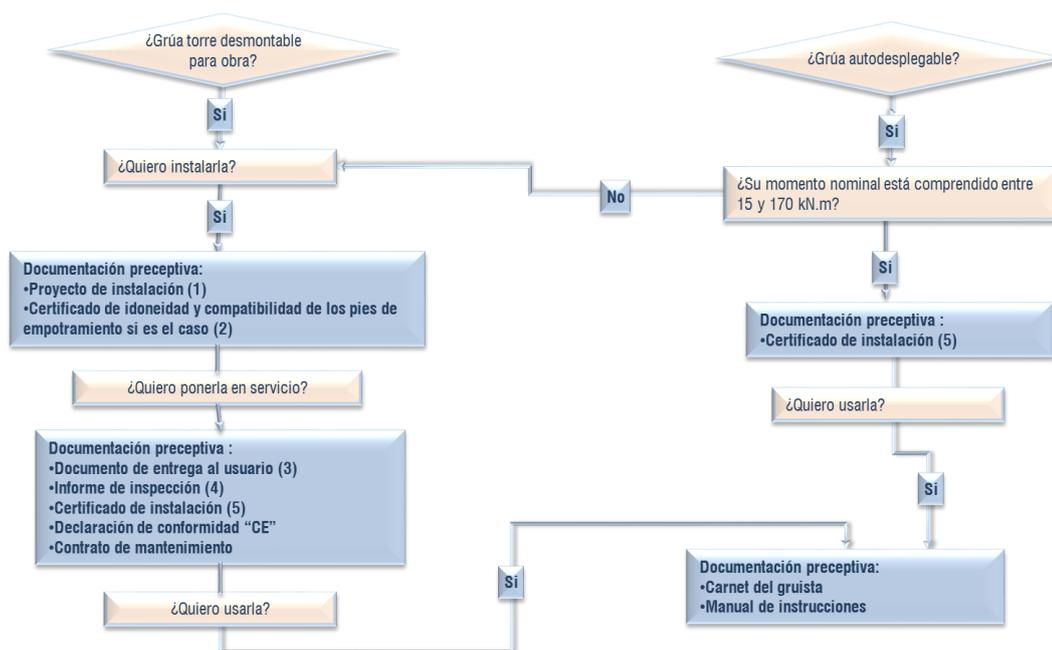
1 Introducción

Una grúa torre es una grúa pluma orientable en la que el soporte giratorio de la pluma se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa.

Se le llama grúa torre desmontable para obra si es de instalación temporal, concebida para su utilización en las obras de construcción, diseñada para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos por lo que podrá despiezarse habitualmente en elementos de fácil transporte sobre ferrocarril o vehículo de carretera, tanto por su masa como por su volumen.

Por otra parte se le llama grúa torre autodesplegable si se monta sobre la parte superior de una torre vertical orientable donde su parte inferior se une a la base de la grúa a través de un soporte giratorio y que está provista de los accesorios necesarios para permitir un rápido plegado y desplegado de la torre y pluma

Según la ITC MIE-AEM2¹ la instalación de una grúa torre, desmontable para obra o autodesplegable, pero con un momento nominal superior a 15 kN·m, requiere la



redacción de un **Proyecto de Instalación**.

Gráfico 1. Grúa torre de $M_n > 15 \text{ kN}\cdot\text{m}$. Documentación para la incorporación a obra

¹ ITC MIE-AEM2: Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre desmontables para obras



Para el caso concreto de una grúa torre desmontable para obra, y si esta se va a montar empotrada, dicho proyecto incluirá necesariamente el **dimensionado de la zapata de cimentación de la grúa**.

2 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este artículo, será capaz de:

- Analizar las consideraciones previas a tener en cuenta previo al cálculo de la cimentación de una grúa torre.
- Dimensionar la zapata de cimentación de una grúa torre desmontable para obra.
- Valorar la idoneidad de los resultados obtenidos.

3 Consideraciones normativas

La ITC MIE_AEM2 en su artículo 7 dice:

La instalación de los aparatos incluidos en esta ITC requiere la presentación de un proyecto ante el órgano competente de la Administración Pública, suscrito por técnico competente, visado por el Colegio Oficial al que pertenezca. El procedimiento será el fijado por el Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, sobre liberalización industrial y Orden de 19 de diciembre de 1980, que lo desarrolla.

Continúa especificando el contenido mínimo que ha de incluir dicho proyecto. Se puede observar que en dicho listado la ITC no indica expresamente que el proyecto deba contener el cálculo, dimensionado y especificaciones de construcción de la cimentación de dicha grúa torre². Pero sí que dicho listado es de contenidos mínimos.

4 Consideraciones formales: tipos de base para una grúa torre

No todas las GTs necesitan de una zapata. La necesidad o no de cimentación de una GT dependerá de la ubicación de la misma con respecto al solar y/o al edificio a construir. En función del emplazamiento de la GT en la obra, esta se podrá montar empotrada o necesariamente apoyada y lastrada.

La base de la GT:

- Es la que proporciona la estabilidad de la grúa torre
- Es el punto de absorción del momento de vuelco
- Puede presentar distintas formas según el **emplazamiento** de la GT

Para decidir el emplazamiento de una GT se deberá partir de la siguiente premisa: la GT debe barrer toda la obra, esto es, el edificio a ejecutar, la zona de acopios y

² Grúa torre, en adelante GT

las zonas de carga y descarga de los vehículos de suministro de materiales a obra. Si esto no es factible con un solo equipo, se estudiará la posibilidad de instalar dos o más grúa, o bien utilizar otros equipos de elevación de cargas como equipos de apoyo a la GT.

Así los posibles emplazamientos en una obra serán:

1. Preferiblemente, fuera del edificio a ejecutar, pero dentro del recinto vallado de la obra
2. Si no es posible fuera, deberá instalarse dentro del edificio a ejecutar. Se hará coincidir el emplazamiento con una zona de patio de luces o similar, es decir, que suponga un hueco previsto en proyecto y pasante en la mayor parte de los niveles de la estructura del edificio
3. Si siendo necesario instalarla dentro del edificio a ejecutar, no hay previsto en proyecto ese hueco pasante, se deberá dejar parte de la estructura sin ejecutar. Es decir, dejar un hueco en todos los niveles de la estructura horizontal hasta el desmontaje de la GT. Por criterios de economía este hueco se dejará lo más centrado posible a la zona que se desea abarcar con la grúa a montar

Como se decía más arriba, la base de la GT presentará distintas formas según su emplazamiento (Fig. 1):

1. Base apoyada y lastrada si la GT se ubica fuera del edificio a construida pero dentro del recinto de la obra. Las dimensiones del lastre necesario para garantizar la estabilidad de la grúa en servicio lo facilitará el fabricante de la misma en su ficha técnica

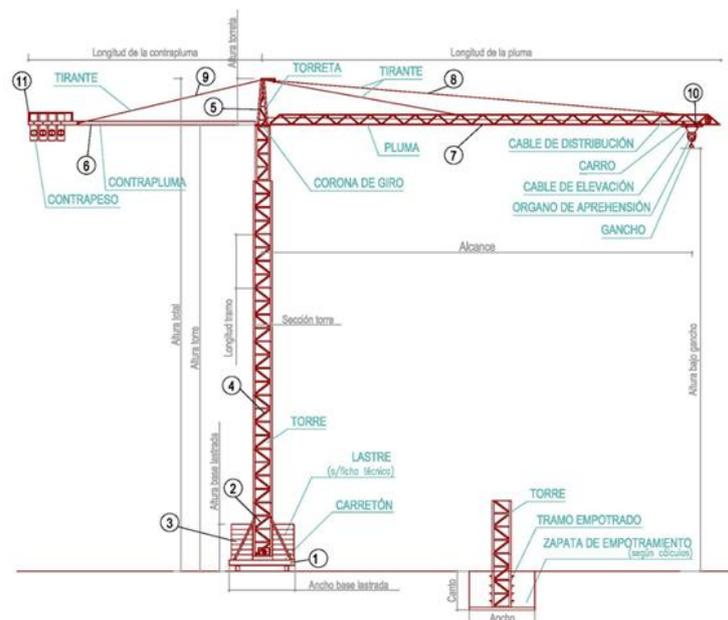


Figura 1. Partes de una GT desmontable para obra



2. Base empotrada si se ubica en el interior de la zona ocupada por el edificio a construir. En este caso la zapata de cimentación necesita ser calculada por el técnico que redacta el Proyecto de Instalación de la GT. Deberá pues incluir en ese proyecto la memoria descriptiva del elemento, la de cálculo, el dimensionado final y las especificaciones necesarias para su construcción

5 Consideraciones de cálculo³

5.1 Programación temporal de la construcción de la cimentación

La cimentación de la GT se construirá a la misma cota que la cimentación del edificio a construir.

Es una buena práctica intentar que la cimentación de la GT se pueda construir de manera independiente a la cimentación del edificio. De esa manera aquella se podrá montar, instalar y poner en servicio lo antes posible tras el comienzo de la obra, o bien en cuanto el movimiento de tierras necesario para llegar a la cota de cimentación lo permita. O lo que es lo mismo, la cimentación del edificio podrá construirse toda ella o la mayor parte haciendo uso ya de este equipo de elevación de cargas.

5.2 Pre-dimensionado y estado de cargas



Figura 2. Pre dimensionado / ubicación de la cimentación de la GT

³ Se va a explicar con un ejemplo



La zapata de cimentación de una GT se pre-dimensionará **cuadrada** ($a \times a$)

El valor del parámetro "**a**" será:

- el que haga posible construir la zapata de la grúa de manera independiente a la cimentación del edificio en el caso de que la cimentación del edificio este prevista con zapatas asiladas, (Fig. 2), o
- aleatorio a criterio del técnico calculista, en el caso de que dicha cimentación este previsto resolverla mediante una losa de cimentación

En este ejemplo el **pre-dimensionado de "a"** es:

$$a = 3,80\text{m}$$

El **estado de cargas**, esto es, el peso de la grúa y la carga máxima de servicio de la misma, vendrá dado por la ficha técnica del fabricante tras la elección del modelo.

Grúa modelo XXX Marca YYYYY (datos de ficha técnica fabricante)

✓ Longitud de la contrapluma:	$L_{cp} = 9,00 \text{ m}$
✓ Longitud de la pluma:	$L_p = 37,00 \text{ m}$
✓ Alcance máximo:	$A_{max} = 35,90 \text{ m}$
✓ Altura total de la grúa:	$H_{total} = 30 \text{ m}$
✓ Sección de la torre:	$e = 1,00 \text{ m}$
✓ Peso del contrapeso:	$P_c = 5,90 \text{ Tn}$
✓ Peso de la grúa en construcción:	$P_{gc} = 17 \text{ Tn}$
✓ Peso del lastre:	$P_l = 34,80 \text{ Tn}$
✓ Carga máxima:	$P_{qmax} = 4 \text{ Tn}$
✓ Carga en punta:	$P_q = 2 \text{ Tn}$

La **tensión admisible del terreno** de cimentación será un dato a obtener del **estudio geotécnico** (EG) que se habrá elaborado con anterioridad al proyecto de ejecución del edificio para cuya construcción se montará la grúa.

$$T_{adm} = 0,20 \text{ Mpa}$$

La **acción del viento** para la que la grúa ha de ser estable, la determina la ITC MIE-AEM2.

$$V_{viento} = 72 \text{ km/h}$$

5.3 Cálculo del canto de la zapata

a) Planteamos la expresión de la tensión máxima:

$$T_{max} = N_{max} / \Omega \pm M_{max} / W_x \quad (1)$$

siendo:

$$N_{max} = \text{axil máximo, es decir, considerando la máxima carga (} P_{qmax} \text{)} \quad (2)$$



Mmax = momento más desfavorable (con la grúa descargada actuando únicamente el peso del contrapeso (Pc) (3)

Ω = superficie de lámina en contacto con el terreno (4)

$$\begin{aligned} \mathbf{Wx} : \quad T_{\max} &= Mx / Wx \\ Wx &= lx / y_{\max} & Wx &= bh^2 / 6 \\ lz &= bh^3/12 \end{aligned} \quad (5)$$

b) Calculamos cada miembro:

$$\begin{aligned} \mathbf{N_{\max}} &= Pz + Pgs + Pq_{\max} = (a^2 \times h \times dh) + (Pgc + Pc) + Pq_{\max} = \\ &= (3,802 \times h \times 2,40) + 17 + 5,90 + 4 = 26,90 + 34,66h \end{aligned} \quad (2)$$

$$\mathbf{M_{\max}} = Pc \times Lcp = 5,90 \times 9,00 = 53,10 \text{ mT} \quad (3)$$

$$\mathbf{\Omega} = a \times a = 3,80 \times 3,80 = 14,44 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$\mathbf{Wx} = bh^2/6 = a^3/6 = 3,803 / 6 = 9,14 \text{ m}^3 \quad (5)$$

c) Sustituimos en (1) e igualamos a cero:

$$\mathbf{T_{\max}} = N_{\max} / \Omega \pm M_{\max} / Wx = (26,90 + 34,66 h) / 14,44 \pm 53,10 / 9,14 = 0$$

d) Y despejamos h:

$$h = - 3,20 \text{ m}$$

$$h = +1,65 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 1,65 \text{ m}}$$

5.4 Justificación de que la tensión transmitida por la zapata no supera a la que admite el terreno

a) Comprobamos que se cumple que $T_{\max} \leq T_{adm}$:

$$\begin{aligned} \mathbf{T_{\max}} &= N_{\max} / \Omega \pm M_{\max} / Wx = (26,90 + 34,66 \times 1,65) / 14,44 \pm 53,10 / 9,14 = \\ &5,82 \pm 5,81 & &= 0 \text{ T/m}^2 \\ & & &= 11,63 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

b) Según EG $T_{adm} = 0,20 \text{ Mpa} = 20 \text{ T/m}^2$

$$\mathbf{T_{\max}} = 11,63 \text{ T/m}^2 \leq T_{adm} = 0,20 \text{ Mpa} = 20 \text{ T/m}^2 \quad \mathbf{SE \text{ CUMPLE}}$$

5.5 Justificación de la estabilidad de la grúa en servicio considerando la acción del viento

a) Se deberá cumplir que: $\Sigma M_{vuelco} \leq \Sigma M_{estab}$

$$\text{Según UNE 58121/96:} \quad Cs = \Sigma M_{estab} / \Sigma M_{vuelco} > 1,50$$

$$\mathbf{\Sigma M_{vuelco} \leq \Sigma M_{estab}}$$

$$\mathbf{\Sigma M_{estab}} = [Pc \times (Lcp + a/2)] + [Pgc \times a/2] + [Pz \times a/2] =$$

$$[5,90 \times (9,00 + 3,80/2)] + [17 \times 3,80/2] + [57,18 \times 3,8/2] = 205,25 \text{ mT}$$

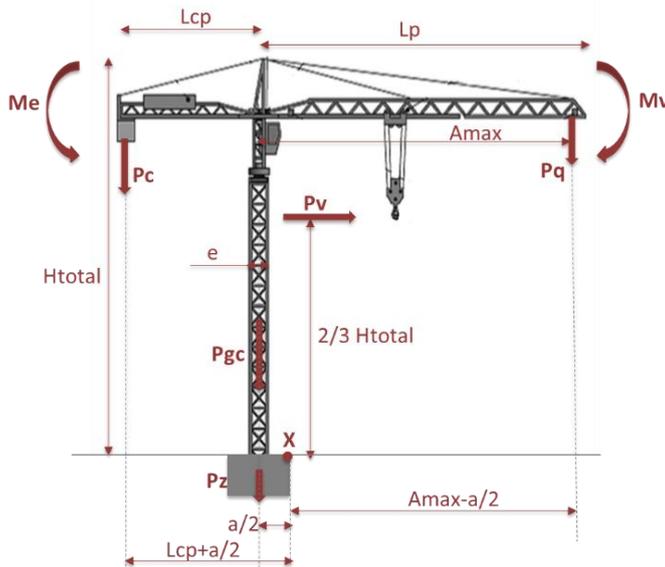
$$\mathbf{\Sigma M_{vuelco}} = [Pq \times (A_{\max} - a/2)] + [Pv \times 2H/3] =$$



$$[2 \times (35,90 - 3,80/2)] + [0,75 \times (30 \times 2/3)] = 83,00 \text{ mT}$$

$$Cs = \Sigma M_{estab} / \Sigma M_{vuelco} = 205,25 / 83 = 2,47 > 1,50$$

SE CUMPLE



Donde $P_v (T)$ es la fuerza del viento aplicada a $2/3$ de la altura total. Se obtiene a partir de la velocidad máxima de viento $V_v (km/h)$, considerando que la presión aerodinámica del viento es:

$$Q_v = (V_v / 14,4)^2 = (72 / 14,4)^2 = 0,025 \text{ t/m}^2$$

y por tanto

$$P_v = Q_v \times H \times e = 0,025 \times 30 \times 1 = 0,75 \text{ T}$$

5.6 Justificación de la estabilidad de la grúa descargada

a) Se deberá cumplir que:

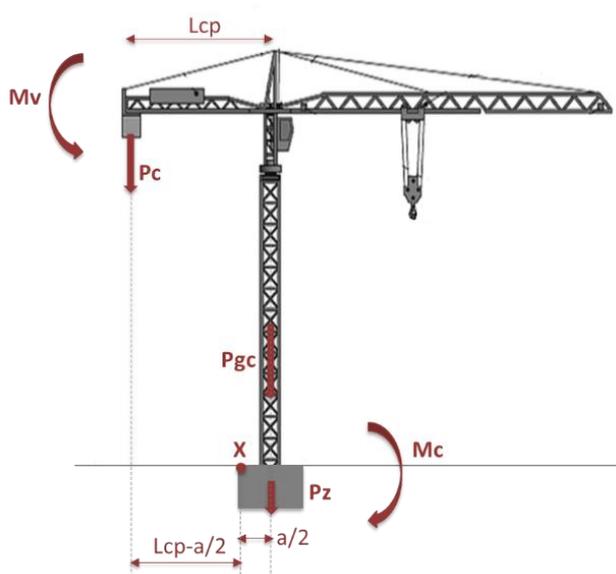
$$\Sigma M_{vuelco} \leq \Sigma M_{cimentación}$$

$$\Sigma M_{vuelco} = P_c \times (L_{cp} - a/2) = 5,90 \times (9,00 - 3,8/2) = 41,89 \text{ mT}$$

$$\Sigma M_{cim} = N \times a/2 = (P_{gc} + P_z) \times a/2 = (17 + 57,18) \times 3,80/2 = 140,95 \text{ mT}$$

$$\Sigma M_{vuelco} = 41,89 \text{ mT} \leq \Sigma M_{cimentación} = 140,95 \text{ mT}$$

SE CUMPLE



Donde N_{max} es ahora el axil transmitido al terreno pero sin considerar ninguna carga de servicio



5.7 Comprobación de la relación cimentación lastre.

No se trata de una comprobación necesaria pero sí que es conveniente.

Se comprobará que

Pzapata \geq Plastre

$$Pz = a \times a \times h \times dh = 3,80 \times 3,80 \times 1,65 \times 2,40 = 57,18 \text{ T}$$

$$Pl = 38,80 \text{ T (según Ficha Técnica del fabricante)}$$

$$Pz = 57,18 \text{ T} \geq Pl = 38,80 \text{ T}$$

SE CUMPLE

6 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos analizado todo aquello que condiciona el tipo de base de una grúa torre para una obra de edificación.

Hemos procedido posteriormente a determinar el estado de cargas para poder calcular las dimensiones de la zapata de cimentación de una grúa torre empotrada utilizando la expresión de la Tensión máxima para estos elementos estructurales y condicionando el resultado final a no superar, claro está, la tensión admisible del terreno en el que se va a cimentar el equipo.

Para dar definitivamente por bueno el resultado, hemos realizado una serie de comprobaciones del comportamiento de la grúa y su cimentación frente a la acción del viento y en el caso de que la grúa esté descargada, situación más desfavorable.

7 Bibliografía

[1] Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

[2] Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.

[3] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. DB-SE-AE