



DOCUMENTOS TÉCNICOS PREVIOS

López García Alberto
Martínez Torres, Alberto
Pérez Grinán, Sergio



1. Introducción.

1,1 Un poco de historia.

1.2. Antecedentes.

1.3. Objeto del proyecto.

2. Descripción de la zona.

2.1. Localización.

2.2. Accesos y comunicaciones.

2.3. Condicionantes.

3. Geotecnia y mapas de la zona.

3.1. Objeto del estudio.

3.2. Ensayos realizados.

3.2.1. Trabajos de campo.

3.2.2. Ensayos de laboratorio.

3.3. Caracterización geotécnica de los materiales.

3.3.1. Niveles establecidos.

3.3.2. Parámetros geotécnicos.

3.3.3. Geología de la zona.

3.3.4 Nivel piezométrico.

3.3.5 Aguas subterráneas.

4. Normativa específica.

5. Definición en planta.

6. Descripción de las soluciones.

6.1 Solución 1: Solución mediante pórticos metálicos con celosía Warren.

6.2. Solución 2: Solución mediante arco semielíptico de acero.

6.3. Solución 3: Solución mediante arco parabólico de hormigón armado.



1. Introducción

1.1 Un poco de historia

1.1.1 Introducción

Un hangar es una estructura cerrada para mantener aeronaves y naves espaciales en almacenamiento, producción y 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.

1.1.2 Historia

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.



Figura 1: Hangar "Y". Fuente: Google imágenes.

La construcción del primer hangar rígido LZ1 por el conde Ferdinand von Zeppelin comenzó en 1899 en un hangar flotante en el Lago de Constanza en Manzell. El hangar flotante giraba en la dirección del viento por sí solo, por lo que era más fácil mover el dirigible el hangar contra el viento.

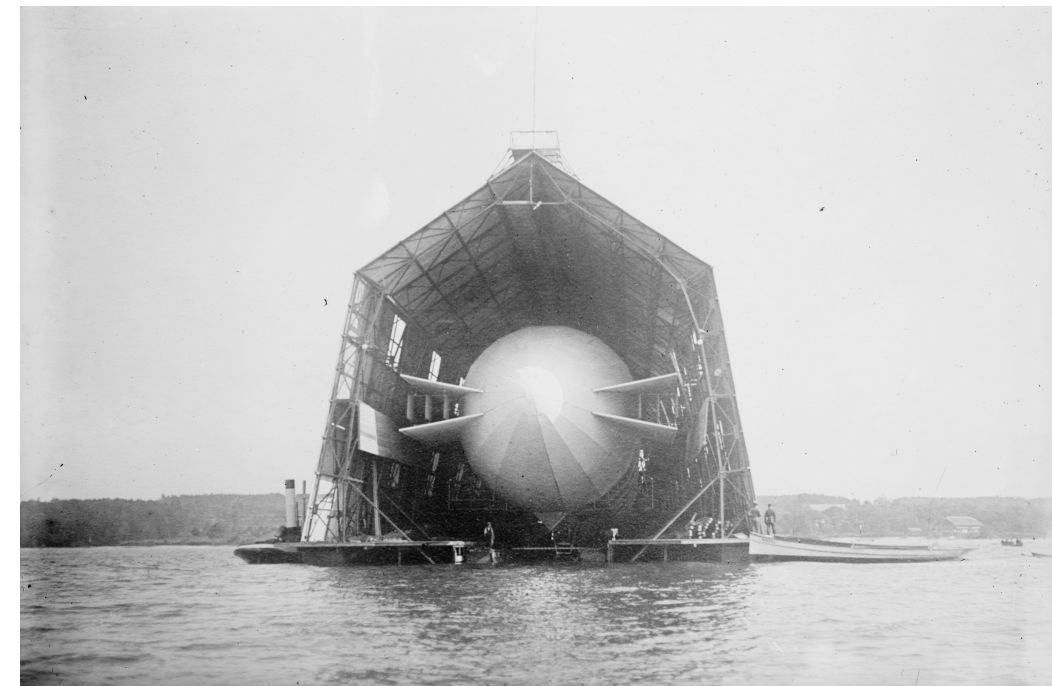


Figura 2: Hangar "LZ1" Fuente: Google imágenes

Por la misma razón, más tarde se construyeron hangares rotativos en Biesdorf (hoy parte de Berlín) y en la base aérea de Nordholz , al sur de Cuxhaven, en Alemania . Ya antes de la Primera Guerra Mundial había cobertizos transportables como hangares para aeronaves más pequeñas eran bastante comunes en los EE.UU. en las ferias o exposiciones. El estadounidense Melvin Vaniman construyó grandes hangares en Francia, en particular para el ejército francés.

1.1.3 Primeros hangares destacables

1.1.3.1 Hangares para dirigibles de Orly (1925)



Los hangares de Orly son unas de las estructuras de hormigón armado más impresionantes realizadas a comienzos del siglo XX. En 1923, las proyectaría el ingeniero francés Freyssinet para acoger y proteger dirigibles en el aeropuerto parisino de Orly.

Este complejo técnico consiste en dos naves abovedadas de más de 300 metros de largo por 60 de altura, formadas por arcos parabólicos a lo largo de una directriz longitudinal. Para su ejecución se utilizarían un sistema de encofrados deslizantes colocados en posición mediante gatos hidráulicos que Freyssinet diseñaría expresamente como agrupación de elementos constructivos reutilizables. Con ello, trataba de simplificar, y en consecuencia abaratar, todo el proceso de construcción y puesta en obra de los materiales necesarios para realizar esos espacios.

Freyssinet propondría así un proceso que se ha repetido luego hasta la saciedad en la construcción contemporánea: El hormigón armado vertido sobre encofrados reutilizables. Todo un invento revolucionario que surgiría de su pensamiento.

Gran parte de la construcción estructural, tanto de edificios como de obra civil, puentes, etc. se basaría desde entonces en el empleo de encofrados reutilizables y fácilmente desmontables sobre los que se colocan las armaduras necesarias para la tracción de los elementos portantes. En esos años, inventaría también el sistema del pretensado de armaduras

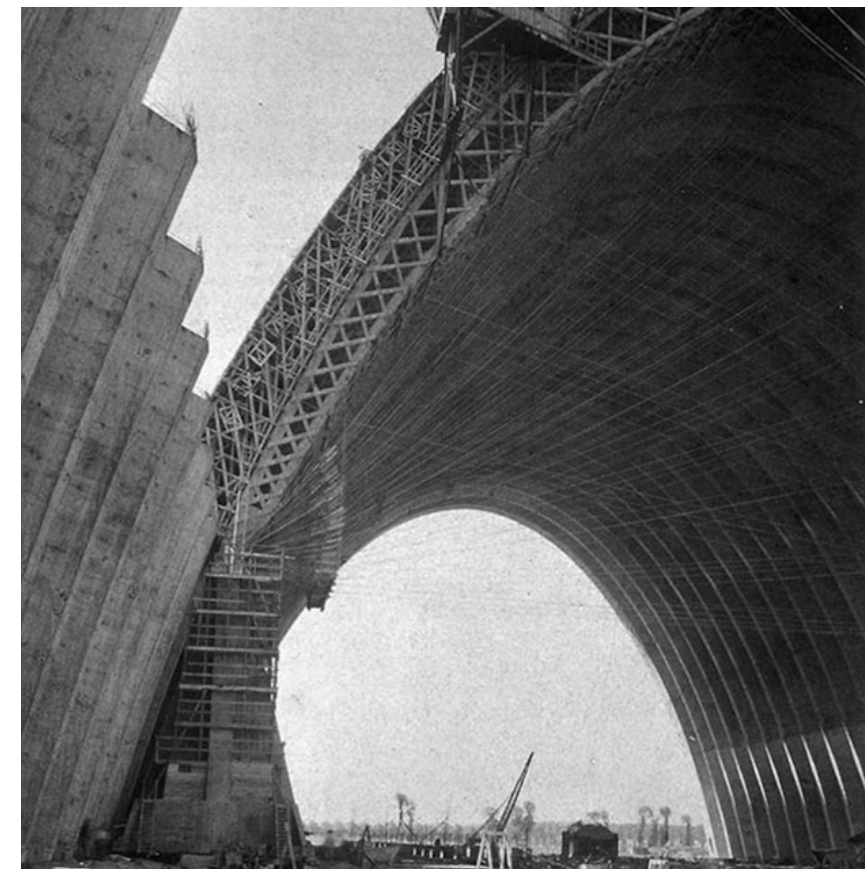


Figura 3: Hangar de Orly Fuente: Freyssinet.com

1.1.3.2 Hangares FAI, Orvieto y Orbetello (1935-1940)

Los grandes hangares construidos para la Fuerza Aérea Italiana entre 1935 y 1940 son un caso donde el contrato fue adjudicado porque la propuesta era sólida tanto desde el punto de vista técnico como económico. Aquí Nervi diseñó una desafiante cubierta geodésica conformada por un esqueleto de arcos secantes que encierran un espacio interno sorprendentemente simple en cuanto a su estructura. El primer hangar fue construido usando técnicas tradicionales. En cambio, Hangar de Orvetello (construido con elementos prefabricados) en los siguientes, Nervi utilizó elementos prefabricados para los arcos, que fueron conectados in situ. Con esto buscó explotar al máximo la libertad estructural y de composición que esta técnica ofrece. El uso de elementos prefabricados en sus obras fue una constante en el trabajo de Nervi .



Los hangares son también las primeras estructuras para las cuales, además de realizar los cálculos estáticos, Nervi utilizó como recurso modelos a escala fabricados en el Instituto Politécnico de Milan por Guido Oberti (1907-2004). Esto fue hecho con el objetivo de verificar la validez de su concepción estructural en las fases finales del proyecto



Figura 4: Hangares de Orvieto y Orbetello. Fuente: Google imágenes

1.1.3.3 Aeródromo Brand-Briesen. (1996)

El aeródromo fue construido por la Luftwaffe durante la expansión de los militares por la Alemania nazi, entre 1938 y 1939.

El hangar fue construido para la producción y operación de las instalaciones CL160 y equipo de ingeniería de la antigua Fuerza Aérea Soviética instalado en el aeródromo de Brand-Briesen, adquirido para permitir el desarrollo y las operaciones.

El hangar (360 m de largo, 220 metros de ancho y 106 m de altura), una maravilla tecnológica en sí mismo. Consta de una cúpula autoportante de acero (barrel-bowl) de construcción lo suficientemente grande como para albergar a la Torre Eiffel. El hangar también estaba equipado con un 180 m mesa de corte para la fabricación de aeronaves.

Cuando la empresa se declaró en bancarrota, se aprovechó para la construcción de un parque acuático.



Figura 5: Hangar de Brand-Briesen. Fuente: Google imágenes

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.

En la parte sur se encuentran tres hangares de 28 x 28 metros de estructura metálica y base rectangular, muy convenientes para pequeñas aeronaves de 12 metros de envergadura. Actualmente el hangar más al oeste está albergando pequeñas avionetas de la escuela de vuelo del propio aeródromo. El hangar central está destinado al hangaraje de aeronaves de más envergadura y la reparación de las mismas. En el hangar más al este se encuentran los



aviones del museo de aviación de la Comunidad Valenciana, albergando avionetas de una envergadura superior a las anteriormente mencionadas. Estas avionetas están cedidas gratuitamente por la CV a cambio de un mantenimiento periódico por parte del aeródromo.

La unión entre los hangares y la pista de aterrizaje pista de rodadura de hormigón, la cual tiene también la función de estacionar aeronaves a la intemperie.

En la zona más al norte de la actuación se encuentra la pista de aterrizaje existente de 955 metros de longitud y 20 metros de anchura con una franja de 30 metros en el lado sur como rodadura de acceso o desalojo de las dos cabeceras por los aviones, más que suficiente como para poder ser utilizada como campo de emergencia eventual por aviones mayores fuera ya de la categoría de aviones ligeros utilizados por la aviación privada.

En la zona oeste del emplazamiento se sitúa el club social, en que se encuentra las oficinas de los gerentes del aeródromo y un amplio comedor para los socios. Cuenta con servicios de restauración y bar, y su construcción sigue los criterios del CTE

1.3 Objeto del proyecto

El objetivo del 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 un 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 piloto y gran variedad de ofertas para diversión y ocio. También se realizan trabajos de mantenimiento de las aeronaves, y es sede de la Fundación Aérea de la Comunidad Valenciana, 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 hace 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 teniendo una gran demanda de sus servicios.

En los últimos años el aeródromo ha experimentado un aumento de avionetas que solicitan hangaraje debido a que este aeródromo queda se encuentra a sesenta kilómetros de la costa valencia y en la temporada de verano sufre numerosas visitas de turismo nacional e

internacional. Además es una alternativa de aterrizaje del aeropuerto de Manises el cual está mucho más saturado y es más caro tanto aterrizar como despegar. Así el aeródromo de El Rebollar supone una alternativa muy buena en precio y proximidad a la costa, con buenas comunicaciones ya que esta junto a la A-3.

Este aumento ha producido que el único hangar que existe actualmente en la pista aérea (realmente se tratan de tres naves dispuestas una al lado de otra) haya quedado muy pequeño y obliga a que gran parte de las avionetas y aeronaves tengan que quedar en la pista adyacente al hangar expuestas a las inclemencias del tiempo, el cual, en Requena, cuenta con un gran contraste de temperaturas máximas y mínimas entre el día y la noche, y además, contando con elevadísimas temperaturas en verano y temperaturas negativas en invierno, lo que produce que las mecánicas se vean muy afectadas.

Este cúmulo de razones ha hecho que los gerentes de este aeródromo se hayan planteado la ampliación de sus instalaciones para poder mantener su estilo fiel de lograr ofrecer unos servicios adecuados a la actualidad y a la demanda y con vistas a seguir siendo referentes en el futuro.

Por tanto, el objetivo del estudio de alternativas es lograr dar una solución que haga que el aeródromo de Requena siga creciendo en un futuro inmediato.

Cada una de las cuatro soluciones que se van a proponer corresponderá a una tipología estructural y materiales distintos, en función de cuál de ellos sea el más adecuado. Estas alternativas deberán tener unas luces mínimas para que las estructuras sean lo más funcionales como sea posible. Además de funcionales, en estos tiempos de crisis también tendrá gran valor que las soluciones propuestas sean eficientes estructuralmente, y por tanto que el coste de las mismas sea el mínimo posible, siempre adecuándose a los requerimientos funcionales, y por supuesto, que tenga una componente estética que haga que se adapte lo mejor posible al paisaje de vides de la zona.



Figura 6: Situación. Fuente: propia

En la imagen insertada se ha realizado un primer replanteo para ver cuál será el trabajo a realizar. En ella se pueden ver que el objetivo de este proyecto es la construcción de un hangar, con las características que se han expuesto anteriormente, pero además también la construcción de una explanada de acceso que sirva de nexo de unión a las avionetas entre la pista de aterrizaje y el hangar a construir. En la fotografía extraída de google earth también se corrobora el gran número de avionetas que se encuentran fuera del hangar ya construido debido a que se han quedado sin espacio, la cual era una de las principales razones por las que se quiere construir uno nuevo.

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.

2. Descripción de la zona

2.1 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.



Figura 7: Situación. Fuente: Google maps



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)

El resto de límites lo forman terrenos agrícolas, fundamentalmente de vid, aunque aparecen también pequeñas zonas de cereal y almendro, todas ellas del mismo propietario que el de la actuación, “Fundación del Santo Hospital de Pobres de Requena”, no teniendo lindes con otros terceros propietarios.

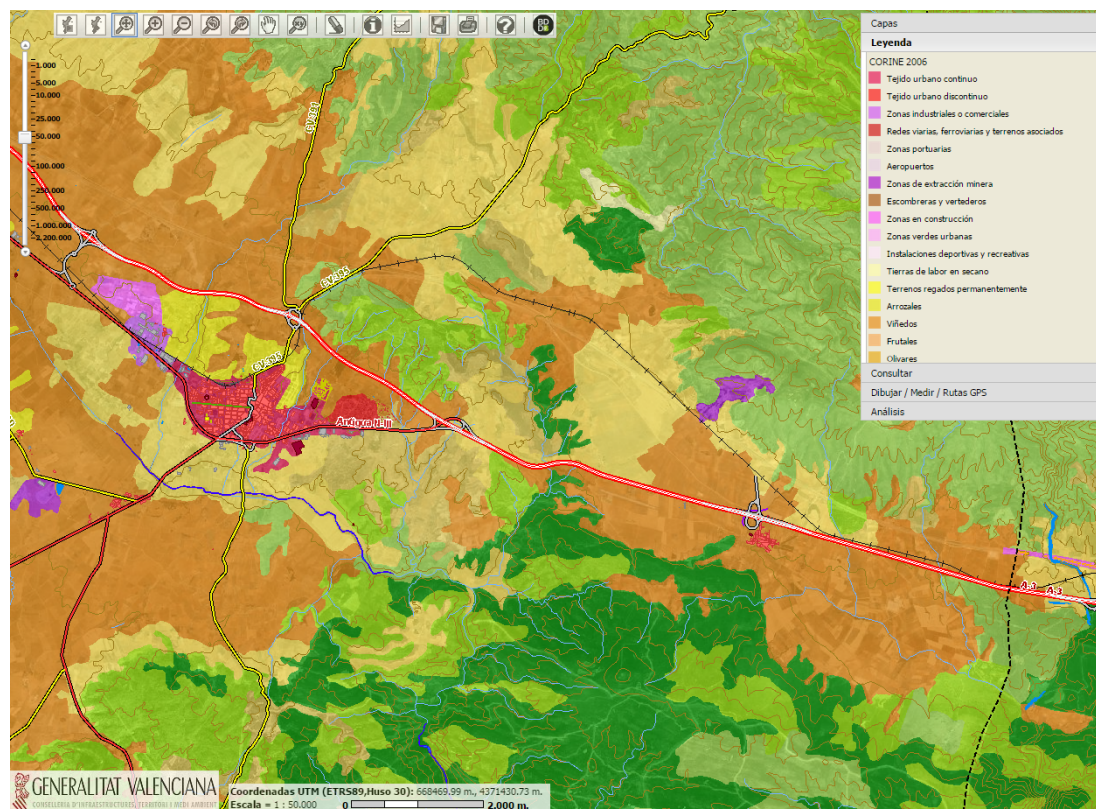


Figura 8: Ocupación del terreno. Fuente: CITMA

Comprobamos mediante el sistema de información de la Comunidad Valencia y su visor temático CITMA el uso de los terrenos próximos al emplazamiento del proyecto. Podemos observar que están ocupados básicamente por campos de vid y terrenos en secano.



Figura 9: Ocupación del terreno. Fuente: CITMA

2.2 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.

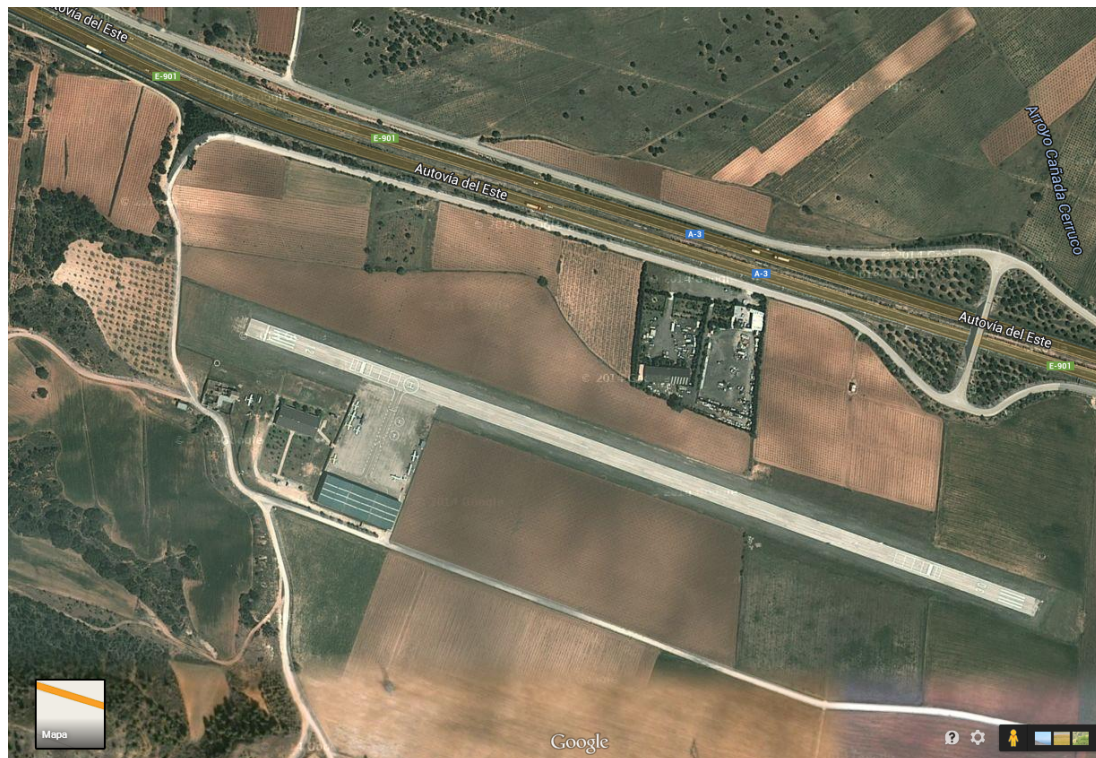


Figura 10: Autovía A-3. Fuente: Google Earth

En un ámbito más próximo al aeródromo, éste queda comunicado con la A-3 por medio de la vía de servicio que finaliza en un camino de tierra de unos 100 metros hasta el Caserío de don Juan. Este camino continua como pista forestal hacia los montes de “La Herrada”.

2.3 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:

2.3.1. Condicionantes urbanísticos

La base del aeródromo se encuentra en terreno agropecuario a las afueras de la población de El Rebollar. En esta ubicación queda prohibida por ordenanza municipal de Requena la construcción de vivienda residencial.

Verificamos esta ordenanza a nivel provincial basándonos en los planos cartográficos del sistema de información territorial del visor temático CITMA de la Comunidad Valenciana:

- 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.

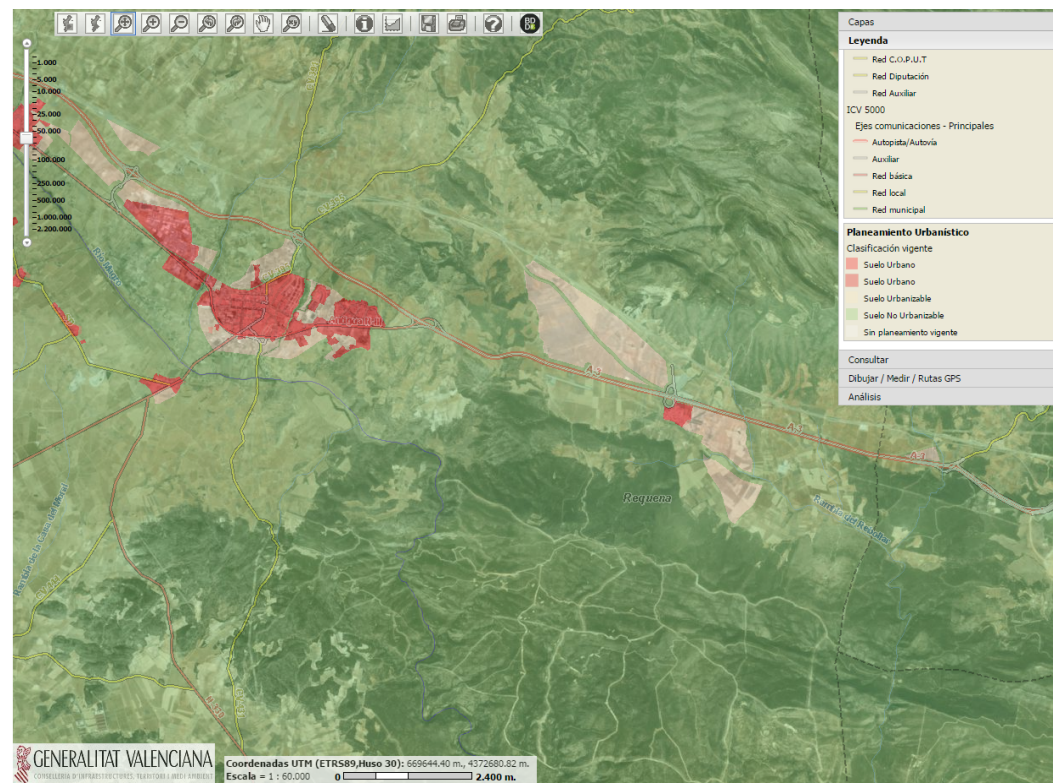


Figura 11: Terrenos urbanizados. Fuente: CITMA

Vemos claramente las zonas urbanizables en color rojo, pertenecientes a la ciudad de Requena y resto de pueblos cercanos como El Rebollar, situado más al este del plano. El resto de terreno de la zona es clasificado como no urbanizable

2.3.2 Condicionantes hidráulicos. Riesgo de inundación

En lo que se refiere a los condicionantes hidráulicos que presenta la zona, cabe citar respecto a la hidrología superficial, que el aeródromo se encuentra limitado al oeste por el Barranco Rubio, al este por el Arroyo Cañada Cerruco y al sur por el río Magro.

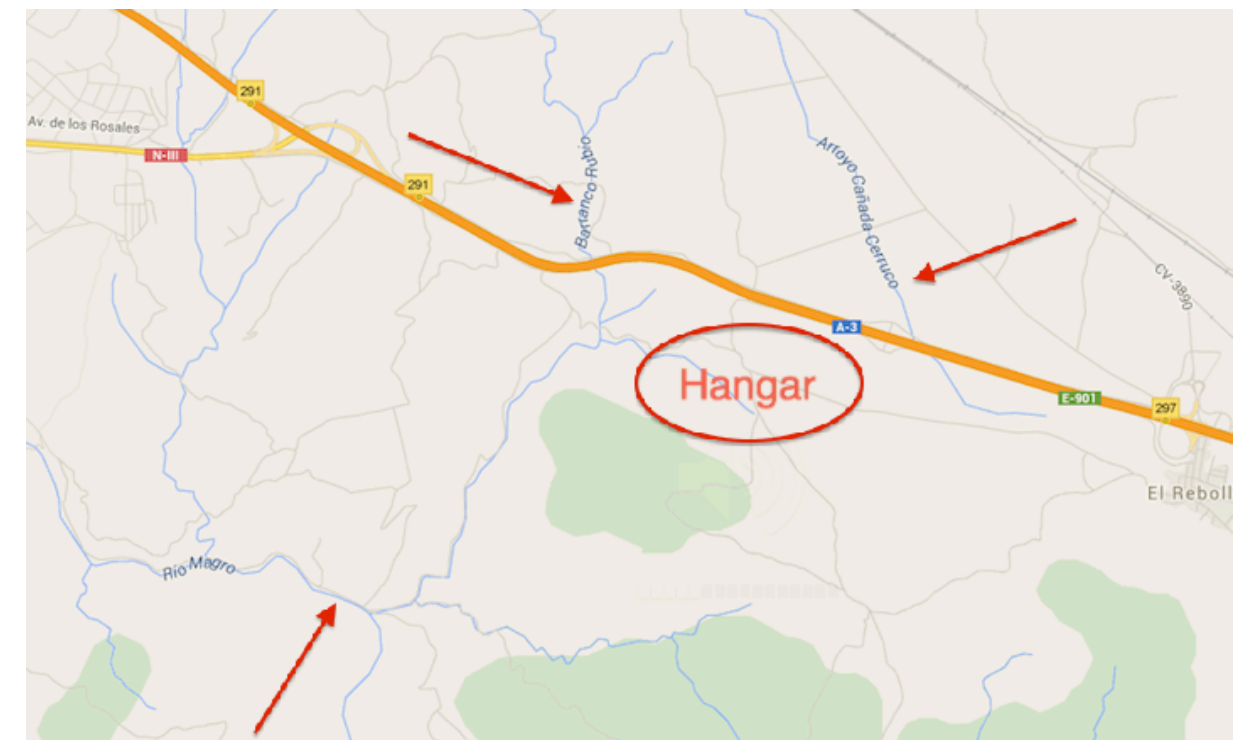


Figura 12: Aguas superficiales. Fuente: Google maps

El río magro es un afluente del Júcar, presenta un caudal constante aunque relativamente escaso e irregular ya que éste depende casi en su totalidad de las precipitaciones recogidas en su cuenca hidrográfica. Por otro lado, tanto el Barranco Rubio como el Arroyo Cañada Cerruco, son dos ramblas puesto que en situaciones normales no presentan caudal en su cauce. El caudal es temporal, debido exclusivamente a las lluvias.

A continuación se muestra el mapa de nivel medio de riesgo de inundación de la Comunidad Valenciana. Éste es de carácter general y se basa exclusivamente en las precipitaciones medias de la zona, sin tener en cuenta los accidentes hidráulicos, las características de éstos ni la sensibilidad de la zona.

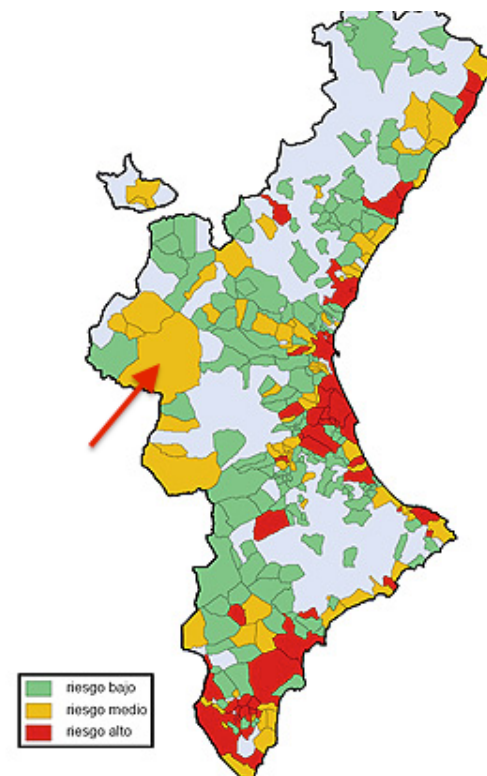


Figura 13: Riesgo de inundación. Fuente: Conselleria de medio ambiente

Más concretamente, basándonos en los planos del PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana) obtenemos el riesgo de inundación de la zona.

Como hemos dicho anteriormente, este riesgo muy bajo y de carácter eventual en función de las precipitaciones de la zona.

El riesgo de inundación del el rio Magro es de nivel 5, mientras que los cauces del rio Cabriel, se sitúan entre los niveles (1-5) debido a su alta variabilidad

Con todo esto, podemos decir, que la zona en la que se encuentra ubicado el aeródromo presenta un nivel medio frente al riesgo de inundaciones, como podemos observar en el siguiente mapa que indica por colores el riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana en función de las precipitaciones

- Hidrología subterránea:

El término municipal de Requena pertenece al Sistema Acuífero nº 53 que abarca una superficie de 3.100 Km². El sistema se halla dividido en tres subsistemas en función de la existencia de tres dominios tectónicos y sedimentológicos con claras implicaciones hidrogeológicas. Estos subsistemas son:

1. Subsistema acuífero de Las Serranías. 08.18
2. Subsistema acuífero de la Plana Utiel-Requena. 08.24.
3. Subsistema acuífero de Buñol-Casinos. 08.23

El emplazamiento de nuestro hangar se encuentra bajo el subsistema acuífero de la Plana Utiel-Requena. 08.24.

Posteriormente en los condicionantes medioambientales se describirá el riesgo de contaminación al que está expuesto este subsistema.

La alimentación y recarga se produce prácticamente por la infiltración del agua de lluvia caída sobre sus materiales permeables, mientras que las salidas del acuífero se realizan fundamentalmente al río Júcar, a través de los diversos manantiales que jalonan el curso del río, y otro que se encuentran dispersos dentro de él.



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN HANGAR EN EL AERÓDROMO DE EL REBOLLAR. REQUENA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ETSICCP

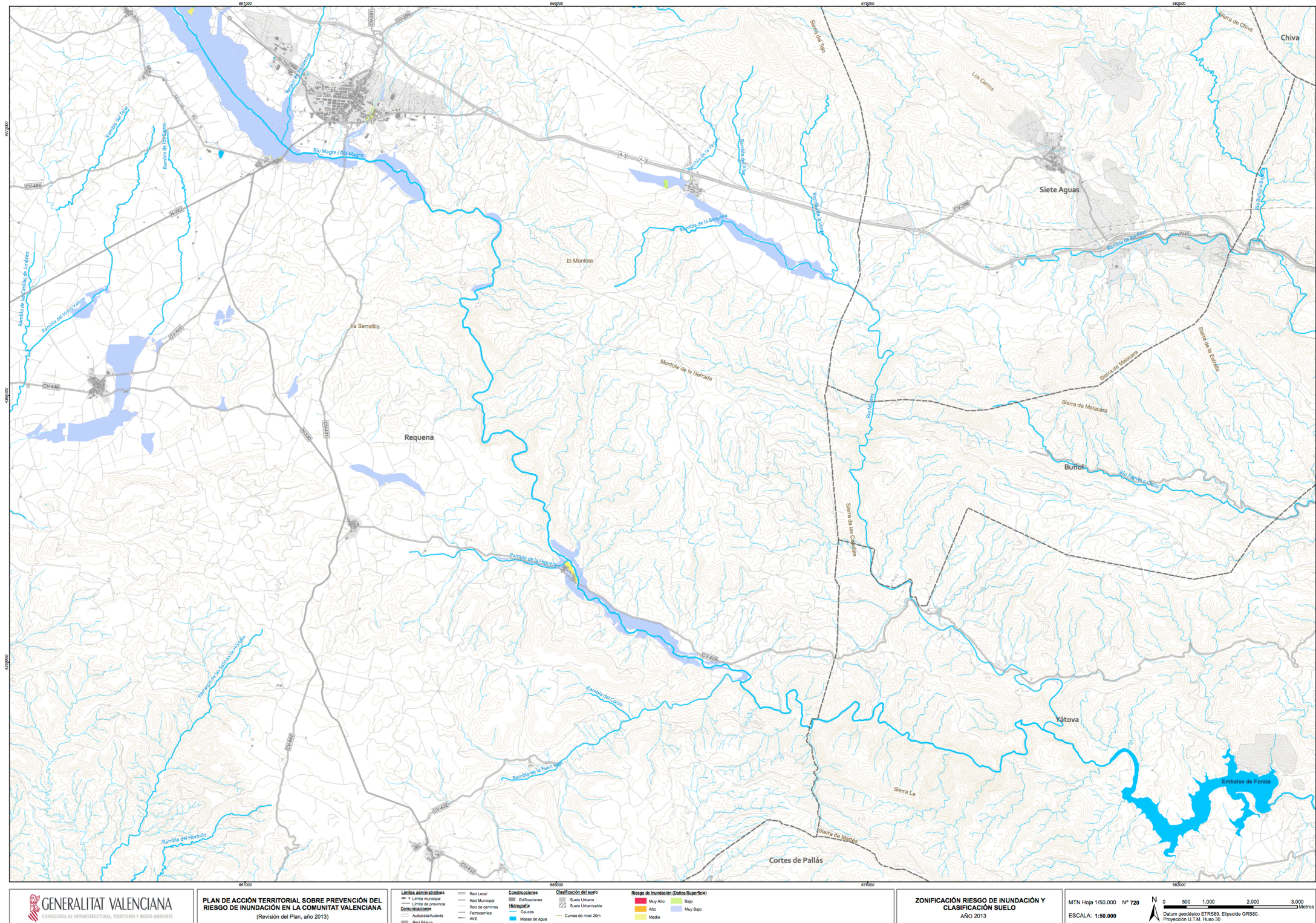


Figura 14: Plan de acción territorial. Fuente: Conselleria de medio ambiente



2.3.3. Información geológica-morfológica.

La localidad de Requena se encuentra situada en las estribaciones Surorientales de la Cordillera Ibérica, cerca de la zona de intersección con el borde Nororiental de la Cordillera Bética.

En las sierras de los alrededores los materiales aflorantes pertenecen al periodo Jurásico, en concreto a los pisos Hettangiese y Sinemuriense. Están formados por dolomías masivas, oquerosas, recristalizadas, de tono gris claro y rosáceo y por dolomías brechoides. Estos materiales presentan una potencia superior a los 150 metros. En el valle se localiza una formación de calizas lacustres, margas arcillosas y areniscas del Mioceno medio-superior.

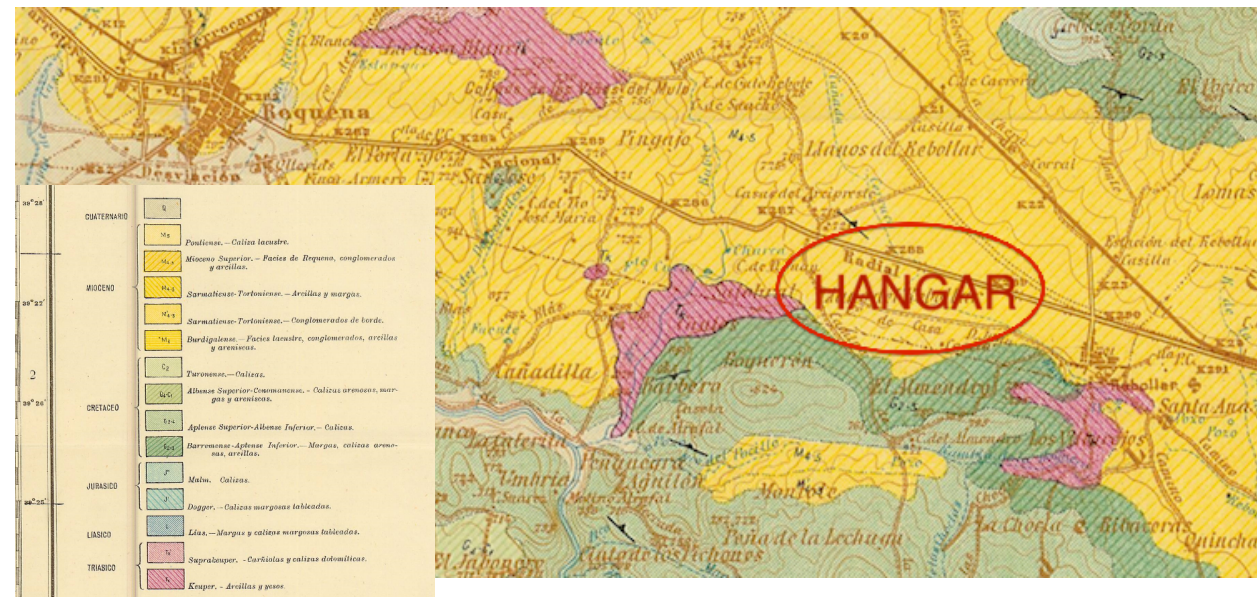


Figura 15: Composición del suelo. Fuente: Instituto geológico y minero

La morfología de las rocas calizas y dolomíticas que se localizan en la Sierra Cabrera se denomina carniola (roca carbonatada oquerosa o cavernosa derivada de brechas en las que los cantos han sido disueltos y/o sustituidos por arcillas).

La mayor parte de las estructuras, sobre todo las que afectan al sustrato presentan una directriz ibérica (NW-SE), con grandes pliegues “en cofre” constituidos por un núcleo casi horizontal y flancos apretados y fallados.

Los materiales del Jurásico han sido explotados fundamentalmente para la fabricación de cemento. En los alrededores de Buñol se localizan las canteras de La Rebovera donde se extraen calizas y margas.

No se tiene constancia de una actividad tectónica de importancia, únicamente son reseñables los movimientos rodánicos, a los que se atribuye el encajamiento de la red fluvial y la formación de terrazas.

Por último comentamos que los sedimentos cortados pertenecen a depósitos aluviales y de terrazas del río Magro y barrancos afluentes donde la mayor parte de los depósitos son materiales detríticos, alternando niveles de finos, fundamentalmente limosos, con otros más gruesos de arenas y gravas, aunque no es descartable, teniendo en cuenta la competencia de parte de los materiales prospectados, que pudieran pertenecer a la formación miocena en sus tramos detríticos

En cuanto al carácter geotécnico de la zona donde se desarrollará la obra, no encontramos grandes limitaciones para la ejecución del hangar ya que el terreno presenta:

- Expansividad nula
- Capacidad de carga media
- Drenaje por infiltración: generalmente favorable
- Drenaje por escorrentía: aceptable
- Materiales generalmente permeables

2.3.4 Información medioambiental:

Los condicionantes medioambientales de este proyecto no son muy relevantes. El emplazamiento de la obra queda definido sobre terrenos conglomerados y arcillas en la explanada de El Rebollar, a las faldas de los montes de la “Herdada”, rodeado de viñas.

En la explanada de El Rebollar la flora y fauna no tienen mucha relevancia. La flora de esta zona está formada totalmente de viñedos, mientras que la fauna es prácticamente inexistente, reducida solo a pequeñas poblaciones de conejos en determinados periodos del año.



La sierra de la “Herrada” posee mucha más biodiversidad. La flora de esta zona está compuesta mayoritariamente por pino, carrasco, alzina y matorrales propios del clima mediterráneo. Respecto a la fauna cabe destacar la existencia de cotos privados de caza en los que suele haber ciervos, jabalíes y perdices.

La ejecución del proyecto en el aeródromo no debe afectar a esta sierra. Éste hecho no será ningún inconveniente dado que no se prevé que la zona de influencia sea muy expansiva, ciñéndose únicamente a la zona de la actuación.

Un tema muy actual es el vertido de residuos que se pueda ocasionar durante la ejecución de la zona. Actualmente la comarca de Requena dispone de vertederos controlados en los que separar el tipo de escombros según sea limpio o sucio.

Otro tipo de condicionante medioambiental a tener en cuenta es la contaminación de los acuíferos de la zona. Este tipo de contaminación depende de las características de los materiales del suelo. Como anteriormente hemos dicho, estos terrenos están formados por arcillas y conglomerados.

Los acuíferos de esta zona son detríticos según el Instituto Geológico y Minero de España. Los materiales de estos acuíferos son permeables por porosidad como puede apreciarse en el siguiente mapa.

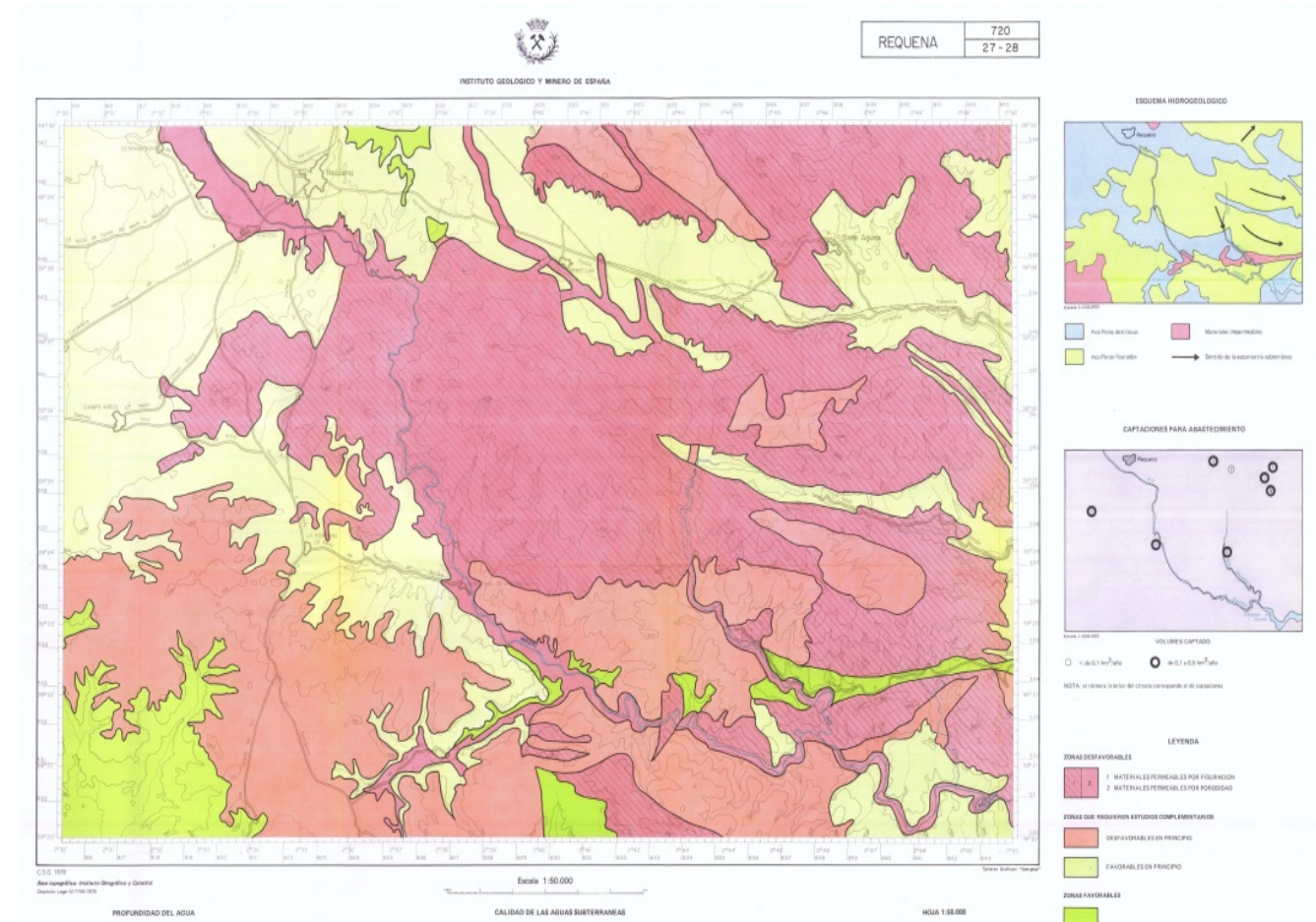


Figura 16: Mapa de vertido de residuos. Fuente: Instituto geológico y minero

2.3.5. Condicionantes climatológicos.

El término municipal de Requena se encuentra dentro del clima tipo H, o lo que es lo mismo, clima del sector central occidental, con clima del sector central occidental, con precipitaciones alrededor de 450 mm anuales, regularmente repartidos a lo largo de todo el año, excepto el periodo seco estival de julio a agosto. La continentalidad y la altitud afectan a las temperaturas que se reducen notablemente, aumentando la oscilación térmica y las heladas con respecto a las zonas de la costa. Para el análisis del clima en Requena se han tomado datos de la estación termopluviométrica de Requena perteneciente a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Consideramos suficiente los datos de una única estación meteorológica porque conforman un periodo extenso y adecuado para hacer un buen análisis (el periodo



objeto de estudio es de 1975 a 2005). En Requena existen diferencias entre las temperaturas máximas y las mínimas y aunque el efecto de la continentalidad es más acusado que en la zona del litoral, no se dan las grandes oscilaciones térmicas características del interior de la península. En la siguiente tabla se muestran los valores de los parámetros más significativos:

Tabla 1: Variables termométricas de la estación de Requena, (1975-2005).

Variables	Unidad de medida	Valor aproximado
Temperatura media anual	°C	14,6
Temperatura media máxima	°C	20,6
Temperatura media mínima	°C	8,6
Nº medio anual de días de helada	Días	35,8

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología, 2007.

Las temperaturas medias, y las medias de las máximas y mínimas anuales de la estación de Requena se muestran en la siguiente tabla:

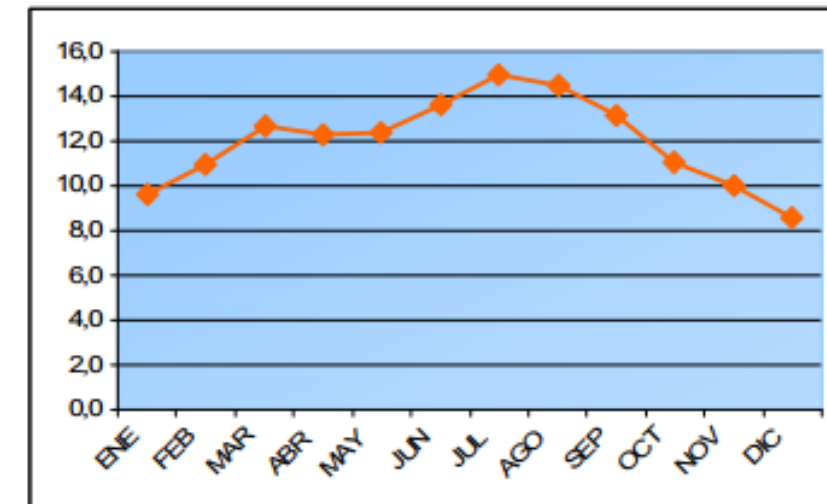
Tabla 2: Temperaturas medias, media de las mínimas y máximas. Estación de Requena (1975-2005).

ESTACIÓN DE REQUENA												
°C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tª media	6,3	8,1	10,6	12,2	15,8	21,0	24,3	24,2	20,5	15,3	9,9	7,0
Media de las máximas	11,1	13,5	17,0	18,3	21,9	27,8	31,7	31,5	27,0	20,8	14,9	11,2
Media de las mínimas	1,5	2,5	4,3	6,1	9,6	14,1	16,8	17,0	13,9	9,7	4,9	2,7

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología, 2007.

Las mayores temperaturas se dan durante los meses de julio y agosto, se observa también que las temperaturas mínimas en ningún caso son menores de 0 °C. En el siguiente gráfico se muestra la oscilación térmica a lo largo del año, como diferencia entre las medias de las temperaturas máximas y mínimas.

Gráfica 1.- Oscilación térmica a lo largo del año. Estación de Requena (1975-2005).



Fuente: Elaboración PYEMA a partir de datos del INM, 2007.

El nivel de precipitaciones en el municipio de Requena es escaso, con unos 450 mm al año; las lluvias se concentran en los meses de otoño e invierno existiendo un periodo de sequía estival.

El nivel de precipitaciones en el municipio de Requena es escaso, con unos 450 mm al año; las lluvias se concentran en los meses de otoño e invierno existiendo un periodo de sequía estival.

Debido a la situación de Requena respecto a la costa, se producen heladas, principalmente en diciembre, enero y febrero. Destacan los años 1999 y 2005 ya que se producen el doble de heladas o incluso más que el resto de años. El municipio se encuentra en una zona de transición, por lo tanto, podemos concluir que la inversión térmica ocurre con poca frecuencia en la zona objeto de estudio, por lo menos, en la zona cercana a la estación termo pluviométrica ya que si existen diferencias de altitudes en la zona.

Los días de nieve y granizo no son muy frecuentes en Requena, con 2 y 1 día de promedio respectivamente para dichos fenómenos. Los días de rocío se podrían considerar casi inexistentes con un 0,03 de media para todo el período estudiado.



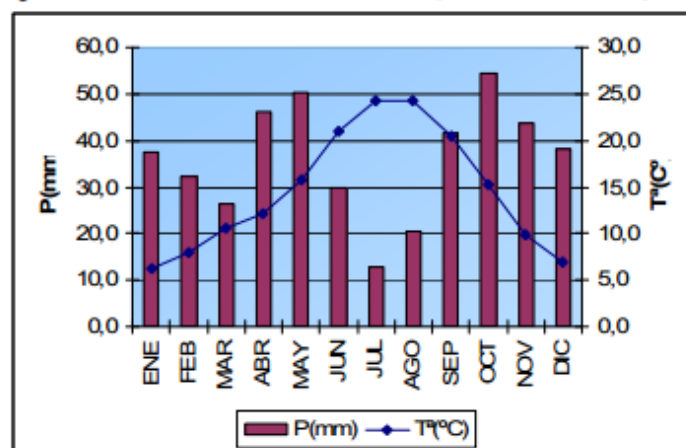
Tabla 3: Variables pluviométricas de la estación de Requena (1975-2005).

Variable	Ud. medida	Valor aproximado	
Precipitaciones totales anuales	mm y %	433,6	100,0%
Precipitación media primavera	mm y %	122,8	28,3%
Precipitación media verano	mm y %	63,3	14,6%
Precipitación media otoño	mm y %	139,5	32,2%
Precipitación media invierno	mm y %	108,0	24,9%
Nº medio de días de lluvia al año	días	66,9	
Nº medio de días de nieve al año	días	2,2	
Nº medio de días de granizo al año	días	1,1	
Nº medio de días de rocío al año	días	0,03	
Intensidad diaria media de las lluvias (cociente entre pptn total anual y nº anual de días de pptn)	mm/días pptn	6,5	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INM, 2007.

La representación conjunta de los datos de temperatura y precipitación mensual, de modo que T=2P1 se denomina diagrama ombrotérmico, éste permite conocer los meses secos, es decir, aquellos en los que la temperatura es superior a la precipitación.

Gráfica 2.- Diagrama ombrotérmico de la estación termopluviométrica de Requena (1975-2005).



Fuente: Elaboración PYEMA a partir de datos del INM, 2007.

En cuanto a los riesgos climáticos podemos encontrar:

- Aguas torrenciales: no constituyen un riesgo importante.
- Inundaciones: las zonas de inundación son los cauces de los ríos Cabriel (riesgo 1 y 5) y Magro (riesgo 5).

- Granizo: la incidencia del granizo es escasa pudiendo aparecer con una frecuencia aproximada de una vez cada varios años.
- Incendios provocados por tormentas secas: el riesgo de incendio es muy elevado debido a la importante masa forestal con la que cuenta el municipio.
- Vientos

El régimen de vientos determina en parte el clima de la zona y se podría decir que son más fuertes en invierno que en el resto de las estaciones y además predominan aquellos del Oeste. En verano predominan los vientos de componente Este ya que se ven reforzados por las brisas marinas.

Respecto al régimen de vientos en Requena, no existen datos de la zona, pero tenemos datos del viento en la provincia de Valencia:

Tabla 4.- Frecuencia de las direcciones predominantes de los vientos. 2007.

DIRECCIÓN	FRECUENCIA (%)
E	13.2
W	14.1
SE	8.6
NW	6.3
Calmas	24.8

Fuente: Atlas climático de la Comunidad Valenciana, 1990.

Tabla 5.-Velocidades medias en las direcciones de vientos dominantes. 2007.

DIRECCIÓN	FRECUENCIA (%)
E	13.2
W	14.1
SE	8.6
NW	6.3
Calmas	24.8

Fuente: Atlas climático de la Comunidad Valenciana, 1990.

En Requena, el relieve contrastado debido a la disposición de sierras, valles, cubetas y altiplanos, no es favorable a la penetración de la influencia marítima.



3. Geotecnia y mapas de la zona.

3.1 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.

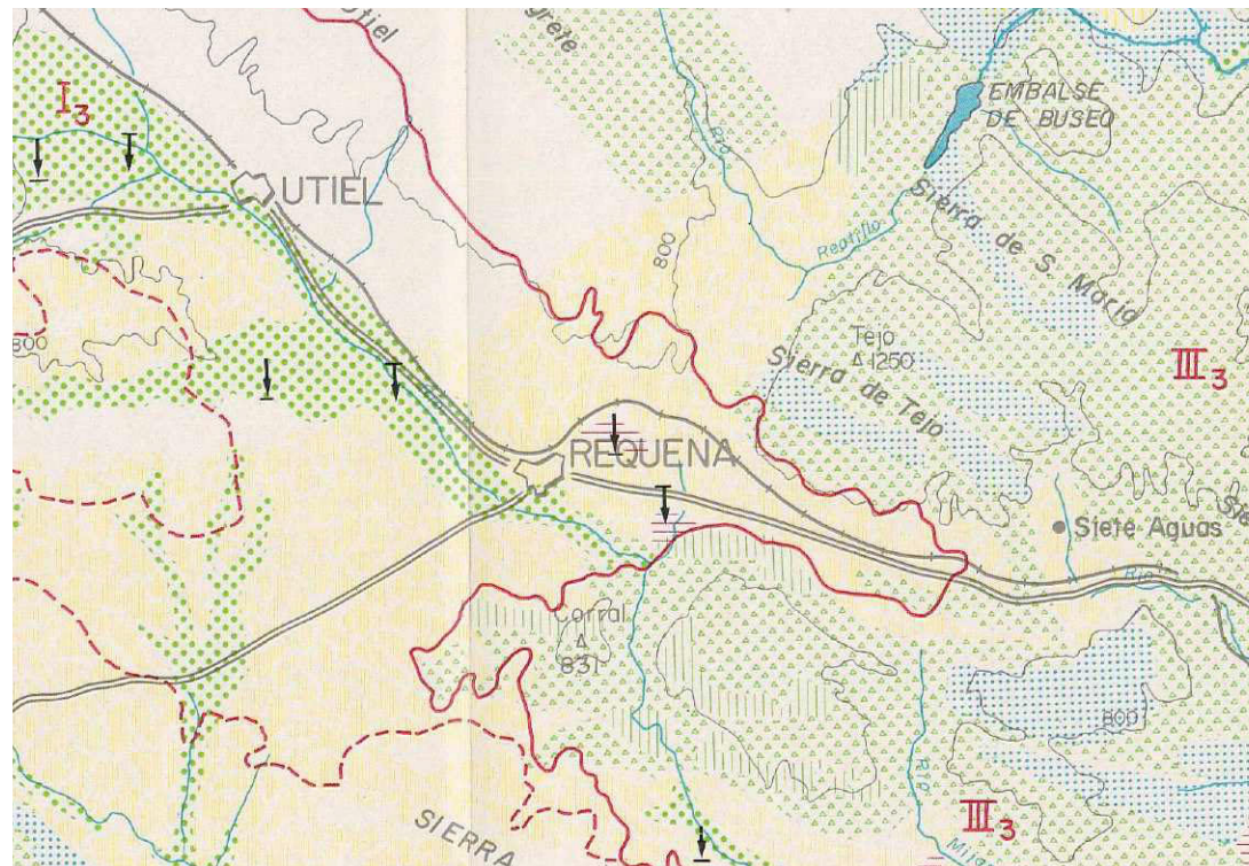


Figura 17: Mapa de geotécnico general. Fuente: Instituto geológico y minero

3.2 Ensayos realizados.

Para obtener las características del terreno es necesario realiza sondeos y ensayos de laboratorio que las determinen.

3.2.1 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.

Además del ensayo SPT (UNE 103800/92) también se han tomado muestras inalteradas (INAL ASTM D-1587/83 y D-3550/84) , toma de muestra parafinada (TP UNE 7371/75), y toma de muestra de agua freática (MA UNE7236/71).

3.2.2. 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)



Los ensayos que se enumeran en este apartado son el resultado de reflejen lo mejor posible las características del suelo, y para ello ha sido necesario tener en cuenta que tipo de terreno ha sido atravesado y el diseño de la obra que se va a realizar.

Para poder identificar el suelo se han llevado a cabo análisis granulométricos por sedimentación, límites de Attenberg y determinaciones de humedades.

Para poder determinar las características resistentes de nuestro terreno se han realizado ensayos de compresión simple sobre muestras inalteradas.

Para estudiar la agresividad de la roca frente al hormigón se han realizado ensayos de determinación del contenido en sulfatos.

También se ha obtenido el módulo de elasticidad a partir del número de golpes del ensayo de penetración estándar.

3.3 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.

3.3.1 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.

• SONDEO NÚMERO 2.

- NIVEL 1. (0m-0,3m). En la parte más superficial, hasta una profundidad de 0,3 metros encontramos un terreno denominado en el sondeo limos arenosos con algunas gravas con presencia de raíces. (suelo vegetal). Por tanto, se trata de un suelo de mala calidad, con escasa resistencia y que no puede servir como plano de cimentación.
- NIVEL 2. (0,3m-2m). En el siguiente nivel de este sondeo encontramos un terreno denominado en el acta de sondeo como limos arenosos con gravas algo mas arcillosos hacia la base. Se trata de un terreno de mejor calidad que el inmediatamente superior y que puede servir de plano de cimentación.
- NIVEL 3. (2m-5,15m). En esta cota podemos encontrar un terreno denominado en el sondeo limos arenosos de color rojizo con presencia de concreciones y nódulos carbonatados. Este terreno, al igual que el anterior es muy similar al encontrado en el sondeo 1 con algunos matices.
- NIVEL 4. (5,15m-7m). En la parte más profunda del sondeo encontramos limos arcillosos de color rojizo con presencia de concreciones y nódulos carbonatados. Es decir, este es el mismo terreno que aparecía a partir de 1 metro de profundidad en el sondeo 1 hasta el final de sondeo, y se puede empezar a concluir que este será el tipo de terreno que existe en la zona y a partir del cual se cimentará nuestra estructura.

Se puede concluir a partir de los dos sondeos que el primer metro de terreno deberá ser retirado al tratarse de terreno vegetal que no cuenta con la resistencia necesaria al ser de mala calidad. Además, en lo visto en los dos sondeos se puede decir que se trata de un terreno limoso con arenas, gravas y arcillas en función de la profundidad y ciertos matices que lo caracterizan.



Al tratarse principalmente de terrenos limosos puede ser muy susceptibles en el caso de que apareciese agua es esta zona, sin embargo, en los sondeos realizados no hay presencia de nivel piezométrico y por tanto, no será tan susceptible a que la gran cantidad de partículas finas sean lavadas en caso de lluvias abundantes y por tanto no se minorará tanto la resistencia del terreno.

Estos materiales corresponde a tramos detríticos de la formación del Mioceno aunque modificados o removidos debido a la acción del río Magro que está muy cerca de la zona.

Tras haber descrito cada uno de los niveles de los sondeos, se han clasificado los materiales atendiendo a la clasificación AASHTO y se ha concluido que son materiales del tipo A-4/A-6 y si atendemos al criterio ASTM la clasificación es ML/ML-CL/CL.

Se ha realizado un análisis granulométrico suelos finos por sedimentación mediante el método del densímetro (UNE 103102/95). El resultado de este ensayo se muestra en el anejo IV de este documento.

Para el sondeo 2 se ha determinado el límite líquido del suelo (UNE 103103/94) mediante el aparato de Casagrande con dos puntos con un número de golpes de 17 y 35 respectivamente y una humedad el 20,43% y 18,67 % respectivamente. El límite plástico también se ha determinado. Los resultados obtenidos han sido de límite líquido de 19,5 y límite plástico de 12,6 obteniendo un índice de plasticidad de 6,9.

Para el sondeo 1 se han realizado estos dos mismo ensayos con resultados de límite líquido de 31,8, límite plástico de 16 y por tanto un índice de plasticidad de 15,8.

Por último también se han realizado ensayos de compresión simple mediante gráficas de tensión deformación.

Todos los resultados se pueden encontrar más detallados en el acta del anejo IV de este documento geotécnico.

3.3.2 Parámetros geotécnicos.

A partir de todos los ensayos realizados se han podido determinar los parámetros geotécnicos que se adjuntan en la siguiente tabla. Los parámetros son los referidos al nivel dos del sondeo uno, que será el terreno en el que se encuentre el plano de cimentación.

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS CALCULADOS Y ESTIMADOS

SONDEO	SONDEO 1	SONDEO 2
Naturaleza del suelo	Limos arcillosos	Limos arenosos
Peso específico de partículas gr/cm ³	2.688	2.688
Peso específico seco gr/cm ³	1.97	1.93
Peso específico aparente gr/cm ³	2.24	2.13
Peso específico saturado gr/cm ³	2.24	2.21
Peso específico sumergido gr/cm ³	1.24	1.21
Porosidad %	26.7	28.2
Índice de poros	0.364	0.393
Humedad natural %	13.5	10.5
Grado de saturación %	92.2-saturado	50.9
Ángulo de resistencia interna °	20-25	25-30
Cohesión Kg/cm ²	1.5-2.25	0.1-0.5
Resistencia a compresión Kg/cm ²	5.43	---
Modulo de deformación Kg/cm ²	180-280	250-400
Coefficiente de Balasto (%) Kg/cm ³	8.0-12.5	19.0-30.0
Contenido de sulfatos % SO ₄	< 0.1	< 0.1

Figura 18: Parámetros geotécnicos. Fuente: Informe geotécnico.

3.3.3 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.

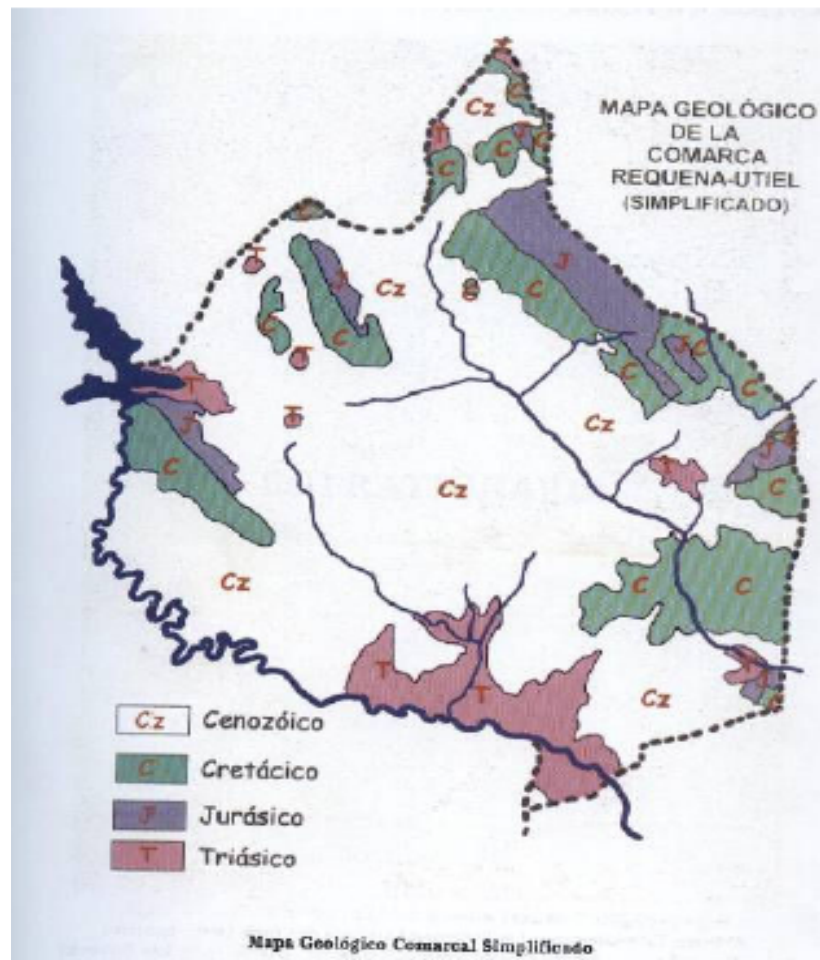


Figura 19: Mapa geológico. Fuente: Instituto Geológico y Minero.

3.3.4 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 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.

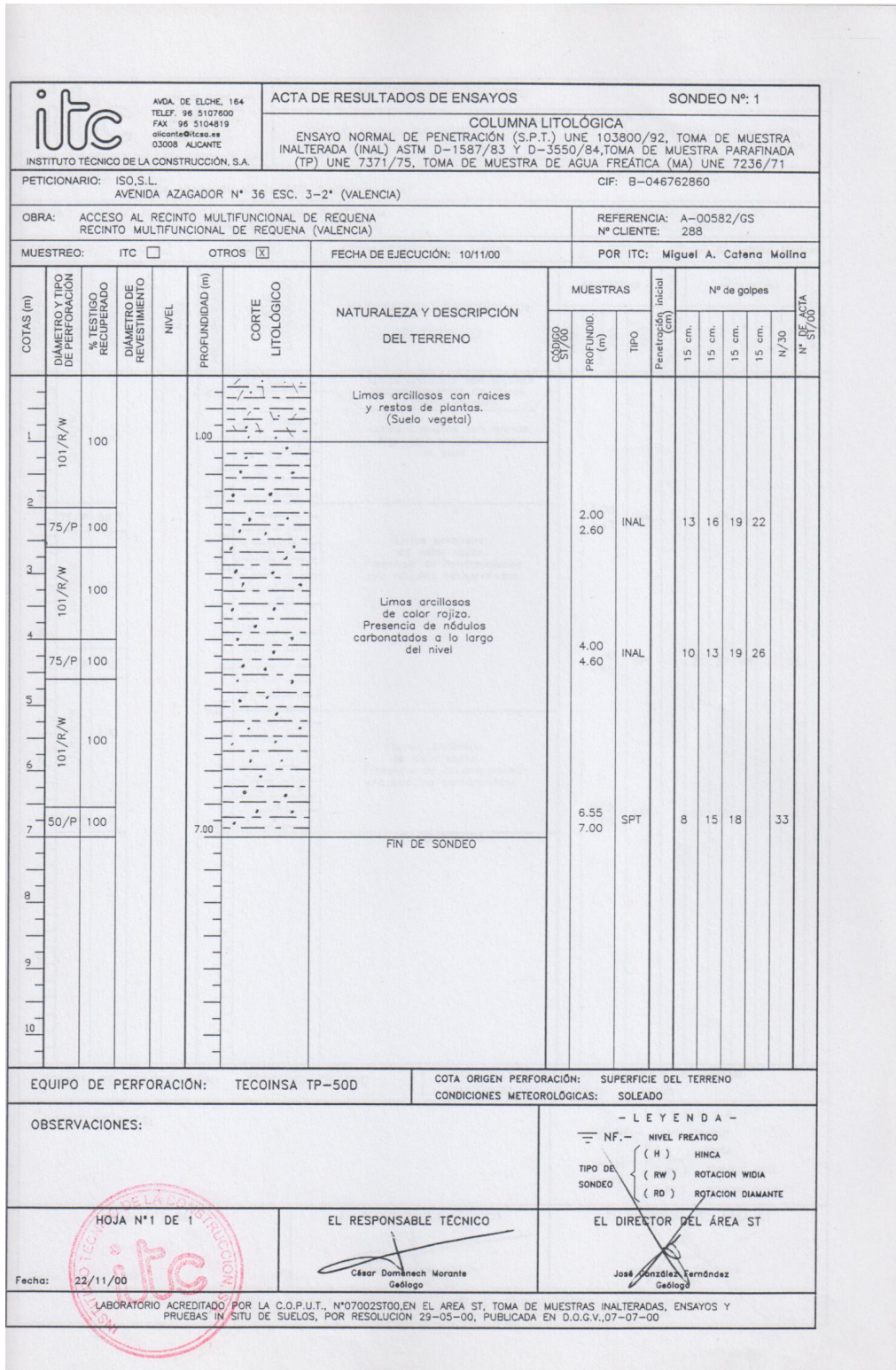
Según el Diagnóstico Ambiental de Requena, existe una continuidad en los valores de los niveles piezométricos presentando una mínima variación. Siendo el mínimo nivel de 8,92 metros y el máximo nivel de 13,28 metros.

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

3.3.5 Agua subterránea

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 Km². 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.



3.3.6 Cota de cimentación.

Un parámetro importante para el proyecto es la cota de cimentación de la estructura. Esta se define a partir de las columnas del sondeo del estudio geotécnico. En estas se muestra los tipos de terreno que conforman el suelo y la profundidad a la que se encuentran cada uno de los estratos hasta una profundidad de 10 metros aproximadamente. En este informe también aparece el ensayo SPT, el cual nos da la resistencia a la penetración del terreno que forma el subsuelo de la cimentación del terreno en función del número de golpes.

La fracción fina (fracción que pasa por el tamiz nº 40) no es plástica. Se trata de limos inorgánicos, arenas muy finas y polvo de roca. Más del 12% de los finos pasa por el tamiz nº 200, con diámetros de grano inferior a 0.74mm, lo que nos coloca en las gravas limosas enunciadas anteriormente. Este resultado concuerda a la perfección con lo que podíamos esperar en el Llano del Rebollar, ya que éste no es más que un glacis cuaternario. En la Comunidad Valenciana y en términos geológicos, las manchas de zonas de la era cuaternaria existentes, (y acabamos de decir que este llano lo es), se caracterizan en su inmensa mayoría desde el punto de vista estratigráfico por estar formadas por gravas, arenas y tierras calizo-arcillosas, como en este caso. Por lo que podemos considerar estos suelos de semipermeables a impermeables

Figura 20: Columna litológica. Fuente: Estudio geotécnico.



Anejo I. Situación geológica.

A través del Instituto Geológico y Minero de España hemos podido tener acceso al documento pdf del mapa geológico de la zona de requena y que se adjunta a continuación.

SIMBOLOS CONVENCIONALES

-----	Contacto concordante	-----	Contacto concordante supuesto
- - - - -	Contacto discordante	-----	Contacto mecánico
-----	Antrópico	-----	Falla conocida
-----	Falla supuesta	▲ ▲ ▲ ▲	Cabalgamiento conocido
↑ ↑ ↑	Anticlinal	↑ ↑ ↑	Anticlinal supuesto
↓ ↓ ↓	Sinclinal	⊥	Fotogeología 0-15
+	Estratificación subhorizontal	+	Estratificación subvertical
⊥	Estratificación invertida	f	Fósiles (en general)

LEYENDA

CUATER	HOLOCENO		0	26	27	28	29	30
	PLEISTOCENO		26	27	28	29	30	
TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO	INFERIOR MED. SUP.	VINDOBONIENSE	24	25	26	27
				BURDIGALIENSE	24a	25a	26a	27a
				AQUITANIENSE	24b	25b	26b	27b
					24c	25c	26c	27c
CRETACICO	SUPERIOR	PALEOCENO	F.G.	MAESTRICHTIENSE	16	17	18	19
				CAMPANIENSE	16	17	18	19
				SANTONIENSE	16	17	18	19
				CONIACENSE	16	17	18	19
				TURONIENSE	16	17	18	19
				CENOMANIENSE	16	17	18	19
				SUPERIOR	16	17	18	19
				MEDIO	16	17	18	19
				INFERIOR	16	17	18	19
	INFERIOR	ALBIENSE	F.W.	ALBIENSE	16	17	18	19
				APTIENSE	16	17	18	19
				BARREMIENSE	16	17	18	19
					16	17	18	19
JURASICO	MALM	KIMMERIDG	SUPERIOR	KIMMERIDG	8	9	10	11
				MEDIO	8	9	10	11
				INFERIOR	8	9	10	11
				OXFORDIENSE	8	9	10	11
	LIAS	TOARCIENSE	PULSACHIENSE	TOARCIENSE	4	5	6	7
				PULSACHIENSE	4	5	6	7
				SINEMURIENSE	4	5	6	7
				HETTANGIENSE	4	5	6	7
					4	5	6	7
					4	5	6	7
TRIAS.	KEUPER	MUSCHELKALK		KEUPER	2	3	4	5
				MUSCHELKALK	2	3	4	5

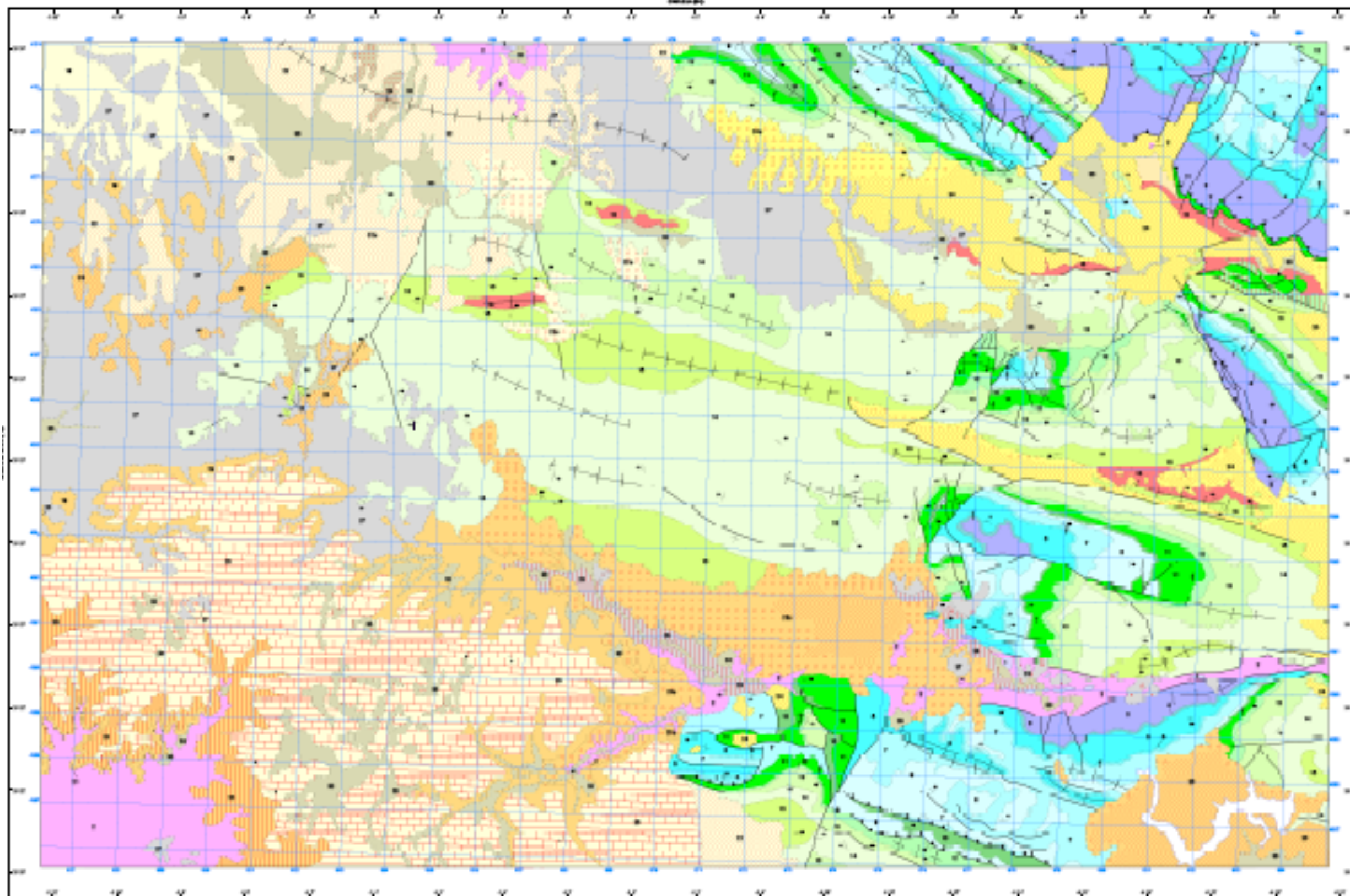


MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA
Escala 1:50.000



REQUENA

726
27-28





ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN HANGAR EN EL AERÓDROMO DE EL REBOLLAR. REQUENA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ETSICCP



Anejo II. Columnas de sondeo.

		AVDA. DE ELCHE, 164 TELEF. 96 5107600 FAX 96 5104819 alicante@itccsa.es 03008 ALICANTE		ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS		SONDEO Nº: 2	
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.		ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN (S.P.T.) UNE 103800/92, TOMA DE MUESTRA INALTERADA (INAL) ASTM D-1587/83 Y D-3550/84, TOMA DE MUESTRA PARAFINADA (TP) UNE 7371/75, TOMA DE MUESTRA DE AGUA FREÁTICA (MA) UNE 7236/71		COLUMNA LITOLÓGICA			
PETICIONARIO: ISO, S.L. AVENIDA AZAGADOR N° 36 ESC. 3-2ª (VALENCIA)		CIF: B-046762860		REFERENCIA: A-00582/GS N° CLIENTE: 288			
OBRA: ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA (VALENCIA)		FECHA DE EJECUCIÓN: 11/11/00		POR ITC: Miguel A. Catena Molina			
MUESTREO: ITC ☐ OTROS ☒		NIVEL		Nº de golpes			
COTAS (m)		PROFUNDIDAD (m)		CORTE LITOLÓGICO		NATURALEZA Y DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
DÍAMETRO Y TIPO DE PERFORACIÓN		% TESTIGO RECUPERADO		DÍAMETRO DE REVESTIMIENTO		MUESTRAS	
101/R/W		100		101/R/W		2.00 INAL	
75/P		68.3		101/R/W		2.43 INAL	
101/R/W		100		101/R/W		4.20 SPT	
50/P		100		101/R/W		4.65 SPT	
101/R/W		100		101/R/W		6.55 SPT	
50/P		100		101/R/W		7.00 SPT	
						FIN DE SONDEO	
EQUIPO DE PERFORACIÓN: TECOINSA TP-50D		COTA ORIGEN PERFORACIÓN: SUPERFICIE DEL TERRENO		CONDICIONES METEOROLÓGICAS: SOLEADO			
OBSERVACIONES:		- L E Y E N D A -		- L E Y E N D A -			
		NF. - NIVEL FREÁTICO		NF. - NIVEL FREÁTICO			
		(H) HINCA		(H) HINCA			
		(RW) ROTACION WIDIA		(RW) ROTACION WIDIA			
		(RD) ROTACION DIAMANTE		(RD) ROTACION DIAMANTE			
HOJA Nº1 DE 1		EL RESPONSABLE TÉCNICO		EL DIRECTOR DEL ÁREA ST			
Fecha: 22/11/00		César Doménech Morante Geólogo		José González Fernández Geólogo			
LABORATORIO ACREDITADO POR LA C.O.P.U.T., N°07002ST00, EN EL ÁREA ST, TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS, ENSAYOS Y PRUEBAS IN SITU DE SUELOS, POR RESOLUCIÓN 29-05-00, PUBLICADA EN D.O.G.V., 07-07-00							

		AVDA. DE ELCHE, 164 TELEF. 96 5107600 FAX 96 5104819 alicante@itccsa.es 03008 ALICANTE		ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS		SONDEO Nº: 1	
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.		ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN (S.P.T.) UNE 103800/92, TOMA DE MUESTRA INALTERADA (INAL) ASTM D-1587/83 Y D-3550/84, TOMA DE MUESTRA PARAFINADA (TP) UNE 7371/75, TOMA DE MUESTRA DE AGUA FREÁTICA (MA) UNE 7236/71		COLUMNA LITOLÓGICA			
PETICIONARIO: ISO, S.L. AVENIDA AZAGADOR N° 36 ESC. 3-2ª (VALENCIA)		CIF: B-046762860		REFERENCIA: A-00582/GS N° CLIENTE: 288			
OBRA: ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA (VALENCIA)		FECHA DE EJECUCIÓN: 10/11/00		POR ITC: Miguel A. Catena Molina			
MUESTREO: ITC ☐ OTROS ☒		NIVEL		Nº de golpes			
COTAS (m)		PROFUNDIDAD (m)		CORTE LITOLÓGICO		NATURALEZA Y DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
DÍAMETRO Y TIPO DE PERFORACIÓN		% TESTIGO RECUPERADO		DÍAMETRO DE REVESTIMIENTO		MUESTRAS	
101/R/W		100		101/R/W		2.00 INAL	
75/P		100		101/R/W		2.60 INAL	
101/R/W		100		101/R/W		4.00 INAL	
75/P		100		101/R/W		4.60 INAL	
101/R/W		100		101/R/W		6.55 SPT	
50/P		100		101/R/W		7.00 SPT	
						FIN DE SONDEO	
EQUIPO DE PERFORACIÓN: TECOINSA TP-50D		COTA ORIGEN PERFORACIÓN: SUPERFICIE DEL TERRENO		CONDICIONES METEOROLÓGICAS: SOLEADO			
OBSERVACIONES:		- L E Y E N D A -		- L E Y E N D A -			
		NF. - NIVEL FREÁTICO		NF. - NIVEL FREÁTICO			
		(H) HINCA		(H) HINCA			
		(RW) ROTACION WIDIA		(RW) ROTACION WIDIA			
		(RD) ROTACION DIAMANTE		(RD) ROTACION DIAMANTE			
HOJA Nº1 DE 1		EL RESPONSABLE TÉCNICO		EL DIRECTOR DEL ÁREA ST			
Fecha: 22/11/00		César Doménech Morante Geólogo		José González Fernández Geólogo			
LABORATORIO ACREDITADO POR LA C.O.P.U.T., N°07002ST00, EN EL ÁREA ST, TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS, ENSAYOS Y PRUEBAS IN SITU DE SUELOS, POR RESOLUCIÓN 29-05-00, PUBLICADA EN D.O.G.V., 07-07-00							

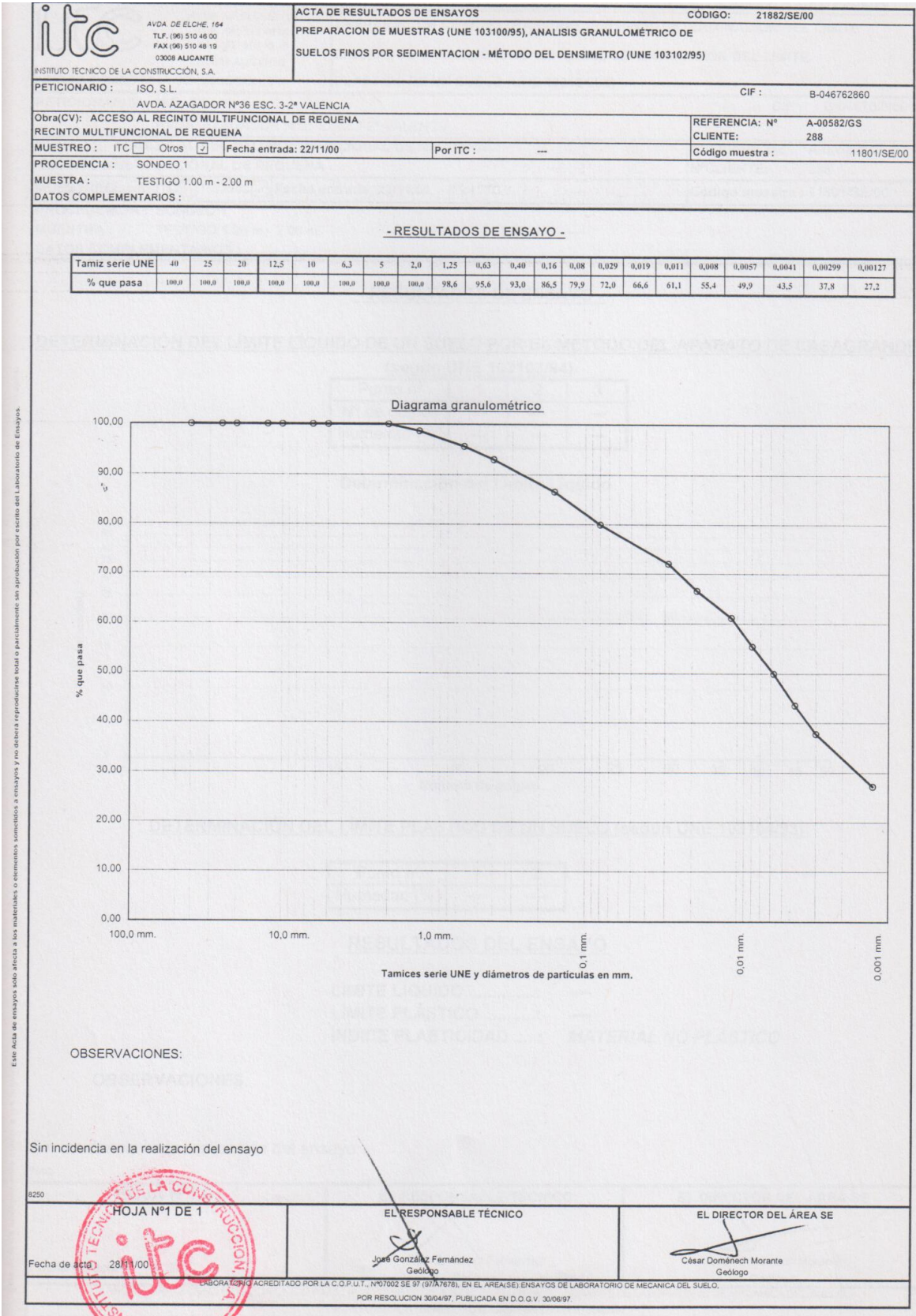
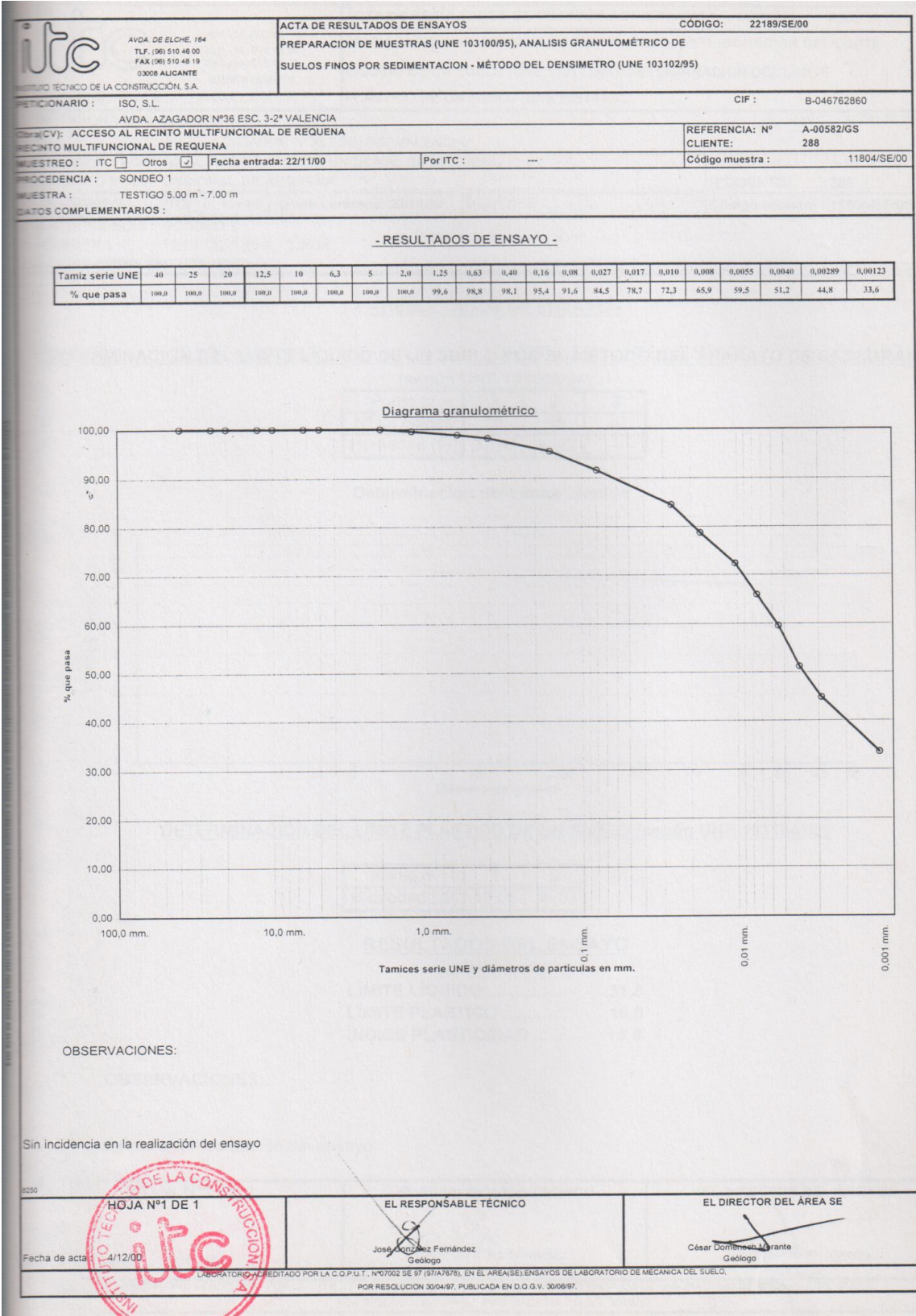


Anejo III. Reportaje fotográfico.





Anejo IV. Actas de ensayo de laboratorio.





ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN HANGAR EN EL AERÓDROMO DE EL REBOLLAR. REQUENA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ETSICCP



itc AVDA. DE ELCHE, 164
T.L.F. (96) 510 46 00
FAX (96) 510 48 19
03008 ALICANTE
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS CÓDIGO: 21883/SE/00
PREPARACION DE MUESTRAS (UNE 103100/95), ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE
SUELOS FINOS POR SEDIMENTACIÓN - METODO DEL DENSIMETRO (UNE 103102/95)

PETICIONARIO : ISO, S.L. CIF : B-046762860
AVDA. AZAGADOR Nº36 ESC. 3-2ª VALENCIA
Obra(CV): ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
MUESTREO : ITC ☐ Otros ☒ Fecha entrada: 22/11/00 Por ITC : ---
PROCEDENCIA : SONDEO 2 REFERENCIA: Nº A-00582/GS
MUESTRA : TESTIGO 2.00 m - 4.00 m CLIENTE: 288
DATOS COMPLEMENTARIOS : Código muestra : 11807/SE/00

- RESULTADOS DE ENSAYO -

Tamiz serie UNE	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2,0	1,25	0,63	0,40	0,16	0,08	0,031	0,020	0,012	0,009	0,0062	0,0044	0,00316	0,00132
% que pasa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	96,1	92,2	78,9	64,2	50,9	45,1	37,8	34,2	29,4	25,0	21,4	14,4

Diagrama granulométrico

OBSERVACIONES:
Sin incidencia en la realización del ensayo

HOJA Nº1 DE 1
Fecha de acta : 28/11/00
EL RESPONSABLE TÉCNICO: José González Fernández Geólogo
EL DIRECTOR DEL ÁREA SE: César Domínguez Morante Geólogo

itc AVDA. DE ELCHE, 164
T.L.F. (96) 510 46 00
FAX (96) 510 48 19
03008 ALICANTE
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS ACREDITADOS CÓDIGO 21697/SE/00
PREPARACION MUESTRAS (UNE 103100/95), ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE
EN SUELOS (UNE 103400/93)

PETICIONARIO : ISO, S.L. CIF : B-046762860
AVDA. AZAGADOR Nº36 ESC. 3-2ª VALENCIA
Obra(CV): ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
MUESTREO : ITC ☐ Otros ☒ Fecha entrada: 22/11/00 Inspector: ---
PROCEDENCIA : SONDEO 1 REFERENCIA: A-00582/GS
MUESTRA : INALTERADA 2.00 m - 2.60 m N° CLIENTE: 288
DATOS COMPLEMENTARIOS : Código muestra : 11802/SE/00

DATOS DE LA PROBETA

DIÁMETRO (cm.):	5,9
ALTURA (cm.):	12,7
HUMEDAD (%):	13,1
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm³):	2,19
DENSIDAD SECA (g/cm³):	1,94

RESULTADOS DEL ENSAYO

TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²):	4,90
DEFORMACIÓN DE ROTURA (%):	9,0

OBSERVACIONES:
Sin incidencia en la realización del ensayo

HOJA Nº1 DE 1
Fecha de acta : 27/11/00
EL RESPONSABLE TÉCNICO: José González Fernández Geólogo
EL DIRECTOR DEL ÁREA SE: César Domínguez Morante Geólogo



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN HANGAR EN EL AERÓDROMO DE EL REBOLLAR. REQUENA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ETSICCP



itc AVDA. DE ELCHE, 164
TLF. (96) 510 46 00
FAX (96) 510 48 19
03008 ALICANTE
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS ACREDITADOS CÓDIGO: 22190/SE/00
PREPARACION DE MUESTRAS (UNE 103100/95), DETERMINACION DEL LIMITE
LIQUIDO DE UN SUELO (UNE 103103/94), DETERMINACION DEL LIMITE
PLASTICO DE UN SUELO (UNE 103104/93)

PETICIONARIO : ISO, S.L. CIF : B-046762860
AVDA. AZAGADOR Nº36 ESC. 3-2ª VALENCIA

Obra(CV): ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA

REFERENCIA: A-00582/GS
NºCLIENTE: 288

MUESTREO : ITC ☐ Otros ☒ Fecha entrada: 22/11/00 Por ITC : ---
Código muestra : 11801/SE/00

PROCEDENCIA : SONDEO 1
MUESTRA : TESTIGO 1.00 m - 2.00 m
DATOS COMPLEMENTARIOS :

- RESULTADOS DE ENSAYO -

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE
(según UNE 103103/94)

Punto nº	1	2	3
Nº de golpes	---	---	---
Humedad (%)	---	---	---

Determinación del Límite Líquido

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO (según UNE 103104/93)

Punto nº	1	2
Humedad (%)	---	---

RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO: ---
LÍMITE PLÁSTICO: ---
ÍNDICE PLASTICIDAD: MATERIAL NO PLÁSTICO

OBSERVACIONES:

Sin incidencia en la realización del ensayo

7690

HOJA Nº1 DE 1

EL RESPONSABLE TÉCNICO
José González Fernández
Geólogo

EL DIRECTOR DEL ÁREA SE
César Doménech Morante
Geólogo

Fecha de acta: 4/12/00

LABORATORIO ACREDITADO POR LA C.O.P.U.T., Nº07002 SE 97 (97/A7678), EN EL ÁREA(SE) ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DEL SUELO,
POR RESOLUCION 30/04/97. PUBLICADA EN D.O.G.V. 30/06/97.

itc AVDA. DE ELCHE, 164
TLF. (96) 510 46 00
FAX (96) 510 48 19
03008 ALICANTE
INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN, S.A.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYOS ACREDITADOS CÓDIGO: 21885/SE/00
PREPARACION DE MUESTRAS (UNE 103100/95), DETERMINACION DEL LIMITE
LIQUIDO DE UN SUELO (UNE 103103/94), DETERMINACION DEL LIMITE
PLASTICO DE UN SUELO (UNE 103104/93)

PETICIONARIO : ISO, S.L. CIF : B-046762860
AVDA. AZAGADOR Nº36 ESC. 3-2ª VALENCIA

Obra(CV): ACCESO AL RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA
RECINTO MULTIFUNCIONAL DE REQUENA

REFERENCIA: A-00582/GS
NºCLIENTE: 288

MUESTREO : ITC ☐ Otros ☒ Fecha entrada: 22/11/00 Por ITC : ---
Código muestra : 11804/SE/00

PROCEDENCIA : SONDEO 1
MUESTRA : TESTIGO 5.00 m - 7.00 m
DATOS COMPLEMENTARIOS :

- RESULTADOS DE ENSAYO -

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE
(según UNE 103103/94)

Punto nº	1	2	3
Nº de golpes	20	35	---
Humedad (%)	32,90	30,42	---

Determinación del Límite Líquido

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO (según UNE 103104/93)

Punto nº	1	2
Humedad (%)	16,05	16,03

RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO: 31,8
LÍMITE PLÁSTICO: 16,0
ÍNDICE PLASTICIDAD: 15,8

OBSERVACIONES:

Sin incidencia en la realización del ensayo

7690

HOJA Nº1 DE 1

EL RESPONSABLE TÉCNICO
José González Fernández
Geólogo

EL DIRECTOR DEL ÁREA SE
César Doménech Morante
Geólogo

Fecha de acta: 28/11/00

LABORATORIO ACREDITADO POR LA C.O.P.U.T., Nº07002 SE 97 (97/A7678), EN EL ÁREA(SE) ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DEL SUELO,
POR RESOLUCION 30/04/97. PUBLICADA EN D.O.G.V. 30/06/97.



4. 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. Toda esta información viene recogida en la siguiente tabla.

1-4

Manual de diseño de aeródromos

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Num. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Figura 21: Clasificación del aeródromo. Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI),

En cuanto a las anchuras de pista, recogidas en la siguiente tabla, puesto que nuestro aeródromo tiene un número de clave 2, la anchura de pista de aproximación no debería ser menor de 30 metros, por tanto, según lo recogido en el actual proyecto al que hemos tenido acceso, esta pista cuenta con 30 metros de anchura de franja.



Tabla 5-1. Anchuras de pista

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	—	—	—
2 ^a	23 m	23 m	30 m	—	—	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m	—	—
4	—	—	45 m	45 m	45 m	60 m

a. La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debería ser menor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 o 2.

Figura 22: Clasificación de la pista. Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

Por tanto, según los estudios de mercados que nos ha facilitado la actual gestora del aeródromo, no tienen previsto que en el aeródromo operen aeronaves con características superiores a los que hasta hora lo han venido haciendo.

5. 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.

La altura de la estructura es libre, cada solución puede tener una altura ya que por ejemplo las soluciones en arco necesitarán mayor altura que la celosía. No obstante, intentaremos ceñirnos a la altura de los hangares existentes, que es de 9 metros, para dar un aspecto de integridad con los hangares ya construidos.

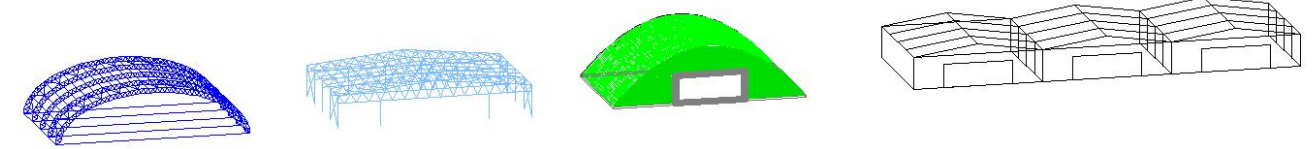


Figura 23: Definición planta alzado. Fuente: propia AutoCAD

6. Descripción de las soluciones.

6.1 Solución 1: Solución mediante pórticos metálicos con celosía Warren.

Se presenta una solución para la construcción de un hangar mediante pórticos y una celosía Warren metálicos.

6.1.1 Geometría general

La geometría del hangar que nos ocupar 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.

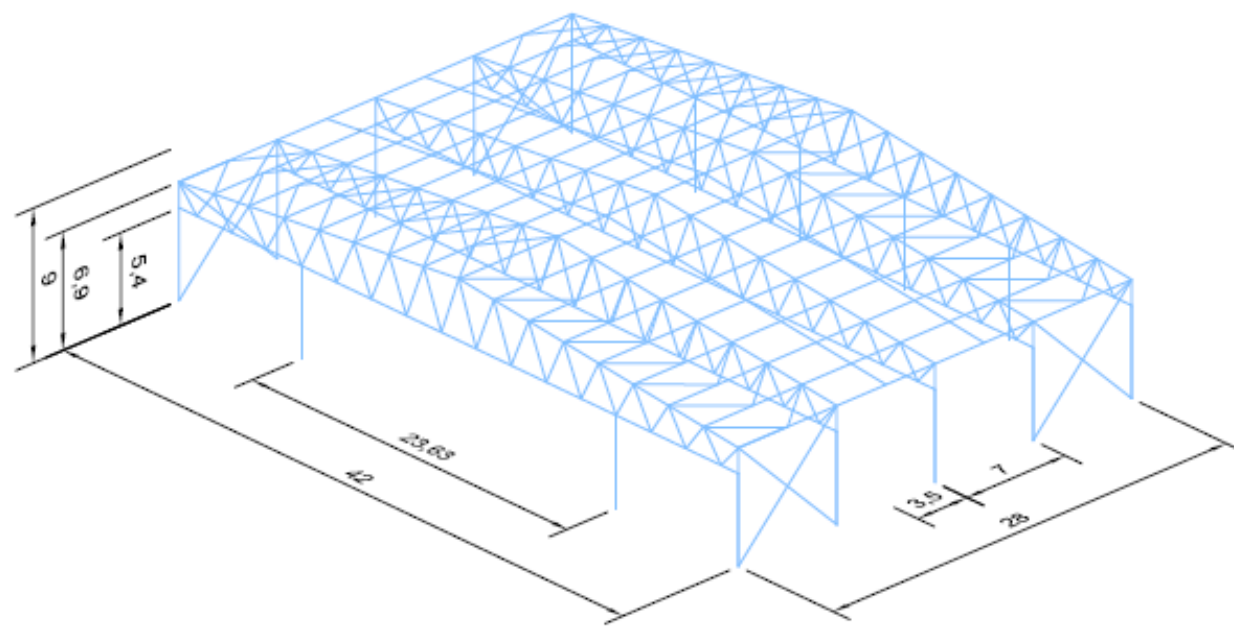


Figura 24: Vista estructural. Fuente: propia AutoCAD

6.1.2 Geometría específica de la celosía

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.

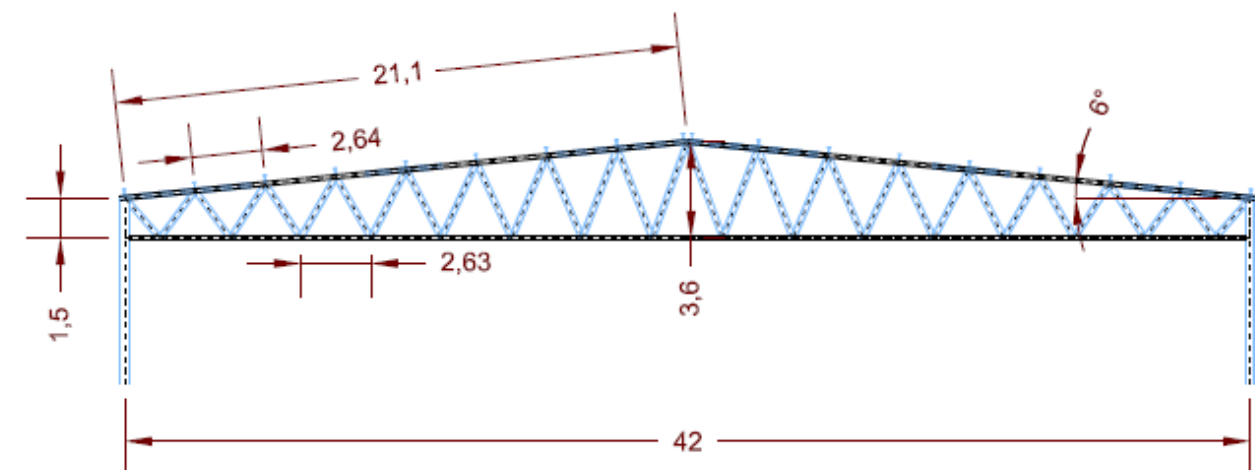


Figura 25: Vista estructural. Fuente: propia AutoCAD

6.1.3 Justificación de la solución adoptada

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.



6.2 Solución 2: Solución mediante arco semielíptico de acero.

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

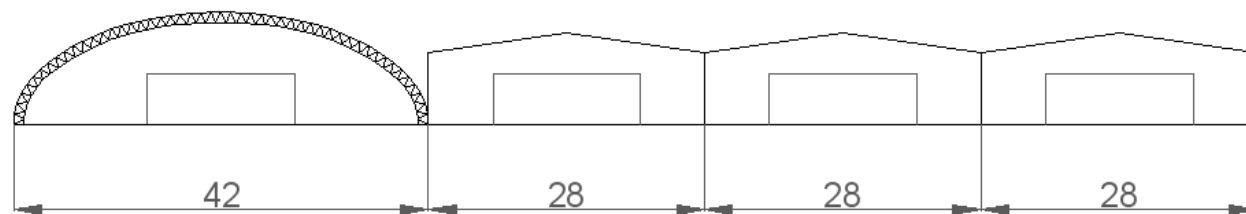


Figura 26. Definición geométrica. Fuente: propia AutoCAD

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

6.2.1 Comportamiento de la estructura

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 cerramientos 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:

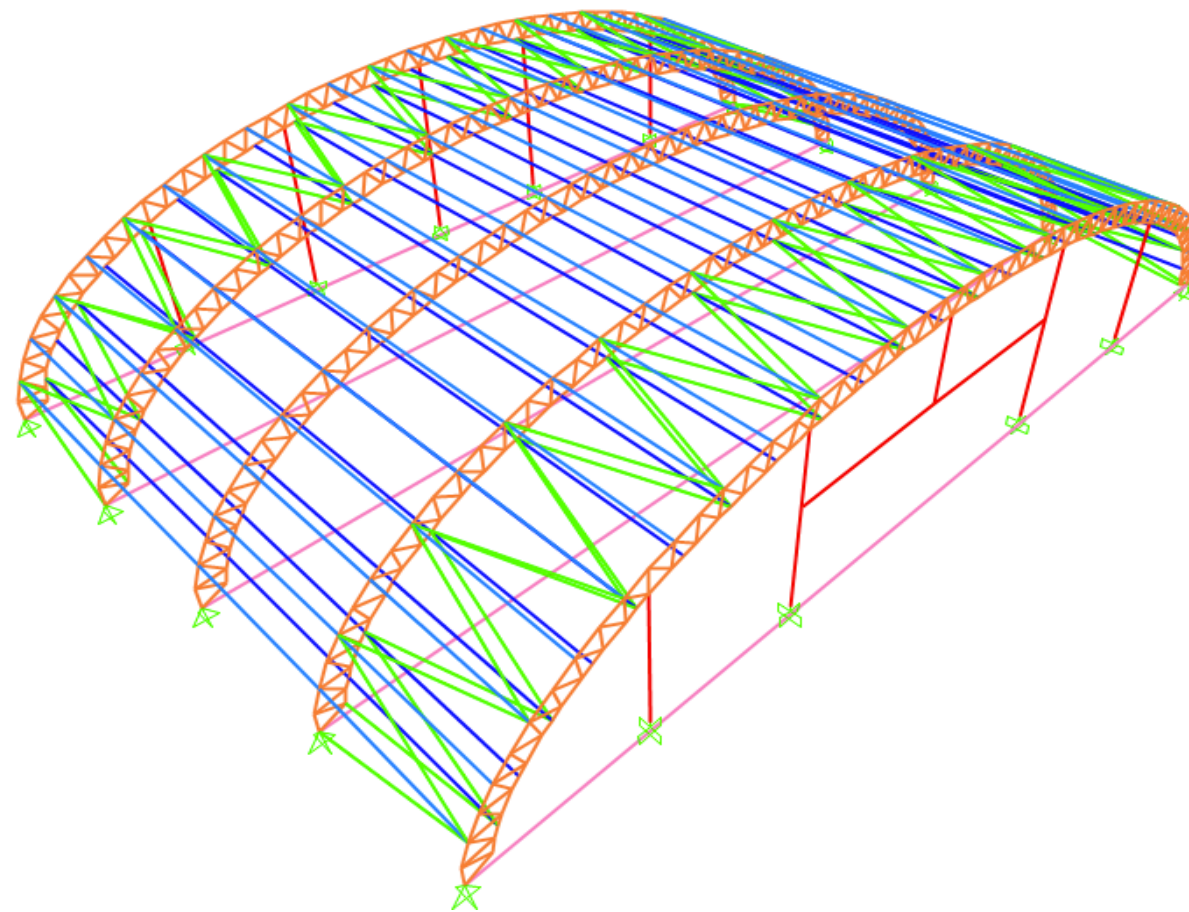


Figura 27. Vista general de la estructura. Fuente: SAP2000

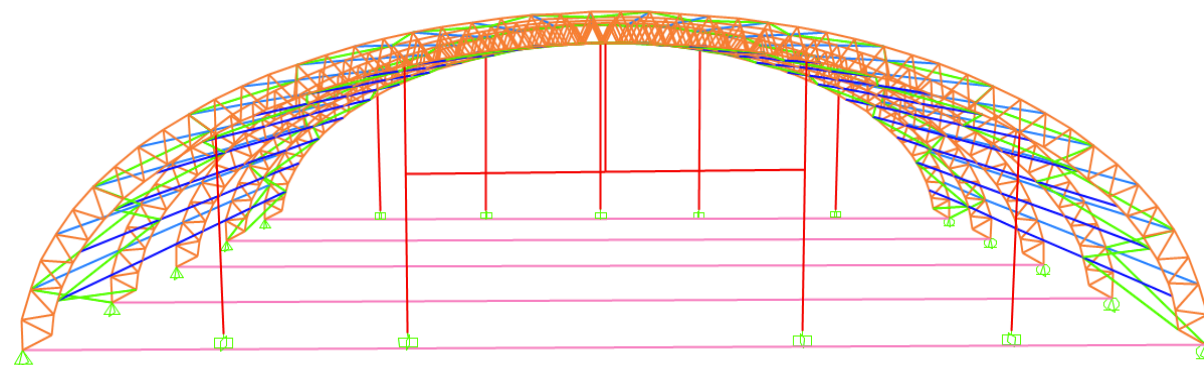


Figura 28. Vista frontal de la estructura. Fuente: SAP2000

6.2.2. Superestructura

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

- Cordón superior: perfiles HEB 120, dispuestos geométricamente con el alma en plano del arco
- Cordón inferior: perfiles HEB140, dispuestos geométricamente 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 arriostra los arcos y limita las longitudes de pandeo de estos elementos. Este hecho es importante debido a que los cordones deben soportar grandes esfuerzos de compresión. Ambos elementos están materializados 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.

6.2.3 Subestructura

Para finalizar con la descripción de la estructura, falta por definir cómo será la cimentación de la misma. La subestructura que sostiene los arcos está compuesta por un conjunto de 10 zapatas de medianería cuyas dimensiones son de 2,6x1,3x0,5. La decisión de este tipo de zapata es debido a que la superficie de la zapata no debe interferir con la cimentación de los hangares ya



construidos y que en su día también fueron diseñados con este tipo de zapatas para posibles ampliaciones futuras.

Las zapatas estan conectadas entre si mediante un tirante con doble funciønn:

- Por un lado, absorbe las acciones horizontales que transmite el arco a las zapatas.
- Por otro lado, se encarga del centrado de tensiones en la zapata ya que al tratarse de zapata de medianería se crean excentricidades en la misma.

La cimentación de los pilares hastiales esta resuelta por medio de zapatas aisladas centradas, ya que en esta dirección no es necesaria la limitación de superficie que obliga a la realización de zapatas de medianería.

La distribución geométrica en planta de la cimentación de los pórticos es la siguiente:

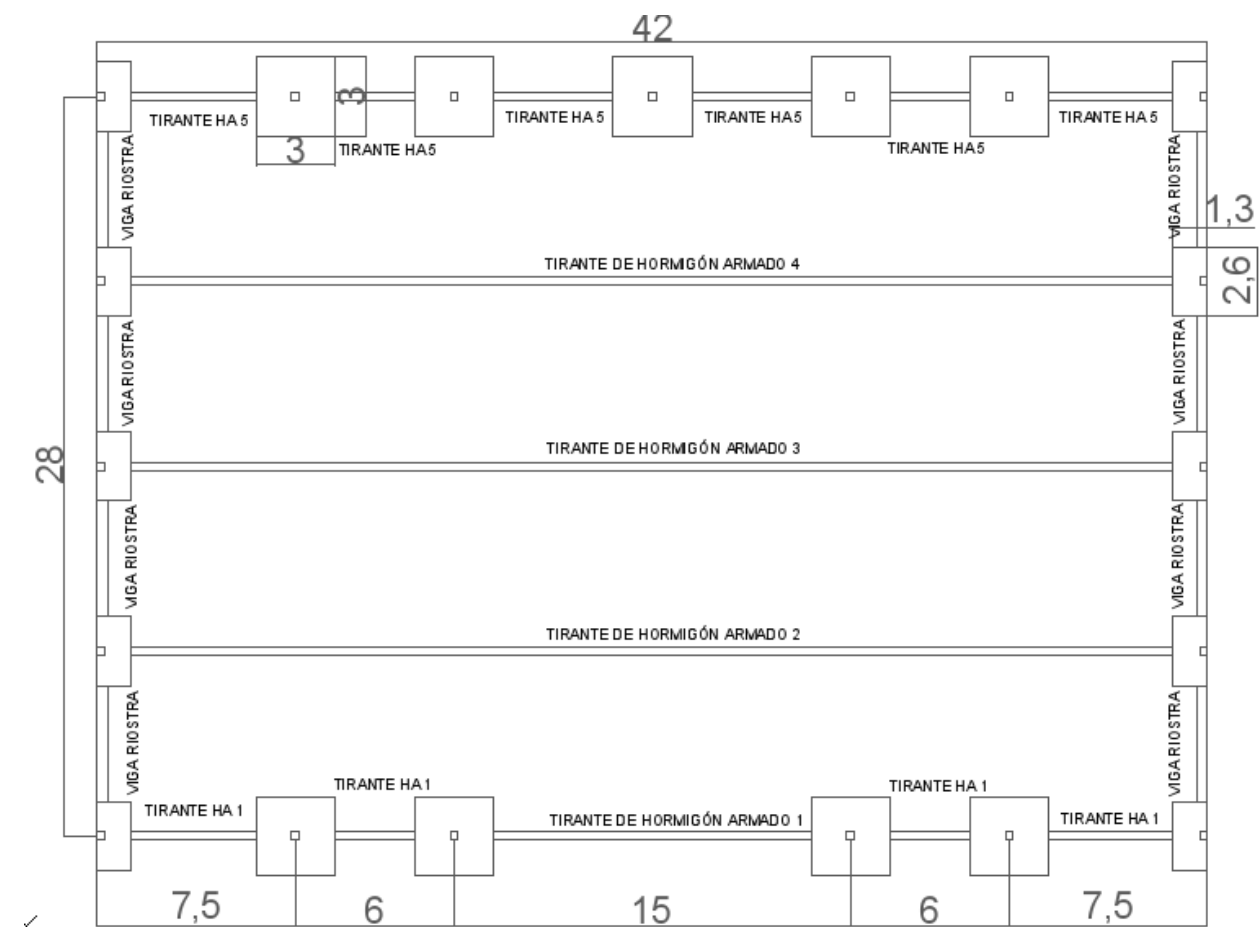


Figura 29. Distribución en planta de las zapatas. Fuente: propia AutoCAD

6.3. 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.

La elección de la solución responde a que desde el primer momento quería hacer una estructura de hormigón armado, pero salvar una luz de 42 metros con hormigón no es tarea sencilla, con lo que surgió la idea de realizar un arco de hormigón armado, ya que el hormigón trabaja excelentemente a compresión, y el arco estará principalmente solicitado a compresión, por lo que es la forma idónea, y además, responde a la forma mas eficiente para resguardar aeronaves. Por otro lado, era de gran interés poder realizar un arco ya que es una forma que gracias a su curvatura tiene una componente estética de gran valor.

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.

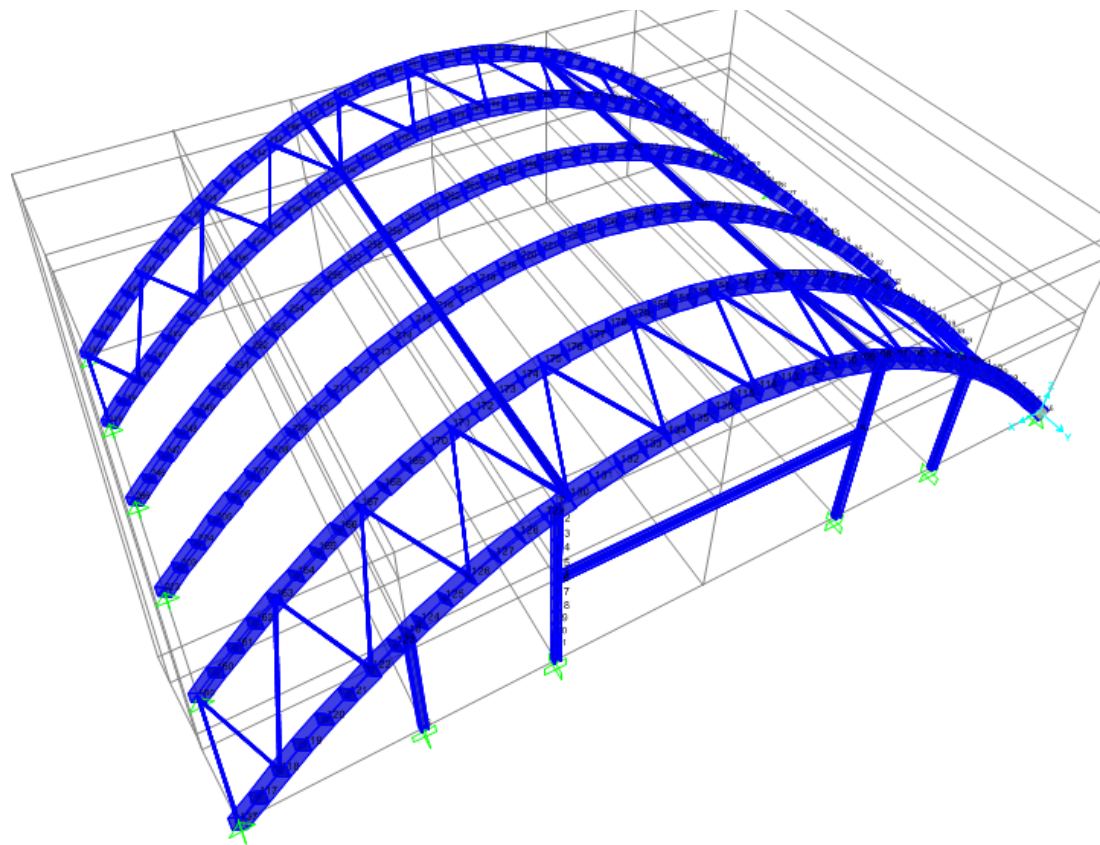


Figura 30. Vista estructura. Fuente: propia AutoCAD

7. Solución adoptada.

7.1 Objeto

Como parte final del estudio de alternativas realizado para la construcción de un hangar en el aeródromo de El Rebollar en Requena, se realizará una valoración de las distintas soluciones adoptadas para poder tomar la decisión de decir la que mejor se amolde a una serie de requisitos.

El objetivo de esta última parte que forma parte del proyecto es poder comparar las distintas soluciones que hemos realizado, y ver a qué factores, como pueden ser aspecto, economía, mantenimiento y ejecución se adaptan mejor cada una de las soluciones.

La elección de cualquier tipo de obra que esté sujeta a criterios subjetivos, como en este caso puede ser la estética, es difícil y puede crear controversia, por lo que se intentará ponderar cada uno de los factores a juzgar de la manera que hemos creído más conveniente para que se ajuste a la realidad.

7.2 Factores a tener en cuenta

Todas las obras que se realizan en cualquier lugar del mundo deberían cumplir tres requisitos, que son:

1. Economía. Desde el punto de vista económico, en nuestro ámbito que es la ingeniería civil, y que la gran mayoría de las obras dependen de la administración, se debe tener muy en cuenta que la solución utilice los recursos económicos necesarios sin desaprovecharlos ni derrochándolos.
2. Estética. Las obras que se realizan van a formar parte de un entorno, en el cual se deben amoldar de la mejor manera posible, creando el menor impacto posible pero además creando emociones en las personas, por lo que el diseño en cuanto a forma de las estructura, juegos de colores, de texturas, etc., es fundamental en el ámbito de la ingeniería.
3. Social. Todas las obras se realizan porque surgen de la necesidad que tienen las personas de vivir en ellas, de utilizarlas como lugar de trabajo, en definitiva, son elementos que nos van a rodear desde el momento de su construcción, y por tanto, pueden influir en nuestras vidas, con lo que es muy importante adecuarlas al uso que las personas les van a dar.



4. Transparencia. Las estructuras no deben engañar a la vista su forma de funcionamiento, es decir, deben dejar ver cómo funciona la estructura que se ha elegido y no disponer elementos que puedan parecer estructurales y que no lo sean.

Los cuatro puntos anteriormente mencionados, son una serie de pautas que muchos autores siguen a la hora de valorar una obra.

Nosotros vamos a considerar los siguientes aspectos:

1. Estético. Para el aspecto, se le asignará un valor a ponderar con los demás criterios a tener en cuenta, y se asignarán notas del 1 al 3 para cada una de las soluciones. Destacar que en este caso, el aspecto es algo muy subjetivo, con lo que la nota puede variar notablemente en función de quién la asigne y de sus preferencias.

2. Economía. El factor del coste es importante, pero el coste de la obra, no incluye el mantenimiento, que al final suele tener una parte importante de los costes de las obras. Al igual que en el caso anterior, se le asignará un valor a ponderar con el resto de los aspectos que se valorarán y se les asignará una nota del 1 al 3.

3. Mantenimiento. Todas las obra, en mayor o en menor medida, tienen trabajos de mantenimiento para garantizar la mayor durabilidad de la misma y su correcto funcionamiento. Se asignará un valor a ponderar con los demás criterios y se darán notas para cada una de las soluciones de 1 a 3.

4. Ejecución. La facilidad a la hora de construir una obra puede llevar consigo la reducción notable del presupuesto, por tanto, tan importante es calcular una estructura, como tener en cuenta el proceso constructivo a seguir para que se adapte lo mejor posible a cada una de las obra. Se asignará un valor a ponderar con los demás criterios y se darán una nota de 1 a 3 para cada una de las soluciones adoptadas.

7.3 Descripción de cada una de las soluciones

7.3.1 Solución 1: Solución mediante pórticos metálicos con celosía Warren

7.3.1.1 Estética

La geometría de esta solución queda definida mediante dos pilares de 7 metros en los extremos, en los cuales se empotra una viga de gran luz realizada mediante diagonales unidas

a un cordón inferior horizontal y a un cordón superior con ligera pendiente a cada lado para evacuación de aguas..

7.3.1.2 Economía

El presupuesto de esta solución queda resumido de la siguiente manera:

Desbroce y limpieza del terreno	593,41	0,26
Excavaciones.....	3.246,22	1,45
Rellenos.....	10.100,66	4,50
Cimentación.....	64.688,90	28,81
Estructura	126.345,26	56,27
Cerramiento	19.560,19	8,71

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 224.534,64

13,00 % Gastos generales 29.189,50

6,00 % Beneficio industrial 13.472,08

Suma 42.661,58

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA 267.196,22

21% IVA 56.111,21

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 323.307,43

7.3.1.3 Mantenimiento

La obra se ha realizado mediante perfiles metálicos, con lo que cada cierto tiempo será necesario aplicar pinturas de protección para protegerla de los agentes externos que pueden dañarla. En los demás aspectos, el mantenimiento de las tres soluciones es muy similar.

7.3.1.4 Ejecución

La duración de las obras es de unos tres meses, realizando gran parte de la misma en taller y trasladándola a obra, para su posterior montaje mediante elevación. Es un buen proceso constructivo, que reduce los tiempos y los costes.



7.3.2 Solución 2: Solución mediante arco semielíptico de acero.

7.3.2.1 Estética

La geometría de esta solución queda definida mediante una semiellipse formada por un cordón superior y un cordón inferior unido mediante montantes.

7.3.2.2 Economía

El presupuesto de esta solución queda resumido de la siguiente manera:

Desbroce y limpieza del terreno	593,41	0,21
Excavaciones.....	3.358,15	1,16
Rellenos.....	10.100,66	3,50
Cimentación.....	70.959,23	24,61
Estructura	175.215,61	60,76
Cerramiento	28.135,42	9,76
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		288.362,48
13,00 % Gastos generales		
37.487,12		
6,00 % Beneficio industrial		
17.301,75		
Suma.....		54.788,87
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		343.151,35
21% IVA		72.061,78
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		415.213,13

7.3.3.3 Mantenimiento

La obra se ha realizado mediante perfiles metálicos, con lo que cada cierto tiempo será necesario aplicar pinturas de protección para protegerla de los agentes externos que pueden dañarla. En los demás aspectos, el mantenimiento de las tres soluciones es muy similar.

7.3.3.4 Ejecución

Al igual que en la solución 1, la mayor parte de la estructura, que es la parte diferencial de las soluciones, se realizará en taller, y se transportará a obra, donde se montará mediante elevación, con lo que las tres soluciones son muy similares.

7.3.3 Solución 3: Solución mediante arco parabólico de hormigón armado

7.3.3.1 Estética

La solución adoptada es un arco que sigue una forma parabólica realizada mediante una sección rectangular de hormigón armado.

7.3.3.2 Economía

El presupuesto de esta solución queda definido de la siguiente manera:

Desbroce y limpieza del terreno	593,41	0,26
Excavaciones.....	3.562,45	1,56
Rellenos.....	10.100,66	4,41
Cimentación.....	72.521,36	31,67
Estructura	123.760,89	54,05
Cerramiento	18.454,45	8,06
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		228.993,22
13,00 % Gastos generales		
29.769,12		
6,00 % Beneficio industrial		
13.739,59		
Suma.....		43.508,71
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		272.501,93
21% IVA		57.225,41
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		329.727,34

7.3.3.3 Mantenimiento



En lo referente a la estructura, el hormigón no requiere ningún mantenimiento, si se han tenido en cuenta todas las recomendaciones de las normas para que los agentes externos no sea capaz de atacarlo.

7.3.3.4 Ejecución

La principal diferencia con respecto a las otras dos soluciones es que el arco se realizará mediante un encofrado a pie de obra. El arco se colocará en su posición mediante elevación con grúas.

7.4 Valoración

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 ver a partir de la tabla, la solución que más se adapta a los criterios demandados es la de solución mediante arco parabólico de hormigón