



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Estudio de soluciones para la construcción de graderío prefabricado desmontable e integración paisajística de una pista de atletismo en Valencia.

Trabajo final de grado

*Titulación:* Grado en Ingeniería Civil.

*Curso:* 2016/17

*Autor:* Martín Salvador Gallego Simó

*Tutor:* Dr. D. Juan José Moragues Terrades

*Valencia, junio de 2017*



# ÍNDICE

---

## Documento 1

Memoria

## Documento 2

Anejo 1: Introducción.

Anejo 2: Bases de diseño.

Anejo 3: Uniones.

Anejo 4: Ubicación.

Anejo 5: Geología.

Anejo 6: Topografía.

Anejo 7: Servicios urbanos afectados.

Anejo 8: Pista de atletismo, estudio de soluciones y dimensionamiento.

Anejo 9: Graderío y cubierta, cálculo estructural.

Anejo 10: Proceso de montaje.

Anejo 11: Usos posteriores.

## Documento 3

Plano 1

Plano 2

Plano 3

Plano 4

Plano 5

Plano 6



**MEMORIA.**



---

## ÍNDICE

---

1. Introducción.....	1
1.1. Objeto de trabajo.....	1
1.2. Objetivos del trabajo.....	1
1.3. Estructura del trabajo.....	2
2. Principios del diseño.....	3
2.1. Tipo de estructura.....	3
2.2. Diseño de la estructura.....	3
3. Placas de unión.....	5
4. Ejemplo práctico.....	7
5. Características del terreno.....	8
5.1. Geología y geotecnia.....	8
5.2. Topografía.....	8
5.3. Servicios urbanos afectados.....	8
6. Pista de atletismo.....	8
7. Gradadas.....	9

---

7.1. Hipótesis de dimensionamiento.....	9
8. Proceso de montaje.....	10
8.1 Transporte.....	10
8.1.1. Transporte de elementos de hormigón.....	10
8.1.2. Transporte de elementos de acero.....	11
8.2. Servicios afectados.....	12
8.3. Montaje de la obra.....	12
9. Usos posteriores.....	12
9.1. Pista de atletismo.....	12
9.2. Gradadas.....	13
9.3. Cubierta.....	13
Bibliografía.....	15



## **1. Introducción.**

---

Se propone como Trabajo Final de Grado el “Estudio de soluciones para la realización de graderíos de pistas de atletismo desmontables y reutilizables. Aplicación a la pista de atletismo de Av. Actor Antonio Ferrandis en Valencia.”

### **1.1. Objeto de trabajo.**

Se plantea el estudio de reutilización de un graderío y su cubierta utilizados en un evento deportivo, en este caso las pruebas de atletismo y aplicados posteriormente a un posible caso real en un solar de la ciudad de Valencia.

Así pues, el trabajo estará dividido en tres partes fundamentales: pista, graderío y cubierta.

La pista será diseñada y construida para que, finalizado el evento deportivo, quede reintegrada en el paisaje urbano y pueda ser disfrutado por todo el mundo (como el campo de atletismo de Olot, por ejemplo).

Se entiende que las dimensiones del recinto serán directamente proporcionales a la relevancia y el nivel mediático del evento. Es en este punto donde toma importancia la idea de la reutilización de aquellas instalaciones que pueden llegar a suponer un notorio sobrecoste. En esta línea, se podría pensar que una parte de las instalaciones se dejarían para que, finalizado el evento, se adapte a la demanda exigida. Sin embargo, para este trabajo se ha optado por desmantelar por completo el graderío repartiéndolo entre colegios y otras instalaciones deportivas, siendo éstos los que adquieran el gasto y el mantenimiento.

Y por último la cubierta. Para esta parte de la estructura, se propone que sea reutilizada como cubierta de una nave industrial.

### **1.2. Objetivos del trabajo.**

Realizada la descripción de la obra, hay que fijar los objetivos. Son dos los tipos de objetivos que se pretenden alcanzar: personales y específicos del trabajo.

En cuanto a objetivos personales, mencionar:

- Ampliar los conocimientos adquiridos en el grado.

- Aprender a utilizar la normativa, en este caso para instalaciones deportivas.
- Aprender el uso de programas informáticos para resolver los problemas que se planteen si es necesario.
- Adquirir cierto orden de magnitud a la hora de diseñar estructuras.

Para los objetivos específicos del trabajo, hay que destacar:

- Estudio del diseño de un graderío desmontable.
- Dotar a Valencia de un recinto deportivo de uso comunitario.
- Estudio de alternativas para unas infraestructuras polideportivas sostenibles.
- Estudiar la reutilización de los elementos estructurales implicados.
- Estudio de reintegración urbana de un recinto polideportivo y dar un segundo uso.

También es necesario establecer qué no forma parte de este trabajo:

- El diseño y construcción de las estructuras derivadas de la principal, como parkings, taquillas, vestuarios, etc.
- El estudio ambiental.
- El estudio de seguridad y salud.
- Plan de obra.

### **1.3. Estructura del trabajo.**

Se estructura el trabajo de la siguiente forma:

- Se establecerán los principios de diseño de la obra, en la que se especificará tipos de estructura y las formas de unión entre los componentes.
- El diseño de una pista olímpica con las medidas reglamentarias.
- El diseño de un graderío capaz de acoger la mayor cantidad de espectadores posibles basándose en la normativa.
- El diseño de la cubierta, tanto como cubierta de un graderío, como la cubierta de una nave industrial.

Los puntos 2, 3 y 4 se estudiarán como parte de una obra real ubicada en un solar de la ciudad de Valencia.

## **2. Principios del diseño.**

---

Se plantea la necesidad de dotar de un graderío desmontable y reutilizable a la ciudad de Valencia para una pista de atletismo. El objetivo principal es diseñar una obra sostenible y a partir de ahí, diseñar una grada para un evento deportivo que sea capaz de albergar un número de espectadores y, una vez finalizado el evento, reutilizarlos en otros emplazamientos.

Para diseñar la estructura, se buscan los siguientes aspectos:

1. Rapidez de montaje.
2. Sencillez de diseño.
3. Certeza de mantener propiedades exigidas en las piezas.
4. Uniones sencillas sin uso de grout.
5. Pensar en espacios diáfanos para usos posteriores.

Estas cinco cualidades al mismo tiempo sólo se pueden lograr con la construcción industrializada.

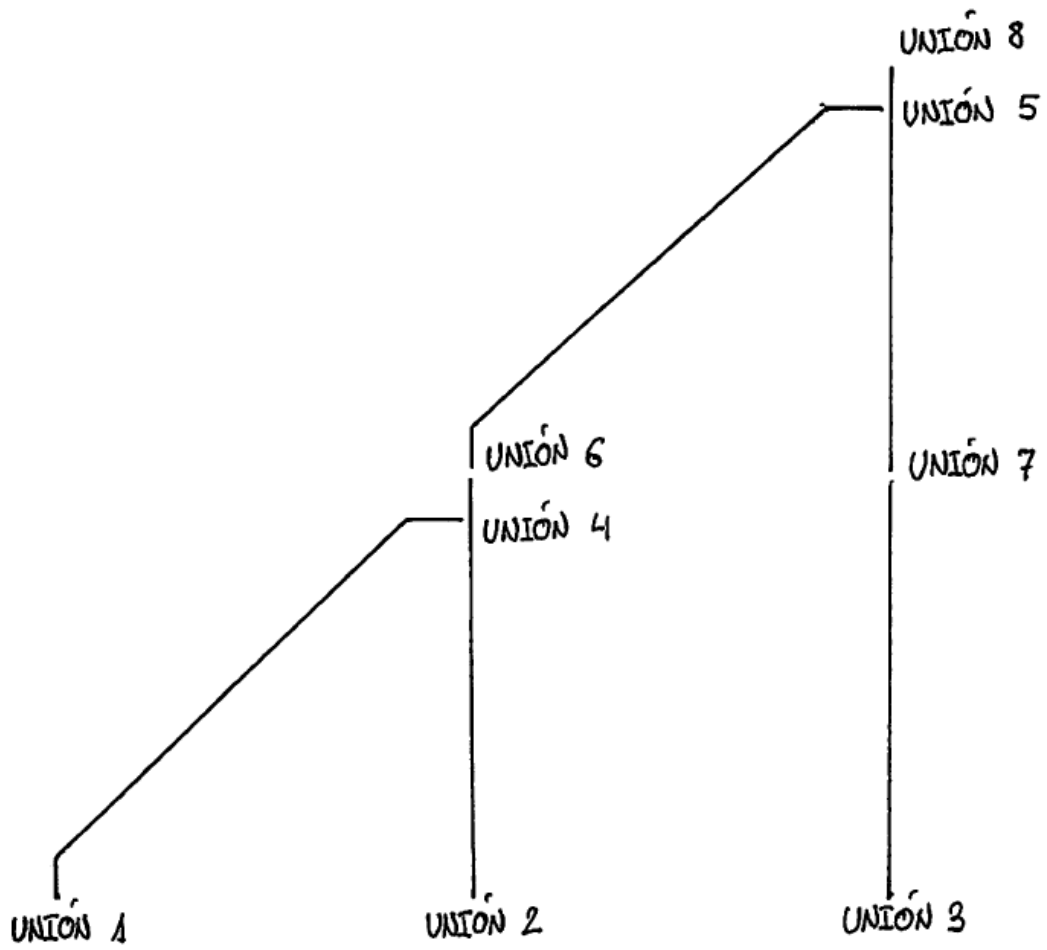
### **2.1. Tipo de estructura.**

Atendiendo a la forma de la estructura, las gradas consisten en unas columnas que soportan unas vigas portagradas sobre las que se apoyan unas losas pretensadas. Si bien la parte que es grada fundamentalmente se comporta como una estructura aporticada, las vigas de la cubierta apoyada sobre columnas trabajan en ménsula.

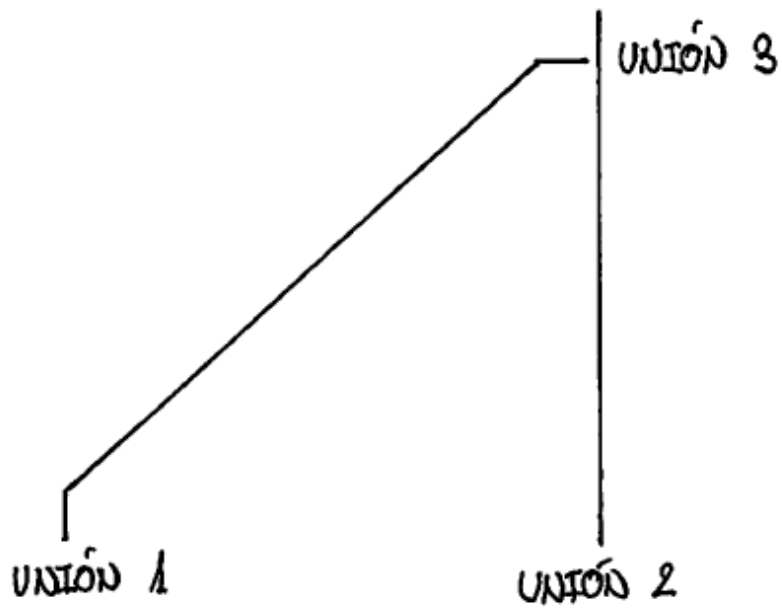
### **2.2. Diseño de la estructura.**

A continuación, se presenta un esquema sencillo de la estructura básica, seguido de las uniones de los elementos estructurales. La estructura está conformada por dos componentes principales (2 vigas portagradas y 3 columnas). La siguiente estructura que se propone para su reutilización consiste en una viga con una columna.

La finalidad de la unión es la de transmitir las cargas; así pues, lo que se busca es una unión rígida que facilite y asegure la transmisión de esfuerzos. Para ello las armaduras irán soldadas a una placa metálica que serán las partes que entren en contacto y así transmitirán los esfuerzos.



Y ahora la estructura reutilizada quedaría tal que así.

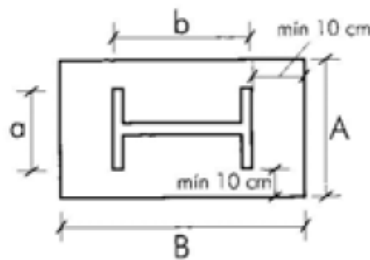


Las gradas estarán constituidas por losas alveolares de hormigón pretensado. La unión de estas a la viga mantendrá el mismo mecanismo y serán atornilladas a las mismas donde habrá unas esperas.

La cubierta se reutilizará como techo de una nave industrial. Se diseñará de la siguiente forma; en su posterior uso, se emparejarán y uniéndose por el extremo estrecho mediante unión atornillada conformará el techo de la nave industrial.

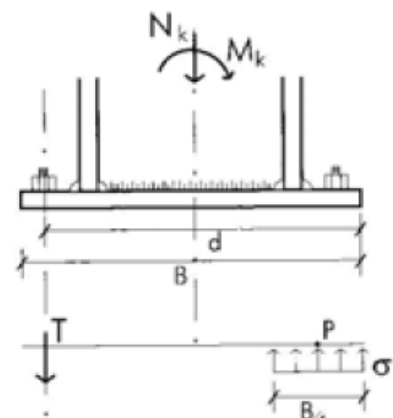
### 3. Placas de unión.

El dimensionamiento de la placa no es inmediato y se necesitan hacer tanteos. Se comienza eligiendo unos valores razonables de las dimensiones de la placa (AxB)



La distancia del borde de la placa al borde del perfil debe ser al menos de 10 cm.

Calculamos la tracción en los pernos  $T_d$ . Se supone una distribución de tensiones tal que un cuarto de la placa se encuentre comprimido contra la zapata. De esta forma, los pernos opuestos están traccionados y se desprecia la contribución de los pernos comprimidos. Tomando momentos respecto del punto P (centro del volumen de compresiones)



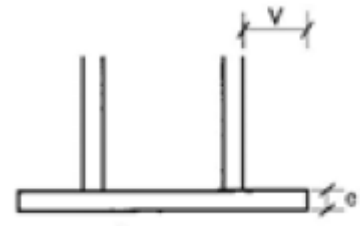
$$Td = 1,5 * \frac{8 \frac{e}{B} - 3}{8 \frac{d}{B} - 1} N$$

Siendo  $e=M/N$ , el área de los pernos será:  $\Omega = \frac{Td}{fyd} * 1000$

Conocidas las dimensiones de A y B, el espesor será:

$$e = \frac{v}{2,5}$$

Utilizando el CYPE se obtiene un valor aproximado. Aclarar que se ha tomado el valor de la unión entre cubierta y columna. En un primer tanteo, sustituyendo los valores pertinentes se obtiene un valor de 40 mm de diámetro y un espesor de 4 cm. Aun así el programa diseña, para las condiciones de carga establecidas, un espesor de placa de 3,5 cm y unos pernos de 32 mm de diámetro.



Se imponen valores de placa de 1 m de ancho y 1 m de largo.

Para calcular el espesor de las placas donde se apoyaran las banquetas y las vigas estabilizadoras, se calculará a partir de la resistencia del acero utilizado tanto para los pernos como para la placa de unión, gracias a esta fórmula:

$$b * e * f_{yd}(placa) \geq n^{\circ} \text{ redondos} * \text{diámetro redondos} * f_{yd}(\text{redondos})$$

Siendo:

- b: valor del ancho de la base en mm (1000 mm).
- e: espesor de la placa en mm.
- $f_{yd}$ : resistencia a tracción del acero que conforma la placa en  $\text{N/mm}^2$ .
- $n^{\circ}$  de redondos: cantidad de pernos utilizados para las uniones.
- Diámetro de los redondos medidos en mm.
- $f_{yd}$ : resistencia a tracción del acero de los pernos en  $\text{N/mm}^2$ .

Para unos valores de

Parámetro	Valor	Unidades
b	1000	mm
byd placa	$275/1.05=261.9$	$\text{N/mm}^2$
$n^{\circ}$ redondos	4	unidades
diámetro redondos	25	mm

$f_{yd}$  redondos       $500/1.15=434.78$      $N/mm^2$

Para los valores establecidos sale un espesor mínimo de chapa de 3.26 mm. Para quedar del lado de la seguridad el espesor de la chapa será de 4 mm.

#### ***4. Ejemplo práctico.***

A modo de aplicación de todo lo visto hasta ahora se propone el llevar a la práctica, para un caso concreto en la ciudad de Valencia, todo lo expuesto en los anejos anteriores.

El solar seleccionado, objeto de estudio, se sitúa en la ciudad de Valencia. Enclavado en la Avenida Actor Antonio Ferrandis y las calles Ángel Villena y Ep Entrada de Fava, al sur de la ciudad, en el barrio Quatre Carreres; en el entorno de la Ciudad de las Artes y las Ciencias, cerca del centro comercial El Saler y próximo al Pabellón Font de Sant Lluís.



Fotografía de Google Earth (2016).

Los accesos por carretera se resuelven mediante tres calles:

- Avenida Antonio Ferrandis, situada al sureste de la parcela.
- Calle Ep, Ent. De Fava, al noreste.
- Calle Ángel de Villena, al noroeste de la misma.

## ***5. Características del terreno.***

---

### **5.1. Geología y geotecnia.**

La parcela presenta aceptables condiciones constructivas donde los problemas a resaltar son de tipo hidrológico y geotécnico. La parcela no es inundable, pero resulta tener una permeabilidad muy baja.

### **5.2. Topografía.**

El solar presenta una uniformidad regular, amén de concluir que no tiene ningún uso particular urbanístico.

### **5.3. Servicios urbanos afectados.**

En la distribución de las aguas, adjuntada en el anejo 7 “Servicios urbanos afectados”, se observa que el solar es cruzado diagonalmente por una acequia, concretamente la de Fabara. Si bien esto fue así hace poco más de una década y en realidad la cruzaba un ramal, en la actualidad está todo desviado empezando por el hospital de la Nueva Fe y circula paralelo a la carretera en el lado opuesto al del solar.

Sin embargo, hay una línea de electricidad longitudinalmente en medio de la parcela. Será necesario desviarlo y se colocará perimetralmente siguiendo las separaciones indicadas en la tabla adjuntada en el anejo 7 anteriormente mencionado.

## ***6. Pista de atletismo.***

---

La pista será de construcción fija, con los peraltes pertinentes, encargando a una empresa de prefabricados deportivos la pertinente construcción de la misma.



Se realizará con materiales que originen una superficie permeable con materiales del tipo A como se sugiere en la norma UNE-EN 14877.

## 7. Gradadas.

Para realizar el cálculo estructural, así como el análisis de los diferentes elementos que conforman la estructura y su armadura, se han seguido las siguientes Normas:

- Código Técnico de la Edificación, Seguridad estructural: Bases de Cálculo y acciones en la edificación.
- Norma Básica de la edificación, Condiciones de protección contra incendios en los edificios (CPI-96).
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación (NCSE-02).
- Eurocódigo 2.
- Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

Se distinguen en este apartado entre el graderío y la cubierta.

En cuanto al graderío, la estructura principal proyectada está constituida por una grada con un pórtico formado por pilares y vigas portagradas. Entre pórticos se colocan las placas alveolares tipo grada que conforman el graderío. Se disponen unas vigas transversales para apoyar las escaleras de subida y dar rigidez al sistema.

### 7.1. Hipótesis de dimensionamiento

El método de cálculo utilizado corresponde con un modelo analizado en Estados Límite Últimos para elementos de hormigón estructural.

En la comprobación de los Estados Límite Últimos que considera la rotura de una sección o elemento se debe satisfacer la condición:

$$Rd \geq Ed$$

Donde:

- Rd es el valor de cálculo de la respuesta estructural.

- Ed es el valor de cálculo del efecto de las acciones.

El cálculo de la capacidad resistente última de los elementos se efectúa a partir de las siguientes hipótesis:

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana. Esta hipótesis es válida para piezas en las que la relación entre la distancia entre puntos de momento nulo y el canto total es superior a 2.
- Las deformaciones de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve. Las deformaciones totales de las armaduras activas adherentes deben considerar, además de la deformación que se produce en la fibra correspondiente en el plano de deformación de agotamiento, la deformación producida por el pretensado y la deformación del estado de neutralización.
- El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón, de las armaduras pasivas y armaduras activas corresponden a los definidos en el Eurocódigo 2.
- Se aplicarán las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y momentos. De esta forma se calcula la capacidad resistente última mediante la integración de las tensiones en el hormigón y en las armaduras activas y pasivas.

## ***8. Proceso de montaje.***

---

### **8.1. Transporte.**

Supondremos elegidas dos fábricas de elementos prefabricados, una de hormigón y otra de acero, a partir de las cuales se diseñarán las rutas de transporte de los elementos constructivos. Supondremos PACADAR, como fábrica de prefabricados de hormigón y FERROSLAPOBLA SA, como fábrica de elementos de acero.

#### **8.1.1. Transporte de elementos de hormigón.**

Vistas las posibles alternativas en el correspondiente anejo 11 “Proceso de montaje” y valorando los problemas, la ruta adecuada es la siguiente:

- Salida a la A-3.
- Desvío por AP-7.
- Incorporación a la CV-36.
- Giro hacia la V-30.
- Entrada a Valencia por la V-15.
- Giro a la izquierda en la rotonda para acceder a la Av. Antonio Ferrandis.

La ruta de vuelta será la siguiente:

- Av. Antonio Ferrandis.
- Se toma la V-31.
- Sale a la V-30.
- Se accede a la A-3 a la altura de la Av. del Cid.

#### **8.1.2. Transporte de elementos de acero.**

La ruta desde FERROSLAPOBLA SA será:

- Salida a la CV-50.
- Desvío por CV-35.
- Incorporación a la CV-31.
- Giro hacia la V-30.
- Entrada a Valencia por la V-15.
- Giro a la izquierda en la rotonda para acceder a la Av. Antonio Ferrandis.

Y la ruta de vuelta será:

- Se continuará la dirección de la Av. Antonio Ferrandis.
- Se sale a la V-30.
- Incorporación a la CV-31.
- Se toma la CV-35.
- Tomar la salida de la CV-50 para llegar a la Puebla de Vallbona.

## **8.2. Servicios afectados.**

Los servicios afectados son un tramo en la salida de la Puebla de Vallbona y en la entrada a Valencia en la Avenida Antonio Ferrandis.

En el primer caso se requerirá un permiso especial por la dificultad que los camiones tienen en los giros en rotondas pequeñas. En el segundo, afectará a líneas de autobús de transporte público que, si bien el transporte se realiza por la noche, no afectará en ningún caso al transporte público.

## **8.3. Montaje de la obra.**

Se llevará a cabo una sucesión lógica entre fabricación, transporte y montaje de los elementos constructivos.

En este sentido, en primer lugar se fabricarán las columnas en su totalidad para encajarlas en el lugar correspondiente en el solar.

A continuación, las vigas sencillas, que servirán como estabilizadoras y como sustentación de escaleras de acceso.

Seguidamente, las vigas de atado, colocando la fila inferior y la superior respectivamente. Se realizará el mismo proceso con las gradas, completando siempre en primer lugar las filas inferiores y poco a poco subiendo hasta completar la construcción.

Finalmente se atornillará la estructura de acero que conformará la cubierta y después la cubierta propiamente dicha.

## ***9. Usos posteriores.***

---

### **9.1. Pista de atletismo.**

Como se ha mencionado en anteriores anejos, se pretende que parte de la obra realizada quede reintegrada en el paisaje urbanístico y otra parte se reutilice. Entonces, la pista de atletismo se quedará en la parcela.

### **9.2. Gradas.**

Todos los elementos estructurales están diseñados de tal forma que puedan ser utilizados en tamaños de gradas más reducidos.

Así pues, lo que se pretende es que se reutilicen en otras instalaciones deportivas, colegios, institutos, etc. lo que se buscará será utilizar el máximo número de elementos posibles y necesarios y en caso de sobrar, se reciclaría y si al contrario se necesitasen más piezas, se podrían fabricar fácilmente.

### **9.3. Cubierta.**

Por último, la cubierta se reutilizaría como parte de una nave industrial. Son 30 elementos estructurales y las placas las que conforman la cubierta. Colocándolos emparejados y respetando las distancias a las que se han diseñado (6 metros entre viga y viga) y además teniendo en cuenta las luces de las mismas, se podría diseñar una nave industrial de 90x40 metros.



## Bibliografía

---

- Reglamento IAAF, Capítulo 5.
- Código Técnico de la Edificación, seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación.
- EAE.
- Eurocódigo 2.
- Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.
- Normas N.I.D.E.
- Fragmento de un trabajo. Capítulo 3 “Construcción modular hormigón”.
- Números Gordos en el proyecto de estructuras.
- Información geológica y geotécnica extraída de:
  - Cartografía extraída del IGME.
  - PATRICOVA.
- Norma UNE:
  - 13200-1
  - 14877
  - 41958

