



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*GRÚA PORTUARIA PARA ELEVACIÓN DE  
EMBARCACIONES*

**RESUMEN**

**DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO**

NOMBRE: ADRIANA

APELLIDOS: BARATO GONZÁLEZ

FDO.:

FECHA:

**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**

NOMBRE: ERIK

APELLIDOS: MACHO MIER

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:

## ÍNDICE RESUMEN

<b>1. Objeto del Proyecto</b> .....	2
<b>2. Datos de partida</b> .....	3
<b>3. Estimación de procedimientos, cálculos y estudios</b> .....	6
<b>3.1. Proyectos Técnicos</b> .....	6
<i>3.1.1. Análisis funcional del proyecto</i> .....	6
<i>3.1.2. Desarrollo técnico de los aspectos funcionales</i> .....	7
<i>3.1.3. Estimación de cálculos</i> .....	7
<b>3.2. Estudios</b> .....	8
<i>3.2.1. Análisis básico de los objetivos a analizar</i> .....	8
<i>3.2.2. Descripción básica de las actividades o procedimientos</i> .....	8
<b>4. Planos</b> .....	9
<b>5. Presupuesto</b> .....	12
<b>6. Fuentes de información y herramientas</b> .....	14

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<i>Figura 1. Dimensiones principales de la grúa sin contrapeso</i> .....	4
<i>Figura 2. Dimensiones principales de la grúa con contrapeso</i> .....	5
<i>Figura 3. Grúa portuaria para elevación de embarcaciones (isométrica)</i> .....	11
<i>Tabla 1. Dimensiones y características principales de la grúa</i> .....	3

## **1. Objeto del Proyecto**

El objeto principal del presente proyecto es el diseño y definición de una grúa portuaria destinada a la manipulación y elevación de embarcaciones pesqueras desde la superficie de flotación hasta una tara máxima de 8 Tn, para realizar, básicamente, operaciones de conservación y reparación de las mismas.

El aparato de elevación estará ubicado en el Puerto de Bilbao, concretamente, en el puerto pesquero de Santurce, debido a que no hay ninguna grúa de este tipo, siendo un tipo de aparato muy utilizado en el ámbito pesquero, donde salva dificultades obtenidas por el propio peso de las embarcaciones, facilitando el transporte, aumentando así la productividad, mejorando a su vez la calidad de vida del trabajador y ahorrando de esta forma un gran trabajo a la hora de realizar las operaciones de izado para la preservación de los barcos pesqueros.

El diseño y forma se realizará según las diferentes grúas observadas, dentro de su capacidad de carga, obteniendo una estructura similar y, diferente a su vez en algunos aspectos, a las que se pueden encontrar hoy en día en el mercado, realizando por tanto un diseño único. Por consiguiente, el resultado de este proyecto es una grúa comparable a las existentes en el mercado, y que cumple con todas las exigencias de las normas actuales de manutención de aparatos de elevación. También se intentará diseñar la grúa con el mayor número de perfiles y elementos normalizados, disminuyendo en gran medida su coste.

El proyecto se centra en una grúa de columna fija y pluma giratoria de 360°, por lo tanto, será necesaria la aplicación de conocimientos de las disciplinas relativas a la mecánica, elasticidad y resistencia de materiales, teoría de estructuras y diseño de máquinas, entre otros.

## 2. Datos de partida

Se ha realizado un estudio con dos configuraciones diferentes de la grúa: la primera, sin contrapeso y la segunda, con contrapeso comparando y eligiendo la mejor solución. Esta elección se hace una vez calculada la cimentación para ambos casos argumentando la opción escogida.

Los datos de partida son los siguientes:

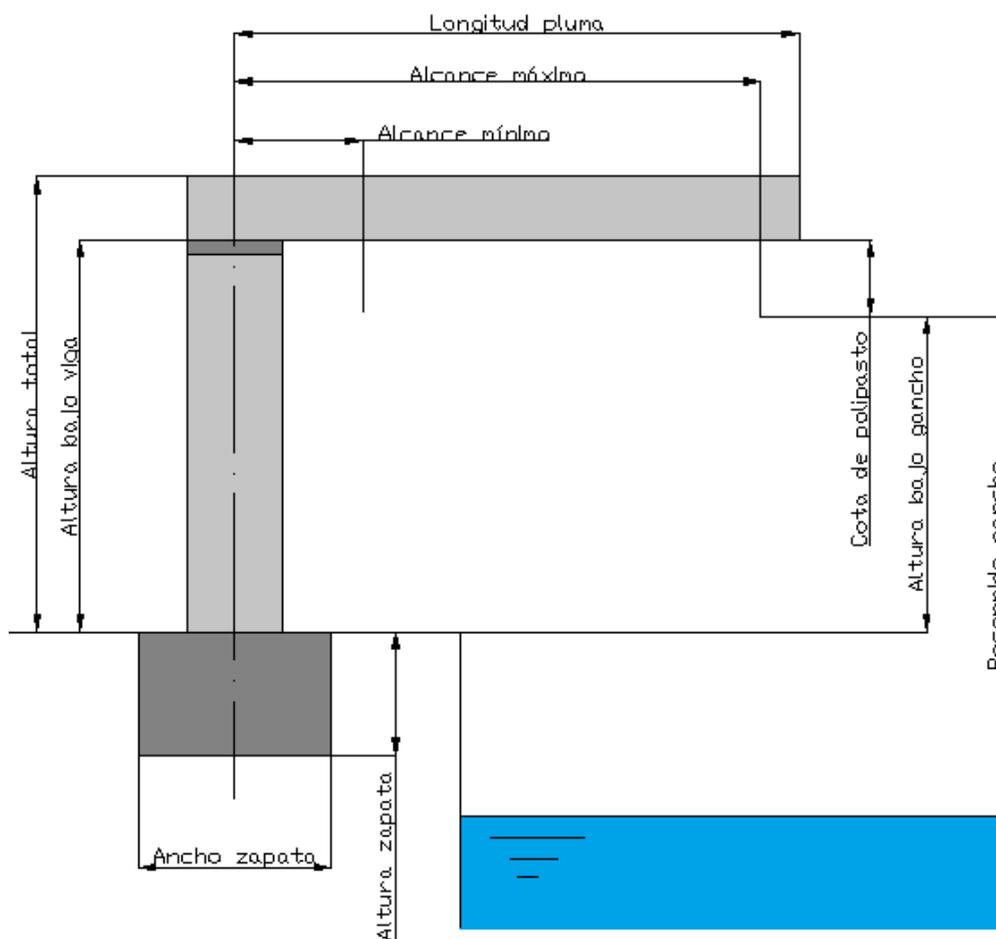
<b>DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA GRÚA</b>	
Capacidad de carga (Tn)	8
Alcance máx. (m)	8
Alcance mín. (m)	2,5
Ángulo cubierto (°)	360°
Estructura	Metálica
Sistema de elevación y traslación	Polipasto eléctrico
Sistema de giro	Eléctrico por botonera
Corriente de alimentación (V)	Alterna trifásica 220/380 V a 50 Hz
Mando	Por botonera a pie de columna
Peso polipasto (kg)	611
Peso contrapeso (kg)	7000
Peso estructura (kg) - Pluma + Columna	4477,84
Grupo FEM	M6
Velocidad de elevación (m/min)	0,7/4
Velocidad de traslación (m/min)	5/24
Velocidad de giro ( $\text{min}^{-1} = \text{rpm}$ )	0,6
Potencia motor de elevación (kW)	1,4/8,9
Potencia motor de traslación (kW)	0,37
Potencia motor de giro (kW)	18,5
Altura total (m)	7,5
Altura bajo viga = Longitud columna (m)	6,5
Altura bajo gancho (m)	8
Cota de polipasto (m)	0,5
Longitud pluma (m)	8,5
Longitud contrapluma (m)	5,5
Longitud contrapeso (m)	1,2
Recorrido gancho (m)	5,5
Altura zapata (m)	1,5
Ancho zapata (m)	3,85
Dimensiones cimentación (m)	3,85x3,85x1,50

■	<b>Características técnicas</b>
■	<b>Características mecanismos</b>
■	<b>Dimensiones principales</b>

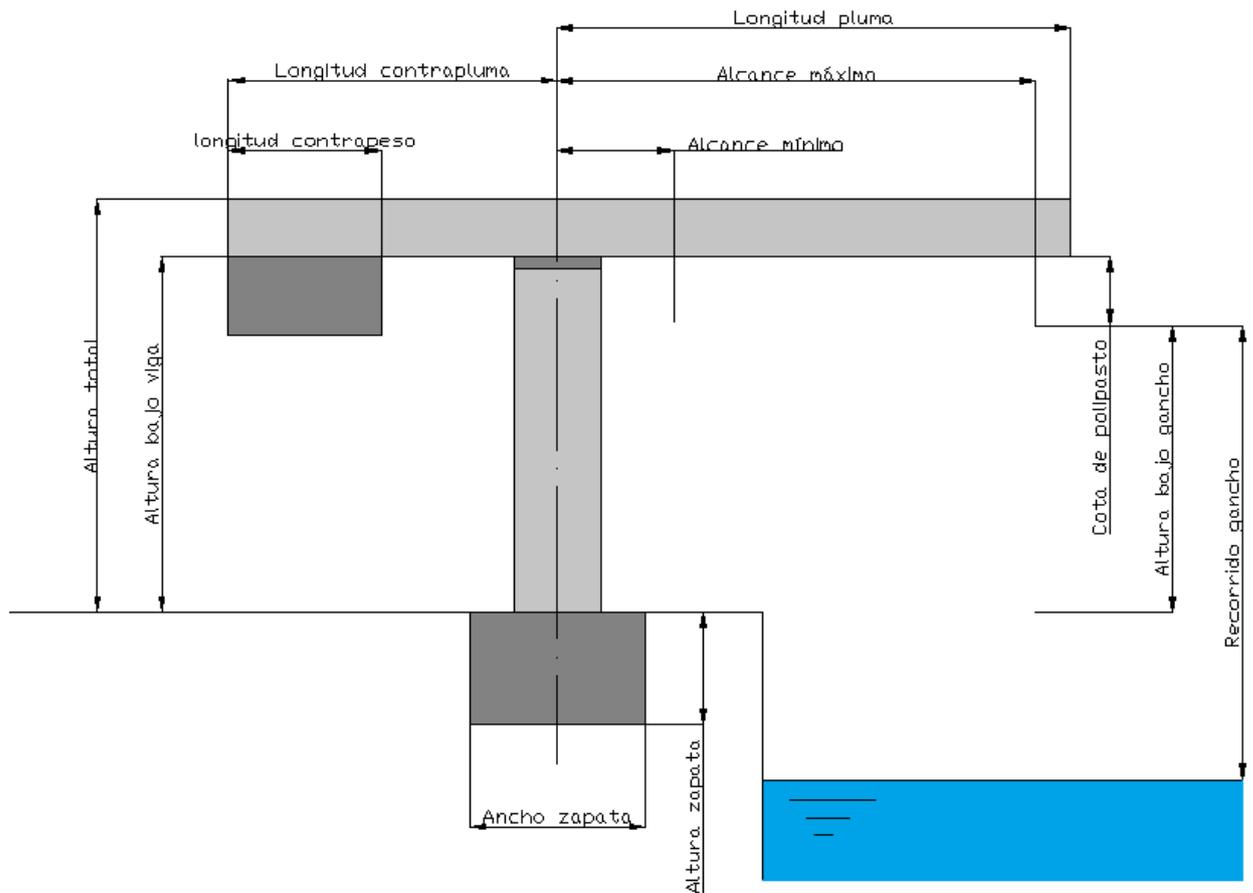
*Tabla 1. Dimensiones y características principales de la grúa.*

Las dimensiones principales de la grúa son las que se muestran a continuación:

**Configuración 1: Grúa sin contrapeso**



*Figura 1. Dimensiones principales de la grúa sin contrapeso.*

**Configuración 2: Grúa con contrapeso**

*Figura 2. Dimensiones principales de la grúa con contrapeso.*

### 3. Estimación de procedimientos, cálculos y estudios

#### 3.1. Proyectos Técnicos

##### 3.1.1. *Análisis funcional del proyecto*

El presente proyecto pretende cubrir todos los aspectos relacionados con el diseño de la estructura de la grúa, así como de los elementos que la componen.

La grúa está formada por tres partes principales:

##### 1) Estructura

La estructura de la grúa está dividida en 4 partes principales: la pluma, la columna, la cimentación y el sistema de anclaje (consistente en una placa de acero entre la columna y la zapata para asegurar la unión junto con unos pernos).

##### 2) Mecanismo de elevación y traslación

El mecanismo de elevación y traslación está compuesto por un polipasto eléctrico con accionamiento eléctrico de traslación.

##### 3) Mecanismo de giro

El mecanismo de giro está situado en la parte superior de la columna, constituido por un motor-reductor eléctrico, un acoplamiento flexible y un eje de salida que lleva en su parte inferior un piñón que ataca un rodamiento de gran diámetro.

La creación de este proyecto lleva a la necesidad de emplear unas determinadas metodologías de cálculo y diseño que permite configurar una grúa con características similares a las que se pueden encontrar actualmente el mercado.

### **3.1.2. Desarrollo técnico de los aspectos funcionales**

Se ha diseñado y dimensionado toda la estructura, comprendida por la pluma o viga y la columna, así como la cimentación. Respecto a los elementos mecánicos, se han elegido de catálogos de fabricantes. Además de definir los elementos, también se ha realizado el cálculo de las uniones entre los mismos (soldaduras y tornillería).

No serán objeto de definición ni estudio el cálculo de las partes y accionamientos eléctricos, ni la alimentación del motor. No obstante, se ha hecho una breve descripción de los elementos imprescindibles para poder entender sin ningún problema el Proyecto en su totalidad.

### **3.1.3. Estimación de cálculos**

En la medida de lo posible, se ha diseñado la grúa con el mayor número posible de elementos estándares, los cuales se pueden encontrar en diferentes prontuarios y catálogos de fabricantes, simplificando de una forma considerable su costo, ya que no hay que fabricarlas exclusivamente para esta grúa.

El criterio de selección de los componentes o elementos y del diseño de la estructura se basa principalmente en seguir una línea de simplificación de problemas y sencillez de soluciones para facilitar la concepción, fabricación y montaje, de los elementos de esta grúa de columna fija.

Para la obtención de las solicitaciones y coeficientes de seguridad a emplear en el cálculo de la estructura, se ha seguido el libro *Grúas* de E. Larrodé y A. Miravete que cumple con la normativa actual de Aparatos de Elevación y Manutención.

El dimensionamiento de la estructura se realiza por métodos clásicos de cálculo de estructuras y resistencia de materiales. El tipo de perfil de la pluma y de la columna se ha procurado seleccionar de prontuarios para que no tengan que construirlos específicamente para esta grúa y reducir de esta forma su costo. Para la cimentación, se ha seguido también el libro anteriormente citado, ya que utiliza fórmulas especiales para este tipo de grúas junto con la Instrucción de Hormigón EHE-08.

Los diferentes elementos mecánicos de la grúa, rodamiento, motor-reductor, acoplamiento flexible y polipasto se han seleccionado de diferentes proveedores según las especificaciones necesarias y se diseñan en base a las especificaciones indicadas por los correspondientes fabricantes y cálculos pertinentes de diseño de máquinas.

## **3.2. Estudios**

### ***3.2.1. Análisis básico de los objetivos a analizar***

Junto con los cálculos se exponen la memoria, donde se describe el proyecto, se incluyen también todos los planos necesarios para la correcta interpretación de la construcción de la grúa, además de un pliego de condiciones en el que se establecen las condiciones técnicas, facultativas, económicas y legales necesarias para la realización del proyecto. Se añade también un estado de mediciones y un presupuesto, donde se definen las unidades de partida y el coste de cada una de ellas.

En la memoria, se incluyen instrucciones y recomendaciones indicadas de instalación y montaje, sistemas de seguridad, mantenimiento de la grúa, y consideraciones medioambientales.

A su vez, se ha realizado un estudio en detalle de prevención de riesgos laborales.

### ***3.2.2. Descripción básica de las actividades o procedimientos***

Se ha realizado un estudio básico de seguridad y salud en el que se describen con detalle los posibles riesgos derivados de la utilización y manejo de la grúa así como de su mantenimiento y las posibles formas de evitarlos.

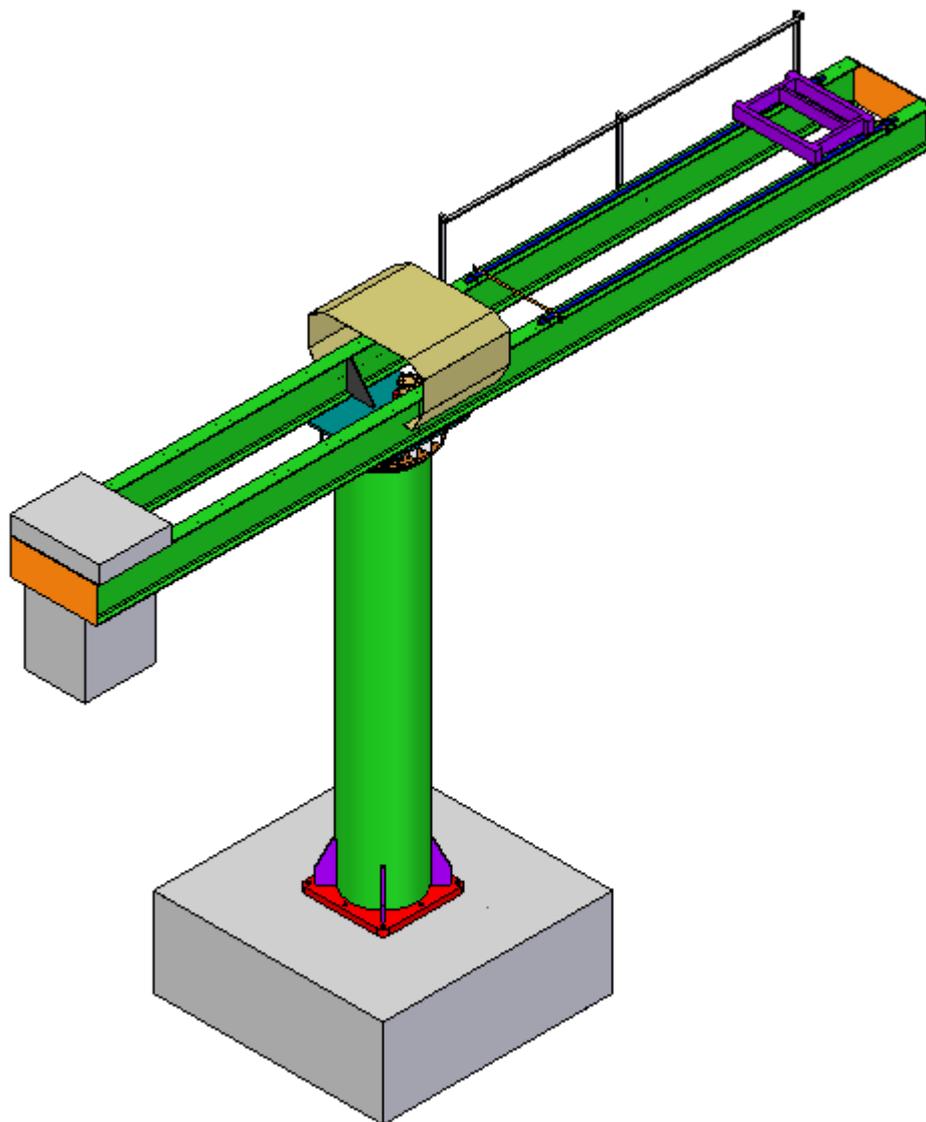
Para la elaboración de este estudio se ha seguido el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, Reglamento de Seguridad en Máquinas, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

## 4. Planos

Se incluyen todos los planos necesarios para la correcta interpretación del Proyecto en su conjunto:

<b>Plano N°</b>	<b>Título</b>	<b>Formato</b>
GP-0	Emplazamiento	A3
EGP	Explosionado Grúa Portuaria	A1
GP	Grúa Portuaria	A1
GP-1	Subconjunto cimentación	A2
GP-1.1	Perno de anclaje	A4
GP-1.2	Placa de anclaje	A3
GP-1.3	Cartela base columna	A4
GP-2	Subconjunto columna	A1
GP-2.1	Columna	A4
GP-2.2	Cono rodamiento	A3
GP-3	Subconjunto pluma	A2
GP-3.1	Tapa rodamiento	A3
GP-3.2	Cilindro	A4
GP-3.3	Refuerzo	A4
GP-3.4	Placa superior	A4
GP-3.5	Pluma perfil IPE 600	A3
GP-3.6	Contrapeso	A4
GP-3.7	Chapa cierre pluma	A4
GP-3.8	Carril de rodadura	A3
GP-3.9	Fijación carril	A4

GP-3.10	Tope final de carrera	A3
GP-3.10.1	Soporte tope	A4
GP-3.10.2	Varilla tope	A4
GP-3.11	Cartela pluma	A4
GP-3.12	Protector meteorológico	A4
GP-3.13	Guía cable	A2
GP-3.13.1	Perfil cuadrado 1	A4
GP-3.13.2	Perfil cuadrado 2	A4
GP-3.13.3	Perfil cuadrado 3	A4
GP-3.13.4	Guía	A3
GP-4	Subconjunto mecanismo de giro	A3
GP-4.1	Soporte eje	A4
GP-4.2	Eje	A4
GP-4.3	Casquillo superior	A4
GP-4.4	Piñón de giro	A4
GP-4.5	Casquillo inferior	A4
GP-4.6	Camisa acoplamiento	A4



*Figura 3. Grúa portuaria para elevación de embarcaciones (isométrica).*

## 5. Presupuesto

### PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL.....	4.801,75 €
CAPÍTULO 2: ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	11.372,86 €
CAPÍTULO 3: MATS. ELEMS. CONSTITUTIVOS.....	17.349,25 €
CAPÍTULO 4: EQUIPO ELÉCTRICO.....	1.792,86 €
CAPÍTULO 5: MANO DE OBRA.....	1.571,75 €
CAPÍTULO 6: FABRICACIÓN Y MONTAJE.....	8.740,00 €
CAPÍTULO 7: MEDIOS AUXILIARES .....	10.002,00 €
CAPÍTULO 8: CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS.....	2.026,42 €
CAPÍTULO 9: SEGURIDAD Y SALUD .....	3.743,97 €
CAPÍTULO 10: DISEÑO DEL PROYECTO.....	47.100,00 €
<b>TOTAL P.E.M. ....</b>	<b>108.500,86 €</b>

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

**CIENTO OCHO MIL QUINIENTOS CON OCHENTA Y SEIS EUROS**

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.)**

- Presupuesto de Ejecución Material..... 108.500,86 €
- Gastos Generales (13%) ..... 14.105,11 €
- Beneficio Industrial (6%) ..... 6.510,05 €

**TOTAL PARCIAL ..... 129.116,02 €**

I.V.A. (21%) ..... 27.114,36 €

**TOTAL ..... 156.230,38 €**

**TOTAL P.E.C. .... 156.230,38 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de:

**CIENTO CINCUENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS TREINTA CON TREINTA Y  
OCHO EUROS**

**PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO (P.T.)**

- Presupuesto de Ejecución por Contrata ..... 156.230,38 €
- Proyecto (3%) ..... 4.686,91 €
- Dirección de Obra (4%)..... 6.249,22 €

**TOTAL P.T. .... 167.166,51 €**

Asciende el presupuesto total del proyecto a la expresada cantidad de:

**CIENTO SESENTA Y SIETE MIL CIENTO SESENTA Y SEIS CON CINCUENTA Y  
UN EUROS**

## 6. Fuentes de información y herramientas

### Normas:

- Normas UNE (en especial, la serie 58 relativa a aparatos de elevación).
- Normas FEM (Federación Europea de Manutención).

### Reales Decretos:

- Real Decreto 2291/1985, Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de Noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 56/1995, de 20 de Enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/92, de 27 de Noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, Reglamento de Seguridad en Máquinas, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (Transposición de la directiva del Consejo 89/655/CEE).

### Códigos Técnicos e Instrucciones:

- Código Técnico de la Edificación, CTE, BOE 25/01/2008.
  - Seguridad estructural Acero SE-A.

- Cimentaciones.

- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08, Ministerio de Fomento 2002.

#### Libros:

- Diseño de máquinas:

SHIGLEY, *Diseño de ingeniería mecánica*, Mac Graw-Hill, Octava edición.

- Grúas:

ERNST, H.; *Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo I. Principios y elementos constructivos*; Ed. Blume, Barcelona, 1970.

ERNST, H.; *Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo II. Tornos y grúas*; Ed. Blume, Barcelona, 1970.

LARRODE, E., MIRAVETE, A; *Grúas*; Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza; Zaragoza, 1996.

- Teoría de estructuras:

ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., *La estructura metálica hoy. Tomo I. Volumen I*; Librería técnica Bellisco, Madrid, 1983.

CALAVERA, J., *Cálculo de estructuras de cimentación*; Ed. Intemac, SA.

JIMÉNEZ MONTOYA, *Hormigón armado*; Ed. Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2009.

#### Catálogos:

APTA. Prontuario.

BONFIGLIOLI. Acoplamientos.

BONFIGLIOLI. Motores.

BONFIGLIOLI. Reductores epicicloidales.

DEMAG. Polipastos de cable.

ITP. Grúas.

ROTHERDE. Grandes Rodamientos.

Programas de cálculo:

Para la realización de los cálculos, se ha utilizado el programa Microsoft Excel 2010.

Para la realización del diseño de los componentes de la grúa y sus respectivos planos se ha empleado el programa de diseño Solid Edge V18.