



Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
de Caminos, Canales y Puertos



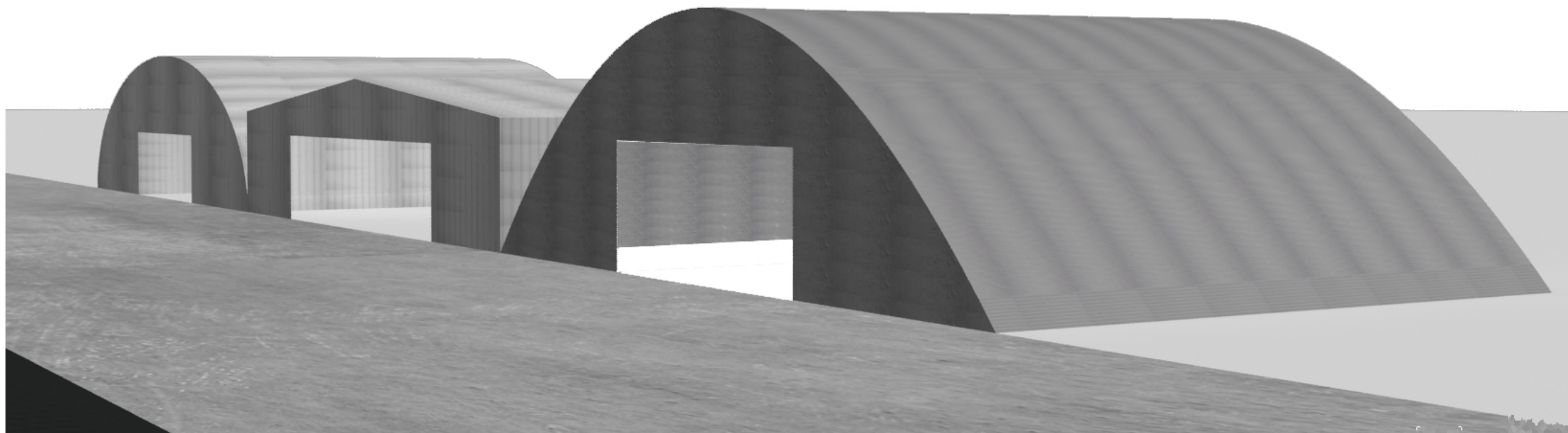
UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

JUNIO 2015

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN HANGAR EN EL AERÓDROMO DE EL REBOLLAR. REQUENA.  
SOLUCIÓN MEDIANTE PÓRTICO METÁLICO CON CELOSÍA WARREN.**



---

AUTOR: ALBERTO MARTÍNEZ TORRES

TUTOR: JUAN JOSÉ MORAGUÉS TERREDES



## ÍNDICE

MEMORIA.

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.

DOCUMENTOS TÉCNICOS PREVIOS.

SOLUCIÓN 1: SOLUCIÓN MEDIANTE PÓRTICO METÁLICO CON  
CELOSÍA WARREN.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.

SOLUCIÓN 2: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO SEMIELÍPTICO DE  
ACERO.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.

SOLUCIÓN 3: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO PARÁBOLICO DE  
HORMIGÓN ARMADO.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.



---

# MEMORIA

LÓPEZ GARCÍA, ALBERTO  
MARTÍNEZ TORRES, ALBERTO  
PÉREZ GRIÑÁN SERGIO



## ÍNDICE

1. Memoria común.
  - 1.1. Objeto del trabajo
  - 1.2. Organización del trabajo
  - 1.3. Trabajo de cada alumno
2. Introducción
  - 2.1. Un poco de historia
  - 2.2. Antecedentes
  - 2.3. Objeto del proyecto
3. Descripción de la zona
  - 3.1. Localización
  - 3.2. Accesos y comunicaciones
  - 3.3. Condicionantes
4. Geotecnia y mapas de la zona
  - 4.1. Objeto del estudio
  - 4.2. Ensayos realizados
    - 4.2.1. Trabajos de campo
    - 4.2.2. Ensayos de laboratorio
  - 4.3. Caracterización geotécnica de los materiales
    - 4.3.1. Niveles establecidos
    - 4.3.2. Parámetros geotécnicos
    - 4.3.3. Geología de la zona
    - 4.3.4. Nivel piezométrico
    - 4.3.5. Aguas subterráneas
5. Normativa específica
6. Definición en planta
7. Descripción de las soluciones
  - 7.1. Solución 1: Solución mediante pórticos metálicos con celosía Warren
  - 7.2. Solución 2: Solución mediante arco semielíptico de acero
  - 7.3. Solución 3: Solución mediante arco parabólico de hormigón armado



## 1. Memoria común

### 1.1. Objeto del trabajo

Se presenta el estudio de alternativas para la construcción de un hangar en el aeródromo de El Rebollar. Requena.

El objeto de este trabajo será el desarrollo del proyecto por parte de cada alumno, para lo cual cada uno ha propuesto una solución diferente tanto en forma como en material. Aunque cada uno haya desarrollado un trabajo, se han puesto en común la mayoría de las decisiones para poder ver diferentes puntos de vista ante un mismo problema.

Mediante este trabajo hemos aprendido el proceso de construcción poniendo en común los conocimientos adquiridos en gran parte de las asignaturas cursadas, en particular las relacionadas con el cálculo estructural y diseño geotécnico, estableciendo relaciones entre ambas.

### 1.2. Organización del trabajo

La organización de este Trabajo Final de Grado ha sido bastante compleja. Por un lado, se han puesto en común cada una de las diferentes ideas y las características comunes del emplazamiento donde se sitúa el hangar.

Por otro lado, cada alumno ha realizado individualmente el estudio de una solución enfrentándose a los problemas que han surgido particularmente en su estructura. Al mismo tiempo los problemas eran comentados en grupo para ver la distintas opiniones y llegar a una solución.

Para realizar cada solución, nos hemos basado en un esquema general que define los pasos seguidos hasta llegar la solución final.

A continuación se ha realizado una síntesis de los trabajos realizados.

#### 1. MEMORIA COMÚN ( Todos)

#### 2. DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

##### 2.1. MEMORIA (Todos).

2.2. SOLUCIÓN 1: SOLUCIÓN MEDIANTE PÓRTICO METÁLICO CON CELOSÍA WARREN.(Alberto Martínez Torres).

2.3. SOLUCIÓN 2: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO SEMIELÍPTICO DE ACERO.(Sergio Pérez Griñán).

2.4 SOLUCIÓN 3: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO PARABÓLICO DE HORMIGÓN ARMADO. (Alberto López García).

3. SOLUCIÓN ADOPTADA. (Todos los integrantes).

### 1.3. Trabajo de cada alumno

El alumno, Sergio Pérez Griñán, autor de este documento, expone a continuación los documentos que se han desarrollado de manera individual para el Trabajo Final de Grado.

La solución mediante arco semielíptico de acero está compuesto de los siguientes apartados:

- ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- ANEJO II. CIMENTACIÓN.
- ANEJO III. PLAN DE OBRA.
- ANEJO IV. PRESUPUESTO.
- PLANOS.

Cabe mencionar la participación en la memoria común y memoria.





## 2. Introducción

### 2.1. Un poco de historia

Un hangar es una estructura cerrada para mantener aeronaves y naves espaciales en el almacenamiento de protección. La mayoría de los hangares están contruidos de metal, pero también se utilizan otros materiales como la madera y el hormigón. La palabra viene del hangar Medio hanghart francés, de origen germánico, del franco \* haimgard, de \* haim gard.

Hangares se utilizan para: la protección del clima, la protección de la luz solar directa, mantenimiento, reparación, fabricación, montaje y almacenamiento de las aeronaves en los aeródromos, portaaviones y barcos.

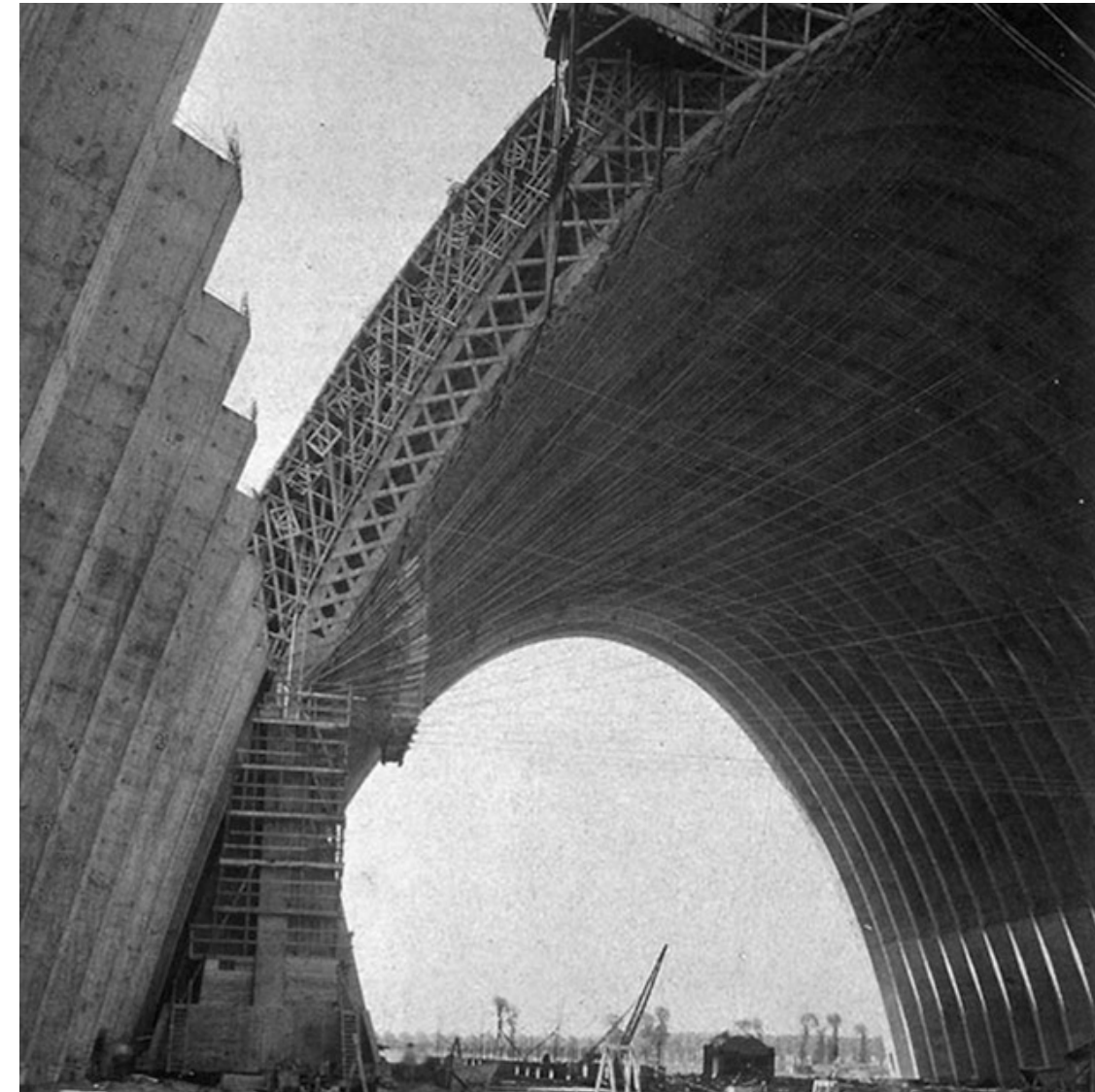
El primer hangar para dirigibles fue construido como Hangar "Y" en Chalais Meudon, cerca de París en 1879, donde los ingenieros Charles Renard y Arthur Constantin Krebs construyeron su primer dirigible " La France ". Hangar "Y" es uno de los pocos hangares quedan en Europa

### 1.2. Antecedentes

En el término municipal de Requena, concretamente en la partida de los llanos de El Rebollar y en los terrenos adyacentes al Caserío de Don Juan, se tiene prevista la ampliación del aeródromo.

El motivo de dicha ampliación, es la creciente demanda de hangaraje de aeronaves y naves de recreo en esta zona y la previsión de crecimiento en los próximos años.

Actualmente el aeródromo está construido y en funcionamiento permanente durante toda la semana, recibiendo aterrizajes y despegues mayoritariamente de recreo.



### 2.3. Objeto del proyecto

El objetivo de el estudio de alternativas de hangar en el aeródromo de Requena es comparar una serie de propuestas estructurales, cada una de ellas proponiendo una tipología estructural diferente para poder realizar una análisis entre ellas de cual se amolda mejor a las exigencias, que respondan de manera eficiente y eficaz a las necesidades que dicho aeródromo está demandando.



El aeródromo de Requena es un lugar que ofrece una amplia gama de servicios dentro de los servicios de la aviación, como son los de escuela de aviación, formación de pilotos, gran variedad de ofertas para diversión y ocio. También se realizan trabajos de aviación, y es sede de la Fundación Aérea de la Comunidad Valenciana, y mucho más, lo que contribuye al desarrollo de la comarca y genera empleo y riqueza, no solo material, sino también cultural. Además cuenta con un restaurante. Todo esto hacen del aeródromo de Requena un nuevo tipo de oferta en todo lo relacionado con la aviación, y es por esto por lo que el aeródromo está sufriendo una gran demanda de sus servicios.

- Por tanto, a modo de conclusión, los objetivos principales de este estudio de soluciones serán:
- Propuesta de diferentes tipologías estructurales de hangar.
- Propuesta de utilización de diferentes materiales.
- Lograr la mayor funcionalidad para permanencia y movilidad de las aeronaves en el interior de dicho hangar.
- Poder permitir al aeródromo seguir con su expansión en el futuro.
- Otorgar al mismo un valor estético.
- Diseño de una explanada de unión entre pista de aterrizaje y hangar.
- Diseño de todas las instalaciones auxiliares para el correcto funcionamiento del mismo.
- Y por último, el objetivo principal, que es cubrir las necesidades que tiene el aeródromo de dar servicio a las muchas aeronaves que en este momento tienen poco espacio en él.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

#### 3.1. Localización

La actuación a realizar queda ubicada en El llano del Rebollar, entre las poblaciones de Requena y El Rebollar, en la Comunidad Valenciana, España.

La actuación queda enmarcada por su parte sur con el actual camino de tierra que une el caserío de “Don Juan” con el núcleo de El Rebollar, que transcurre paralelo a la autovía A-3 a unos 370 metros de esta.

Por su parte oeste queda limitado por el camino de tierra de acceso a la “Fuente de la Herrada”, quedando el caserío en la intersección de ambos caminos.

Las coordenadas geográficas del Centro de vuelos son: 39° 28' 60" N 1° 02' 29" W (en centésimas de minuto)



#### 3.2. Accesos y comunicaciones

La ubicación del aeródromo es esencial para su demanda en temporada estival, debido al turismo de sol y playa. A tan solo 60 Kilómetros de la costa de levante por la autovía A-3 es una perfecta alternativa al aeropuerto de Manises para vuelos privados. Es por esto que las comunicaciones con el aeródromo tienen que ser buenas y accesibles.



- Coche: a menos de 1 hora del centro de Valencia por autovía en muy buen estado con muchos tramos de tres carriles por sentido. A tan solo media hora del *Bypass* el cual permite el desvío hacia las principales capitales de provincia, Castellón y Alicante, y a sus respectivos pueblos costeros.
- Autobús: buena frecuencia de autobuses a la estación de autobuses de Valencia. Las empresas encargadas de la ruta Requena-Valencia son Alsina, La Requense y Monbús.
- Tren: posibilidad de acceso a la estación de El Rebollar y Requena. Las frecuencias son regulares con dos o tres trenes al día de duración aproximada de una hora y media. Este trayecto pertenece a la antigua vía unidireccional no electrificada que presenta inicios de deterioro. Otra alternativa ferroviaria es la estación del AVE de San Antonio. Con una duración de trayecto de treinta minutos hasta el centro de Valencia, estación Joaquín Sorolla.

### 3.3. Condicionantes

La ejecución del nuevo Hangar en la base del aeródromo del Rebollar supondrá una transformación de la situación actual de la infraestructura. Existen una serie de condicionantes por parte de la propiedad del aeródromo, de la normativa vigente de la Comunidad Valenciana, así como una serie de ordenanzas del municipio de Requena que deberá cumplir el proyecto.

Los condicionantes de partida del proyecto son los siguientes:

1. condicionantes urbanísticos
2. condicionantes hidráulicos. riesgo de inundación
3. información geológica-morfológica.
4. información medioambiental:
5. condicionantes climatológicos.

## 4. Geotecnia y mapas de la zona

### 4.1. Objeto del estudio

El objetivo principal de realizar un estudio geotécnico es tener el conocimiento de las características del terreno sobre el cual construiremos nuestro hangar. Para ello se han realizado diferentes sondeos en el lugar de la obra.

Para nuestro caso, hemos cogido un estudio geotécnico de un puente en el municipio de Requena, que está relativamente cerca del emplazamiento de nuestra obra.

### 4.2. Ensayos realizados

Para poder realizar los cálculos ha sido necesario obtener las características y parámetros del suelo. Por ello ha sido necesario realizar sondeos, nuestros y demás trabajos que a continuación se detallan.

#### 4.1.1. Trabajos de campo.

En relación a los trabajos de campo, se han realizado dos reconocimientos del terreno mediante dos sondeos hasta una profundidad de 7 metros empleándose un modelo de rotación y recuperación continua en ambos casos.

En el anejo IV de este estudio geotécnico se ven las actas de los sondeos realizados con los resultados obtenidos, en los cuales se ve a primera vista que el terreno que hay en la zona son limos arcillosos y limos arenosos con un primer metro de terreno más vegetal.

En las actas se puede observar que se han ejecutado Ensayos de Penetración Estándar con los valores del número de golpes cada 15 cm con lo que se ha podido tener una idea de la compacidad del terreno. Si bien cabe decir que el ensayo de penetración estándar en un ensayo para suelos granulares. Para suelos cohesivos se deberían realizar ensayos de campo del tipo CPT o CPTU. No obstante, los datos a los que hemos tenido acceso son los correspondientes al anejo IV de este estudio.

#### 4.1.2. Ensayos de laboratorio

A partir de los trabajos de campo realizados, hemos podido obtener testigos y muestras de terreno que nos van a permitir obtener la caracterización del terreno y obtener los parámetros del suelo. Los ensayos de laboratorio se han realizado en base a los sondeos para poder clasificar el subsuelo. Los ensayos que se han realizado se pueden encontrar en el anejo IV de este estudio geotécnico. A continuación se enumeran los ensayos realizados.

- 3 unidades Determinación de plasticidad (UNE 103103/94 y UNE 103104/93)





- 3 unidades Análisis granulométrico por tamizado y sedimentación (UNE 103102/95)
- 3 unidades Determinación del contenido de humedad natural (UNE 103300/93)
- 2 unidades Compresión simple en suelos (UNE 103400/93)
- 3 unidades Determinación de la densidad aparente (UNE 103301/94)
- 2 unidades Determinación del peso específico de partículas (UNE 103302/94)
- 1 unidad Determinación del contenido de sulfatos (UNE 103201/96)

#### 4.2. Caracterización geotécnica de los materiales.

Una vez realizados todos los trabajos de campos y ensayos de laboratorios permitentes, podemos pasar a la caracterización de los materiales. Este apartado nos permitirá obtener todos los parámetros del suelo que nos servirán de base para realizar todos los cálculos posteriores y poder obtener las dimensiones de la cimentación.

##### 4.2.1. Niveles establecidos

Mediante los sondeos realizados podemos determinar el terreno que existe en esta zona.

##### • SONDEO NÚMERO 1.

➤ **NIVEL 1. (0m-1m)** En la parte más superficial de nuestro terreno, concretamente hasta 1 metro de profundidad, aparece un terreno que en los sondeos realizados se denomina limos arcillosos con raíces y restos de **plantas (suelo vegetal)**. Puesto que se trata de un suelo vegetal, es decir, un suelo de mala calidad, no nos servirá a la hora de realizar la cimentación por lo que el plano de cimentación debe quedar por debajo de este nivel.

➤ **NIVEL 2. (1m-7m)** Por debajo del nivel 1 se encuentra un terreno que en el sondeo se denomina como limos arcilloso de color rojizo con presencia de nódulos carbonatados a lo largo del nivel. Este es el segundo y último nivel del sondeo. Comienza en la cota menos 1 hasta la cota menos 7 que coincide con el final del sondeo. A efectos de cálculo, éste segundo nivel será el que nos sirva para poder transmitir los esfuerzos de la estructura al terreno.

##### 4.2.2. Parámetros geotécnicos.

SONDEO	SONDEO 1
Naturaleza del suelo	Limos arcillosos
Peso específico de partículas $\text{kn/m}^3$	26,88
Peso específico seco $\text{kn/m}^3$	19,7
Peso específico aparente $\text{kn/m}^3$	22,4
Peso específico saturado $\text{kn/m}^3$	22,4
Peso específico sumergido $\text{kn/m}^3$	12,4
Porosidad %	26,7
índice de poros	0,364
Humedad natural %	13,5
Grado de saturación	92,2-saturado
Ángulo de resistencia interna $^\circ$	25 $^\circ$
Cohesión $\text{kn/m}^2$	150-225
Resistencia a compresión $\text{kn/m}^2$	543
Módulo de deformación $\text{kn/m}^2$	18000-28000
Coefficiente de Balasto $\text{kn/m}^3$	80000-125000
Contenido de sulfatos %S0	<0,1

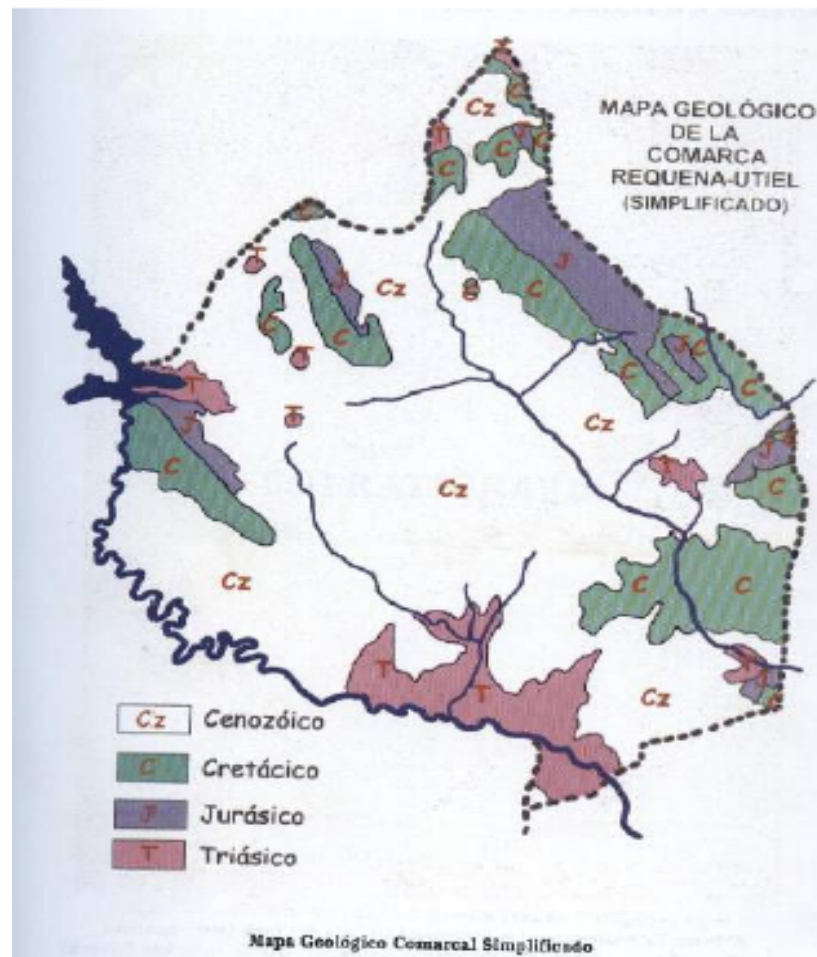
##### 4.2.3. Geología de la zona.



El término municipal de Requena se extiende por una gran parte de la cuenca superior del río Magro. Está ubicado entre la Meseta Castellana y el Mediterráneo, en la zona más occidental de la provincia de Valencia.

Se puede decir que las zonas más abruptas son la Sierra de Juan Navarro y la cuenca del río Cabriel. En la cuenca del Magro también aparecen zonas de laderas, barrancos pronunciados debido a las ramblas y barrancos que se dirigen hacia el río.

En el término municipal predominan los materiales Cenozoico, apareciendo también materiales del Cretácico y del Terciario, como se aprecia en la figura.



#### 4.2.4. Nivel piezométrico

Puesto que el terreno en el que se va a construir el hangar son limos arcillosos, la presencia de agua haría que apareciesen fenómenos que podrían reducir tanto la resistencia como dar lugar a variación de tensiones, expansividad de las arcillas, etc. Todo ello complicaría en gran medida el estudio geotécnico.

En los estudios realizados, concretamente en los dos sondeos, 1 y 2, no hay presencia de nivel piezométrico en ningún estrato, por lo que la gran problemática que lleva consigo la presencia de agua se reduce a 0.

Según el Diagnóstico Ambiental de Requena, existe una continuidad en los valores de los niveles piezométricos presentando una mínima variación. Siendo el mínimo nivel de 8,92 metros y el máximo nivel de 13,28 metros.

En el anejo IV de este documento geotécnico, en las actas de ambos sondeos se puede comprobar que no aparece nivel freático.

#### 4.2.5. Aguas subterráneas

El Rebollar, englobado en el término municipal de Requena, se encuentra enmarcada en el sur del Medio Júcar, correspondiente con el sistema acuífero número 53 abarcando una superficie de 3100 Km<sup>2</sup>. El sistema se halla dividido en tres subsistemas en función de la existencia de tres dominios tectónicos y sedimentológicos con claras implicaciones hidrogeológicas. Los tres subsistemas son el acuífero de Las Serranías, el acuífero de la Plana de Utiel-Requena y el acuífero de Buñol-Casinos.

Los acuíferos de la unidad hidrogeológica presentan puntos de baja permeabilidad en la zona sur del término de Requena, permeabilidad media-alta en las cercanías del núcleo urbano y en los terrenos donde se asientan los cursos fluviales con rocas porosas de origen detrítico.

### 5. Normativa específica

Puesto que las actuaciones a realizar se limitan exclusivamente a la ampliación de un hangar para resguardar los vehículos de la intemperie así como una losa de hormigón armado para unir el nuevo espacio con la pista del aeródromo ya construida, en lo que respecta a normativa específica de aviación, obtuvimos información de la norma que legisla, que es la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la cual en su Anexo número 14 hace referencia a todo lo



relacionado con aeródromos. Dentro de esta misma norma, la gran mayoría de las recomendaciones nos redirigían al Manual de Diseño de Aeródromos, del cual hemos obtenido la información para poder clasificar esta infraestructura.

Los aeródromos se clasifican en función de dos elementos de la clave: el primero de ellos corresponde a un número que va del 1 al 4 en función de la longitud de campo de referencia del avión y el segundo elemento de la clave que tiene que ver con las dimensiones de los aviones que van a usar el aeródromo. Por tanto, con relación a la Tabla 1-1 del Manual de Diseño de Aeródromos, este se encuadra con un número de clave de 2, que recoge una longitud de campo entre 800 metros hasta 1200 metros y una letra de clave de Hasta 15 metros, ya que según el actual proyecto no se prevén que aviones con envergadura de más de 12 metros. En términos de aviación, se define la envergadura de una aeronave como la distancia entre los extremos de sus alas. Por tanto, la letra clave de nuestro aeródromo es A, ya que esta envergadura va hasta 15 metros y la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es hasta 4.5 metros.

## 6. Definición en planta

Para poder definir las dimensiones que la futura estructura va a tener se ha procedido a la colaboración con los gerentes actuales del aeródromo, los cuales nos han comentado sus previsiones de futuro así como los estudios de mercado que han realizado para poder tener una idea del espacio que necesitan cubrir para poder dar servicio a sus clientes.

Actualmente el aeródromo dispone de tres hangares, uno correlativamente al siguiente, de 28x28 metros cada uno, cubriendo una superficie total de 28x84. En función de la envergadura de las aeronaves, que en el caso del aeródromo de requena no cuenta con aeronaves mayores a 12 metros de envergadura y la previsión de aeronaves que van a necesitar resguardarse de las inclemencias del tiempo, nos han pedido que construyamos una nueva estructura que salve un espacio de 28x42 metros, es decir, que una vez terminado, el aeródromo contará con un 50 % más de espacio que antes de realizar la actuación.

## 7. Descripción de las soluciones

### 7.1. Solución 1: Solución mediante pórticos metálicos con celosía Warren

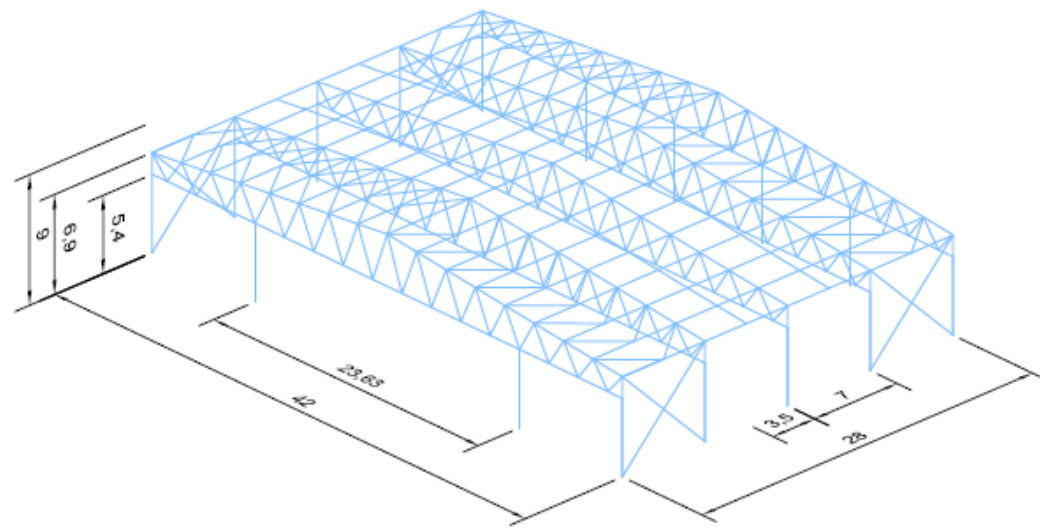
La geometría del hangar que nos ocupará es sencilla. Consta de una longitud de 42 de luz, una anchura de 28 metros y una altura total de 9 metros.

Existen tres hangares colindantes ya en uso cuyas dimensiones son 28\*28\*9 metros. De esta manera, la luz de este hangar será una vez y media la luz de los ya existentes con el objetivo de albergar un mayor número de aeronaves. El ancho y la altura se mantiene igual que los hangares ya existentes para dar un aspecto integrado dentro del conjunto del aeródromo.

Los 28 metros de ancho están divididos en cinco pórticos, formando 4 vanos de 7 metros cada uno. Para los dos vanos intermedios se propone el arriostramiento mediante una tirantilla (UPN80) para evitar el pandeo de las correas. Además, los dos pórticos hastiales, tienen cruces de San Andrés en las fachadas laterales, y triangulaciones en la cubierta para rigidizar la estructura frente las acciones horizontales del viento.

La altura de las fachadas es de 6.9 metros. El canto mínimo de la celosía es de 1.5 metros y el máximo de 3.6 metros, formando una cubierta a dos aguas con una pendiente del 10%.

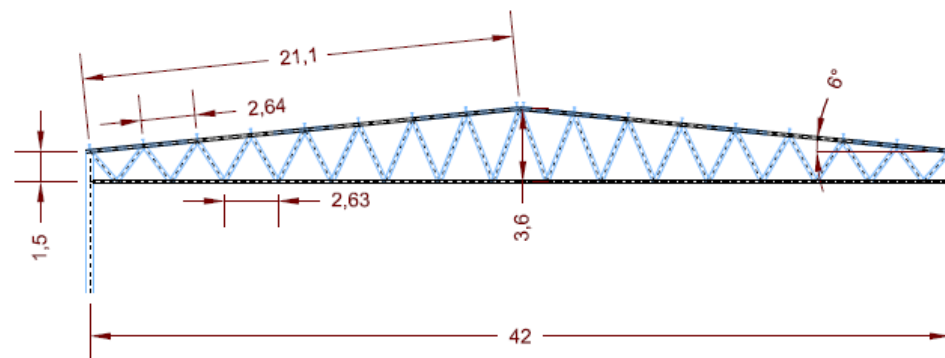
Las puertas de los hangares ya existentes miden 14 metros de ancho y cinco de alto. Las dimensiones de la puerta del hangar que nos ocupa es de 20\*5 metros. Hemos ampliado la anchura de la puerta para facilitar la maniobrabilidad de estacionamiento de las aeronaves dentro del hangar, mientras que por otro lado se ha mantenido el gálibo de la puerta, ya que la altura media de las aeronaves rondan los 3 metros y la máxima 4.2 metros.



La luz total a salvar de la celosía es de 42 metros. Es una distancia más que considerable y necesaria ya que el objetivo fundamental del hangar es proporcionar un espacio diáfano para el aparcamiento de las aeronaves. Ante esta luz, el canto mínimo y máximo de la celosía será de 1.5 y 3.6 metros respectivamente, que son dimensiones proporcionadas y razonables.

La celosía que dispondremos consta de: cordón superior e inferior y las diagonales.

- El cordón superior se dividirá en 8 tramos a cada lado que formarán los vértices de la triangulación y sobre los cuales se situarán las correas de la cubierta.
- El cordón inferior se dividirá en 16 tramos a cada lado. Situando cada dos tramos los vértices de las triangulaciones de la celosía.



- Las diagonales formarán triángulos isósceles ya que el canto de la celosía es variable.

La característica fundamental de la celosía Warren es que no tiene montantes, está únicamente constituida por diagonales que forman cuadrados equiláteros o isósceles según el caso.

Esta geometría es muy conveniente para nuestro caso, ya que la celosía es de canto variable y las diagonales pueden ajustarse perfectamente a los cordones dando un aspecto de limpieza y elegancia.

Desde el lado estructural y constructivo la celosía Warren es muy semejante al resto de celosías. Las diagonales trabajan exclusivamente a axil, un lado a compresión y otro a tracción. Al no poseer montantes los esfuerzos se transmiten exclusivamente por las diagonales.

El coste de esta solución con celosía Warren debe ser más económica que el resto de las propuestas.

## 7.2. Solución 2: Solución mediante arco semielíptico de acero

En el presente trabajo se pretenden estudiar diferentes soluciones para la construcción de un nuevo Hangar en el aeródromo de El Rebollar, término municipal de Requena. Esta infraestructura junto a los 3 hangares construidos actualmente pretenden satisfacer la demanda de aeronaves recreativas en la zona.

Las tres soluciones que se plantean son:

- Solución mediante arco parabólico de hormigón armado
- Solución mediante pórtico metálico con celosía Warren
- Solución mediante arco semielíptico de acero

La solución que se trata en este epígrafe es la última de las mencionadas anteriormente.

La superficie a cubrir por la infraestructura es la misma para las 3 soluciones propuestas, ésta es de 42 metros de luz por 28 metros de longitud, obteniendo así una superficie útil de 1176 metros cuadrado. Este hecho supone un aumento del 50% de la capacidad actual de los hangares, ya que cada uno de los ya construidos posee una superficie de 28x28 metros





coincidiendo la dimension longitudinal con la del nuevo hangar, pero éste salva un 50% más de luz que los actuales.

La disposición geométrica de la nueva infraestructura es la siguiente:

### Alzado principal

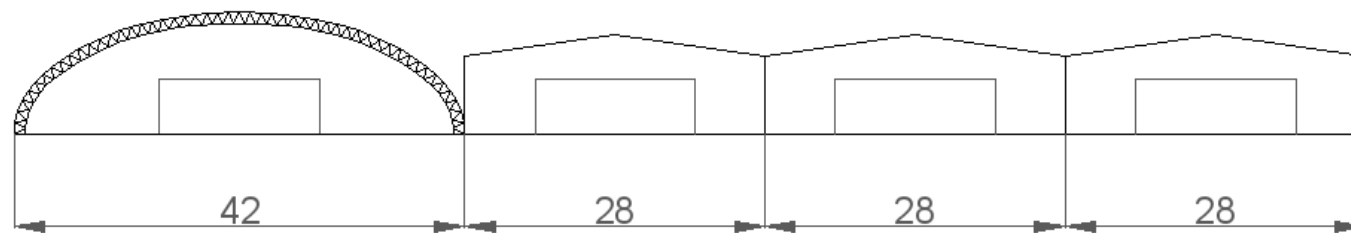


Figura 2. Definición geométrica infraestructuras. Captura AutoCad.

En la imagen anterior tenemos a la izquierda el nuevo hangar escalado respecto a los 3 ya construidos en el aeródromo.

La estructura se compone de 5 arcos metálicos separados a una distancia de 7 metros lo que suman un total de 28 metros. La forma del arco es de una semielipse cuyo eje mayor es de 42 metros y el semieje menor es de 11 metros, que se corresponde con la altura máxima del arco. La decisión de esta geometría es debida a que al ser el arranque de la semielipse perpendicular a la cimentación se transmiten esfuerzos horizontales menores que si los arranques tuviesen cierta inclinación.

Cada arco dispone de dos apoyos en cimentación articulados por lo que liberan el momento transmitido a la zapata. Ambos apoyos están conectados entre si mediante un tirante que conecta las zapatas opuestas y absorbe las reacciones horizontales provocadas por el arco en cimentación y lo mantiene en equilibrio.

Para solucionar los efectos de las acciones horizontales en la estructura se ha dispuesto una serie de riostras de viento entre los pórticos 1-2 y 4-5 que aportan rigidez y estabilidad al conjunto en la dirección longitudinal.

El peso del cerramiento y los esfuerzos de las acciones exteriores se transmiten a los pórticos mediante correas de sección tubular, modelizadas como viga continua de cuatro vanos con 5 apoyos fijos correspondientes a cada uno de los pórticos.

Los cerramiento verticales, es decir, el de fachada principal y trasdós están resueltos mediante una serie de pilares, 5 en el trasdós y 4 en la fachada principal (debido a la localización de la puerta), empotrados en cimentación y conectados al arco mediante unas piezas metálicas que solo transmiten cortante en la dirección longitudinal de la nave. Esto quiere decir que los pilares no están cargados con esfuerzos axiales transmitidos por el arco ya que estos funcionan independientemente de los pilares y solo transmiten carga cuando el viento incide en el cerramiento que soportan los mismos transmitiendo estos esfuerzos al arco.

El modelo estructural, introducido en el programa de cálculo informático utilizado, es el siguiente:

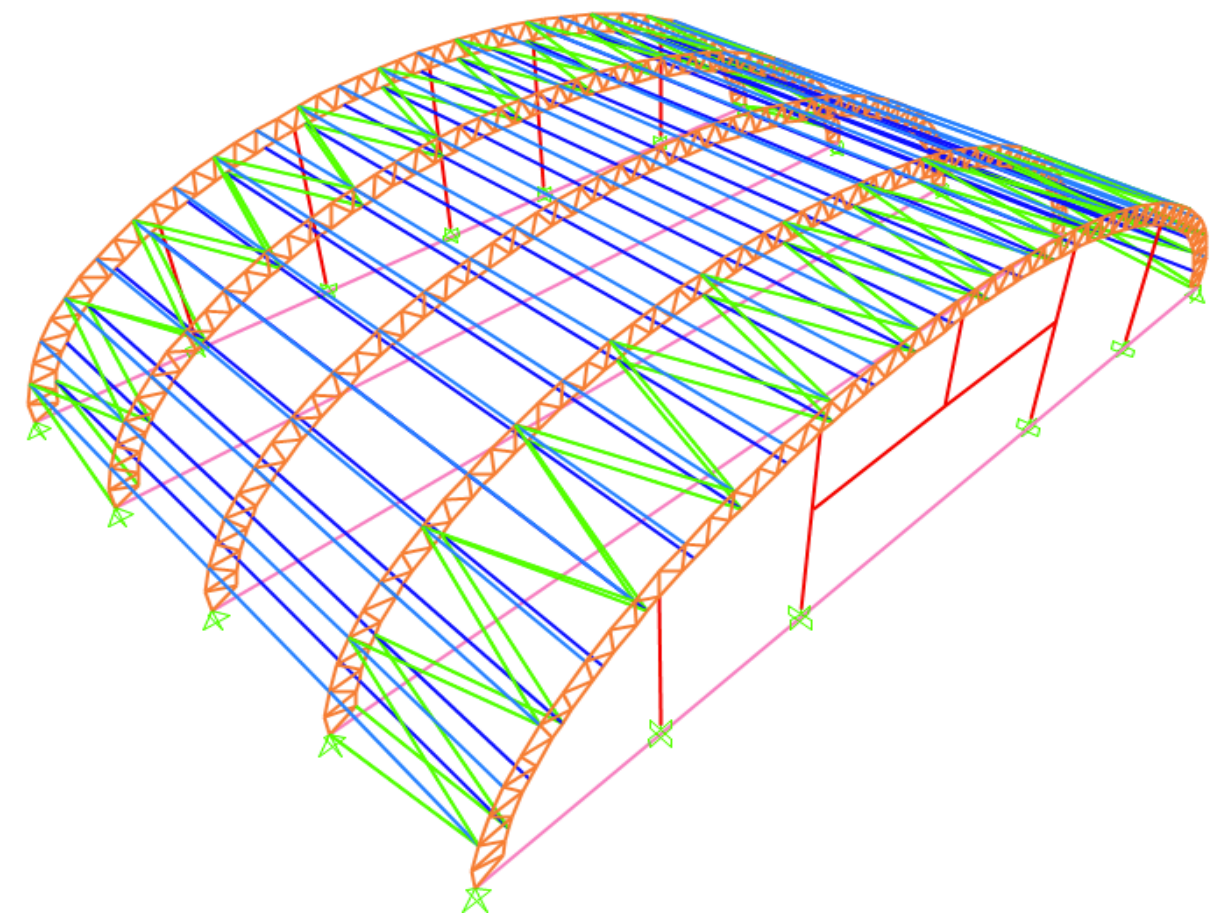


Figura 3.a Visión general estructura. Captura Sap2000.

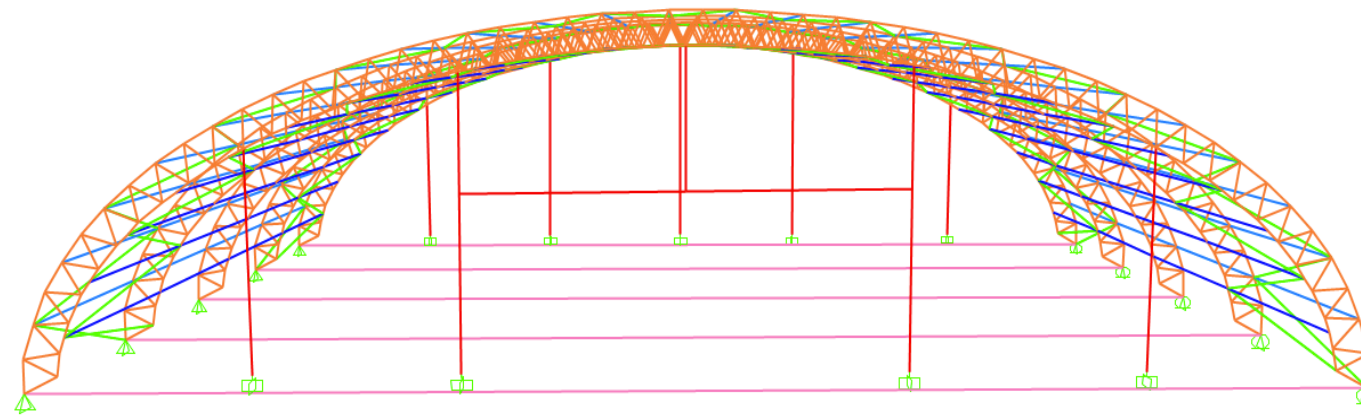


Figura 3.b Visión frontal estructura. Captura Sap2000.

La superestructura esta conformada por 5 arcos de acero idénticos. Cada uno de los arcos esta materializado por una celosía tipo Warren que presenta los siguiente elementos:

- Cordon superior: perfiles HEB 120, dispuestos geoméricamente con el alma en plano del arco
- Cordon inferior: perfiles HEB140, dispuestos geoméricamente con el alma en el plano del arco
- Diagonales, conformada por dos perfiles metálicos diferentes a lo largo de su longitud:
- Perfiles UPN 160, en la zona de arranque de los arcos, ya que estos soportan esfuerzos notablemente superiores al resto de zonas.
- Perfiles UPN 120, para la mayor parte de las diagonales del arco.

Cabe decir que las uniones entre estos 3 elementos son rígidas debido a que el momento transmitido es muy pequeño, y articularlas supondría una mayor dificultad a la hora de construirlo.

Las correas y riostras del viento forman una especie de diafragma tanto en el plano del cordón superior como en el inferior de la celosía, que arriestra los arcos y limita las longitudes de pandeo de estos elementos. Este hecho es importante debido a que las cordones deben soportar grandes esfuerzos de compresión. Ambos elementos están materializado por perfiles

tubulares ya que a lo largo de la longitud del arco varía la inclinación de los mismos y conviene que tenga la misma inercia en ejes principales.

Los pilares hastiales de la estructura están conformados por perfiles metálicos HEB 260, limitados por la esbeltez de la pieza ya que el pilar mayor alcanza una longitud de 11 metros.

### 7.3. Solución 3. Solución mediante arco parabólico de hormigón armado.

El caso particular que vamos a tratar en este anejo consiste en un arco de hormigón armado con una luz entre apoyos de 42 metros, con una inclinación de 47° medidos respecto a la horizontal, y 12 metros de altura en el punto central.

El presente proyecto se encuadra dentro de un estudio de soluciones para la construcción de un hangar en requena, en el que se van a realizar distintas propuestas, utilizando distintos materiales. Las condiciones iniciales necesitaban salvar una luz de 42 metros, y es por esto por lo que se ha decidido elegir el arco como diseño ya que trabajará a compresión principalmente. Debido a que el arco está concebido como una parábola de ecuación

$$y = -\frac{4}{147}x^2 + \frac{8}{7}x$$

el arco no es antifunicular de cargas por lo que la línea de empujes se saldrá de la línea que define la parábola y por tanto aparecerá el fenómeno de la flexión en el arco, lo que hará necesaria la armadura para poder resistir los esfuerzos a los que estará sometido. Por tanto, el arco se ha diseñado mediante una sección rectangular de base de 0,5 m y una altura de 0,7 metros y directriz la parábola anteriormente mencionada.

En los apoyos, se ha modelado un arco articulado en un extremo, y mediante un carrito en el otro extremo, unidos ambos extremos por un cable trabajando a tracción para poder llevarse la componente horizontal del esfuerzo a compresión que le llega al arco en la base, ya que el valor de la misma sería muy similar al valor de la componente horizontal por estar inclinado 47° y obligaría a construir zapatas de grandes dimensiones.

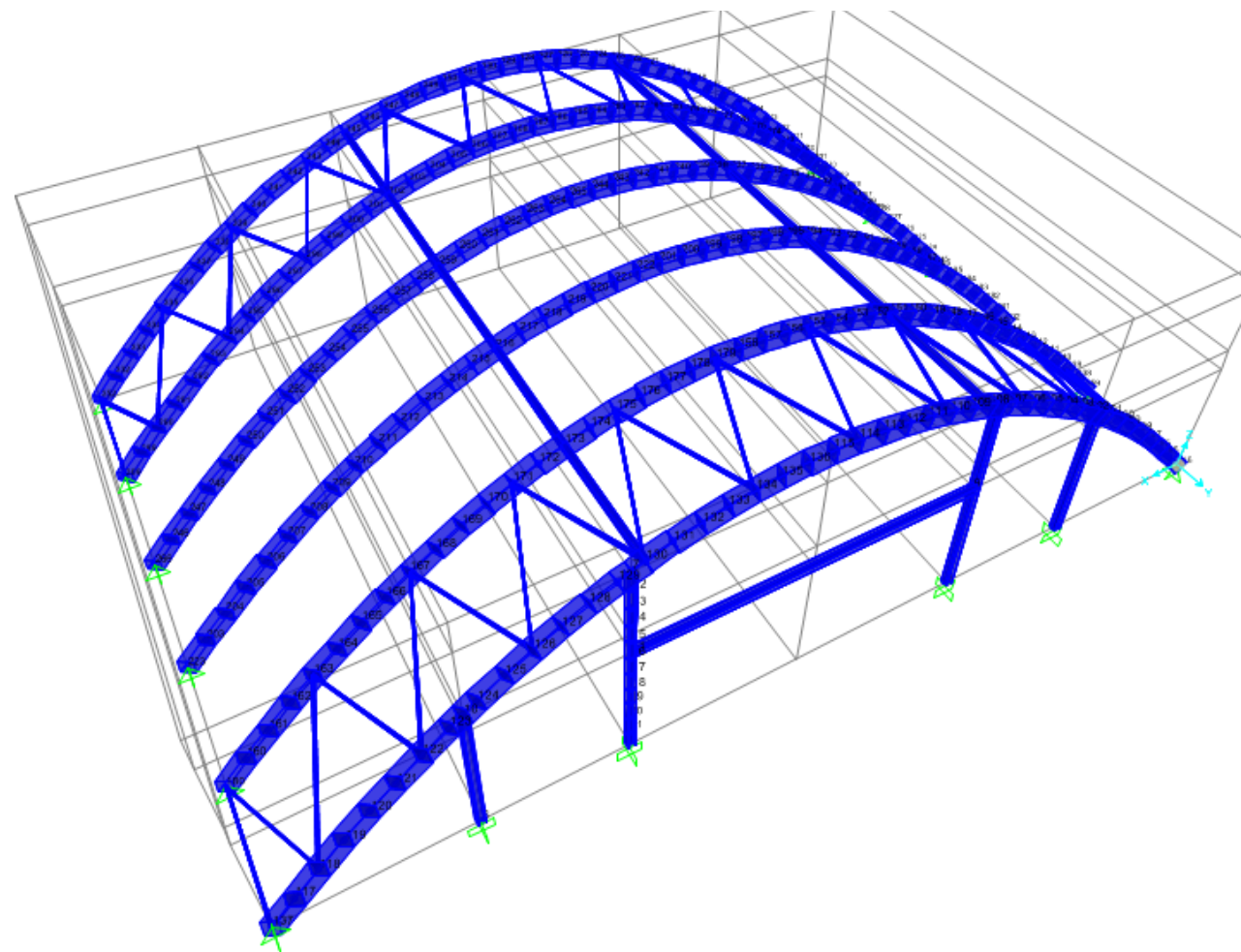
Los arcos se han dispuesto cada 5,6 metros para cubrir los 28 metros que tiene el hangar en la otra dirección, por lo que la estructura estará formada por 6 arcos entre los cuales se dispondrán correas cada 2 metros medidos en la proyección horizontal cuya función principal es la de servir de sujeción a las correas pero además también colaborarán en dar estabilidad a



la estructura en el plano perpendicular a los pórticos frente a la acción horizontal generada por el viento en la fachada.

En los huecos extremos que quedan entre los arcos, se dispondrán UPN que será el elemento que resistirá mayoritariamente los esfuerzos horizontales que el viento genera en la fachada.

La unión del arco a la cimentación se ha diseñado mediante dos chapas metálicas a modo de orejeras que quedan embebidas en el arco durante su construcción y que transmiten los esfuerzos mediante un bulón pasador a la placa de anclaje que se encuentra en la cimentación.



## 7. Documentos que se adjuntan.

- SOLUCIÓN 1: SOLUCIÓN MEDIANTE PÓRTICO METÁLICO CON VIGA EN CELOSÍA.

Anejo I: Análisis estructural.

Anejo II: Diseño cimentación.

Anejo III: Plan de obra.

Anejo IV: Presupuesto.

Planos.

Plano 1. Pórticos. Alzados y perfil.

Plano 2. Planta y vista general.

Plano 3. Detalles uniones celosía y correas.

Plano 4. Detalles.

Plano 5. Planta y secciones losa y viga riostra.

- SOLUCIÓN 2: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO SEMIELÍPTICO DE ACERO.

Anejo I: Análisis estructural.

Anejo II: Diseño geotécnico.

Anejo III: Plan de obra.

Anejo IV: Presupuesto.

Planos.

Plano 1. Definición general de la estructura (1).

Plano 2. Definición general de la estructura (2).

Plano 3. Detalles uniones de la superestructura.

Plano 4. Planta cimentación.

Plano 5. Detalle apoyos arco, tirante, riostras y losa.

Plano 6. Zapata de medianería y asilada.

- SOLUCIÓN 3: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO PARABÓLICO DE HORMIGÓN ARMADO.

Anejo I: Análisis estructural.

Anejo II: Diseño geotécnico.





Anejo III: Plan de obra.

Anejo IV: Presupuesto.

Planos.

Plano 1. Alzado principal y alzado posterior.

Plano 2. Planta.

Plano 3. Planta de cimentación.

Plano 4. Armado longitudinal.

Plano 5. Secciones de armado transversal.

Plano 6. Zapata de medianería y zapata aislada.

Plano 7. Losa de hormigón armado, viga riostra y enano de hormigón armado.

Plano 8. Uniones estructura-cimentación y tirante de hormigón armado.

## 8. SOLUCIÓN ADOPTADA

Criterio	Ponderación	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Estética	40	1	3	2
Mantenimiento	30	2	1	3
Economía	20	3	1	2
Ejecución	10	1	1	1
Nota		1.7	1.8	2.2

Como podemos observar de la tabla, la solución que más se adapta a los criterios demandados es la de solución mediante arco parabólico de hormigón.





# DOCUMENTO N°1: MEMORIA

---

LÓPEZ GARCÍA, ALBERTO  
MARTÍNEZ TORRES, ALBERTO  
PÉREZ GRIÑÁN SERGIO



## DOCUMENTOS TÉCNICOS PREVIOS

### SOLUCIÓN 1: SOLUCIÓN MEDIANTE PÓRTICO METÁLICO CON CELOSÍA WARREN.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.

### SOLUCIÓN 2: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO SEMIELÍPTICO DE ACERO.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.

### SOLUCIÓN 3: SOLUCIÓN MEDIANTE ARCO PARÁBOLICO DE HORMIGÓN ARMADO.

ANEJO I. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

ANEJO II. CIMENTACIÓN.

ANEJO III. PLAN DE OBRA.

PLANOS.

PRESUPUESTO.