



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio de soluciones para la construcción de un aparcamiento subterráneo en la
Calle Nuestra Señora de la Cabeza, 9, en Elche (Alicante).

Presentado por

San Miguel Fenández, Carla

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2019/2020

Fecha: Diciembre– 2019

Tutor: Javier Torrijo Echarri



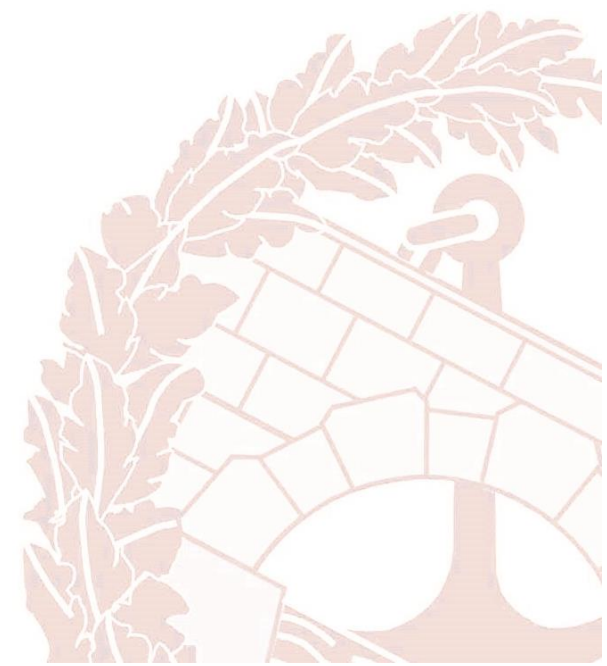
CONTENIDO

- I. MEMORIA
- II. ANEJO I: ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEOLÓGICO
- III. ANEJO II: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- IV. ANEJO III: PREDIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN RECOMENDADA
- V. ANEJO IV: PLANOS





MEMORIA





ÍNDICE

I. ANTECEDENTES.....	3
1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	3
1.2. LOCALIZACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	5
1.4. SOFTWARE UTILIZADO.....	5
II. MARCO GEOLÓGICO	6
2.1. GEOLOGÍA.....	6
2.2. GEOMORFOLOGÍA	7
2.3. HIDROGEOLOGÍA	8
2.4. CONDICIONANTES SÍSMICOS.....	10
III. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	12
3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA	12
3.1.1. Sondeos	12
3.1.2. Nivel freático (n.f.).....	12
3.1.3. Ensayos de penetración dinámica (s.p.t.).....	12
3.1.4. Ensayos laboratorio	13
3.2. ANÁLISIS DE DATOS	13
3.2.1. Características de los materiales	13
3.3. PARAMETRIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO	14
3.4. RECOMENDACIONES	14
IV. CONDICIONANTES EXTERNOS	16
4.1. AFECCIONES A EDIFICACIONES CERCANAS	16
4.2. ACCESOS	18
V. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS	19
5.1. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES.....	19
5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	19
VI. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN RECOMENDADA	21
6.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	21
6.1.1. Pantalla perimetrales	21
6.1.2. Excavación	24
6.1.3. Presencia de nivel freático	25
6.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN	25
VII. RESUMEN Y CONCLUSIÓN / ES	27
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28



I. ANTECEDENTES

1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La mayoría de los Ilicitanos consideran buscar aparcamiento como uno de los grandes “problemas históricos” de la ciudad. Elche tiene una orografía bastante complicada. La ciudad se divide en 4 áreas principales. Esta división se produce por la avenida principal, bajo las que están enterradas las vías del tren, que cruza la ciudad de Este a Oeste (Av. Libertad, Ferrocarril, Universidad... según el tramo), y por la rambla del río Vinalopó, que cruza la urbe de Norte a Sur. Por ello, siempre ha sido necesario numerosas soluciones para resolver la falta de conectividad que se ocasiona, ya que la ciudad concentra los negocios y servicios en el centro de ésta. Conforme la ciudad ha ido creciendo, la falta de aparcamiento en el casco urbano de la ciudad ha sido un problema trascendental y recurrente.

No es de extrañar encontrar recurrentemente en los diarios de la zona titulares que transmiten los problemas que se han vuelto a generar a causa de la falta de estacionamiento en la ciudad. Como ejemplo de ello citamos el reciente titular del 16 de octubre de 2019 del DiariInformación que señala “¿Imposible aparcar hoy en el centro de Elche?”. En la Figura 1 se muestra el estado del aparcamiento en uno de sus momentos de saturación.



Figura 1. Fotografías del aparcamiento en varios momentos de saturación con los vehículos aparcados en lugares no permitidos. FUENTE: Diario Información 30/09/2016 y 16/10/2019.

Las consecuencias más directas de la falta de estacionamiento en el casco urbano de la ciudad de Elche han sido: por un lado, ha dejado de ser la capital del sur de la provincia, que servía de centro comercial y de servicios del resto de pueblos más pequeños de la vega baja; por otro lado, el centro de la ciudad ha quedado deshabitado, 5.500 personas tienen sus hogares en él aunque tiene capacidad para 25.000 habitantes. Jaime Javaloyes, secretario de la ACCE (Asociación de Comerciantes del Centro de Elche), afirma “*Nuestro centro está completamente deshabitado. ... Mientras tanto, los chavales que vienen a estudiar en nuestras tres universidades no encuentran pisos y acaban yéndose a Torrellano o Crevillent. Es todo un contrasentido*” Mientras ciudades del tamaño de ésta, incluso más pequeñas, disponen de entre 3 y 4 veces más de plazas gratuitas y más del doble de plazas de pago. Algunos expertos dan cifras de ello, concluyendo que Elche necesita más de 1.000 plazas de aparcamiento en el centro, los menos conservadores aumentan estas cifras hasta las 2.000 plazas de aparcamiento gratuito.

Durante los últimos años se han intentado tomar medidas para paliar estos efectos, pero no se han conseguido desarrollar o han sido insuficientes. La primera de ellas fue utilizar el solar sin edificar que había al norte del casco urbano, al lado del Colegio Público Candalix, como estacionamiento de vehículos cuando la demanda era más alta (fin de semana, festivos, eventos especiales...) compartiendo uso como el garaje de la grúa municipal. Como seguía siendo insuficiente, se ejecutó una serie de reformas, trasladando el aparcamiento de la grúa a las afueras de la ciudad y redistribuyendo la orientación de las plazas de aparcamiento, lo que se nombró como Parking del Candalix; que, incluso con el aumento de ellas, comparado con el número de plazas que se estima necesario, continuó siendo insuficiente. La última propuesta de mejora fue con la reforma del mercado central, cuando se propuso reformar y ampliar éste, construyendo a la vez varios sótanos que serían utilizados como aparcamiento público y gratuito. Durante la construcción del mismo, además de numerosas discrepancias políticas y diferentes polémicas, se encontraron restos de un refugio de la Guerra Civil, numerosas asociaciones lucharon por la paralización de las obras para que se estudiara la preservación de los restos y pidieron que se declarara Bien de Relevancia Local. Añadido a esto, un informe de ICOMOS, asesor de la UNESCO, concluía que la ejecución del aparcamiento produciría un aumento del tráfico en el centro del casco urbano que no sería admisible para las calles y que perjudicaría notablemente al Misteri d’Elx, uno de los dos Patrimonios de la Humanidad que tiene la ciudad, pudiendo llegar a perder este privilegio del que la ciudad se siente orgullosa.

Añadido a ello, tras la reforma del Paseo de la Estación, el desarrollo de actividades en la ciudad, se ha concentrado en este punto, que colinda con el Parking del Candalix, y las más masivas (conciertos, ferias, festivales...) se celebran en el mismo solar. Por lo que, cuando más demanda de aparcamiento hay, este queda sobresaturado o inutilizado. Como ejemplo, el testimonio que refleja Ana Farjado en el Diario Información durante la celebración de la Feria de Sevilla: “Si cualquier día ya es una misión muy complicada encontrar un hueco libre en el centro de la ciudad para aparcar, ya sea en la calle o aparcamiento público como Candalix hoy lo está siendo más”.

Consecuencia de todo ello, el aparcamiento público de pago, gestionado por empresas privadas, es la primera opción para el acceso al centro en vehículo privado, aunque como se ha indicado anteriormente, el número de plazas privadas sigue siendo insuficiente.

Por ello, este estudio plantea la construcción de un aparcamiento subterráneo bajo del actual Parking del Candalix, para que este pueda seguir siendo utilizado aportando el número de plazas necesarias para que se solucione notablemente el problema y se permita el aparcamiento en el centro incluso cuando se celebren eventos en este.

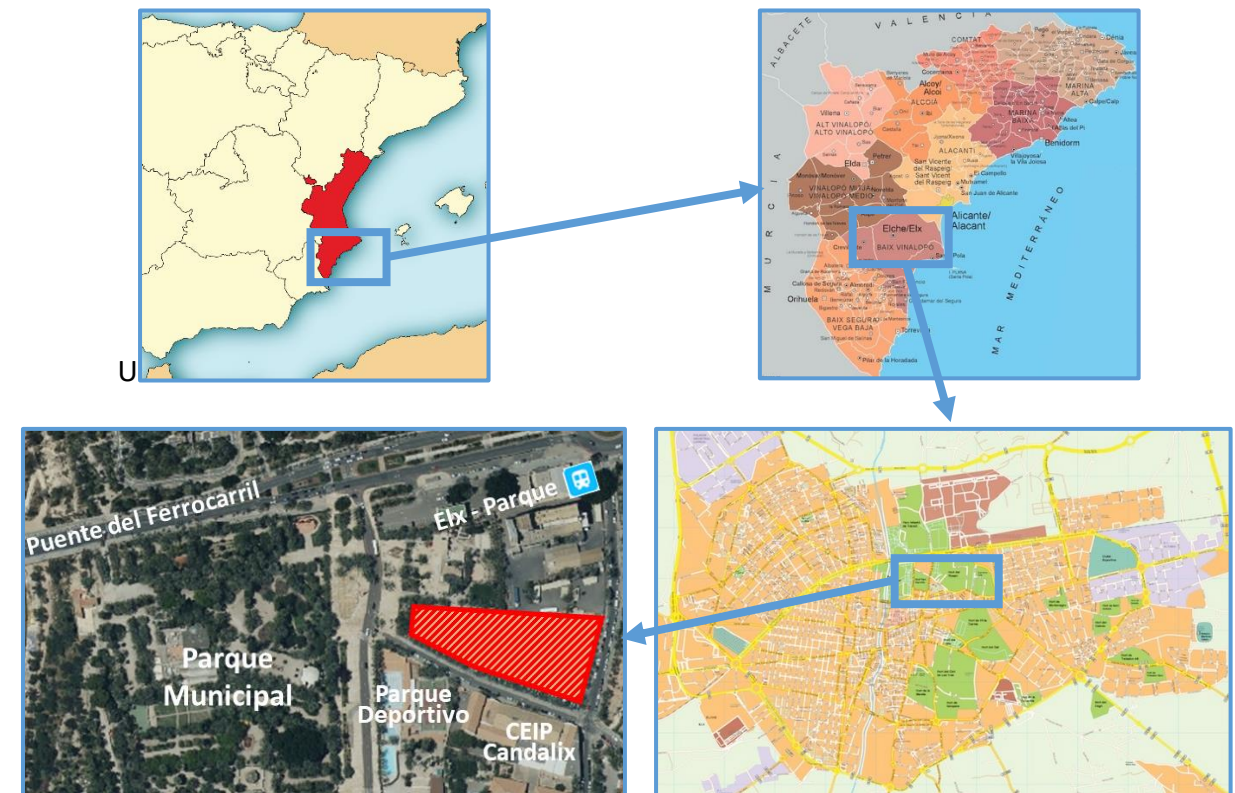


Figura 2. Ubicación de la zona de actuación.

FUENTE: Wikipedia, MapasMurales y Google Earth Pro.

1.2. LOCALIZACIÓN

El presente estudio para la construcción de un aparcamiento subterráneo se ubica en un solar despejado, ya asfaltado, con uso actual de aparcamiento abierto y sin edificaciones en las medianeras. Está ubicado en la Comunidad Valenciana, España; más concretamente en el Municipio de Elche, provincia de Alicante (España), en la Calle Nuestra Señora de la Cabeza 9, CP 03202

El perímetro del solar está formado por:

- Al Este la Calle Nuestra Señora de la Cabeza
- Al Sur la Avenida del Candalix
- Al Oeste el Paseo de la estación
- Al norte la Fábrica de Harinas Serrano y un Centro de la Tercera Edad

La parcela tiene un perímetro de 6.040 m² siendo esta de forma trapezoidal, con lados de 66'15 m, 133.'2m, 135 m y 21'85 metros, tal y como se muestra en la Figura 3. El solar se encuentra rodeada de viales al Este, Oeste y Sur, por lo que en estos lados no existen condiciones de medianería. Al Norte se encuentra el muro que rodea la fábrica de harinas



siendo la parte más próxima la de aparcamiento de camiones; la primera edificación, por tanto, se encuentra a 42,5 metros. Podemos decir entonces que no tenemos edificaciones colindantes, ya que la más próxima es al Sur donde se encuentra un colegio de planta baja y una altura, a una distancia de 11,5 metros. Por lo que dispondremos de espacio para la excavación y accesos especialmente por el oeste del solar.



Figura 3. Geometría en planta del solar objeto de estudio.

FUENTE: Visor Cartogáfic de la Generalitat + Propia

1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado (de aquí en adelante TFG) es el estudio de soluciones que se plantea para mejorar la disponibilidad de aparcamiento del Candalix, donde se plantean diferentes alternativas para aumentar el número de plazas en el centro de la ciudad y subsanar el problema de accesibilidad que la falta de éstas causa. Se plantearán 3 alternativas además de la Alternativa 0 (no realización del proyecto).

Se compararán las distintas opciones para elegir la más efectiva, analizando aspectos técnicos, constructivos y económicos. Para ello se planteará un análisis Multicriterio de las distintas alternativas, donde los parámetros serán el coste de la ejecución del proyecto,

eficacia de la solución adoptada, costes de mantenimiento durante la vida útil de la obra, aspectos medioambientales y afecciones durante la fase de construcción.

Por último, de la solución elegida, se estudiará el modo de sujeción del terreno, el modo de excavación y el proceso constructivo. Para ello se planteará la campaña geotécnica y se analizarán los datos obtenidos, estudiando las afecciones que puede tener a edificaciones cercanas

1.4. SOFTWARE UTILIZADO

Para la realización de este estudio ha sido necesario el uso de diferentes programas informáticos. Además de los usuales de Microsoft Office 2019 como Word o Power Point, se han usado Microsoft Excel 2019, Cype 2012 y AutoCAD 2019 para las siguientes funciones

- Cype 2012: Es un software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. En él se ha realizado el dimensionamiento del muro pantalla (espesor, profundidad y longitud de los tramos) y las comprobaciones de estabilidad (vuelco, deslizamiento y deslizamiento pésimo). También se ha utilizado para el diseño del armado del muro y con la herramienta de Generador de Precios se ha realizado la valoración económica de las Alternativas 2 y 3.
- Autodesk AutoCAD 2019: Es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en 2D y modelado en 3D. Se ha usado para realizar mediciones, y cálculo de distancias y áreas, imágenes explicativas y descriptivas y planos finales.
- Microsoft Excel 2019: Es una hoja de cálculo con herramientas gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación. Se ha empleado para elaborar tablas y realizar cálculos simples y complejos

II. MARCO GEOLÓGICO

2.1. GEOLOGÍA

Desde un punto de vista geológico, la zona de estudio se enmarca dentro del Sistema Geológico alpino de la Cordillera Bética. Concretamente, en la cuenca denominada Depresión de Elche-Cuenca del Bajo Segura, una cuenca post-orogénica neógena, situada al sur del Prebético de Alicante.

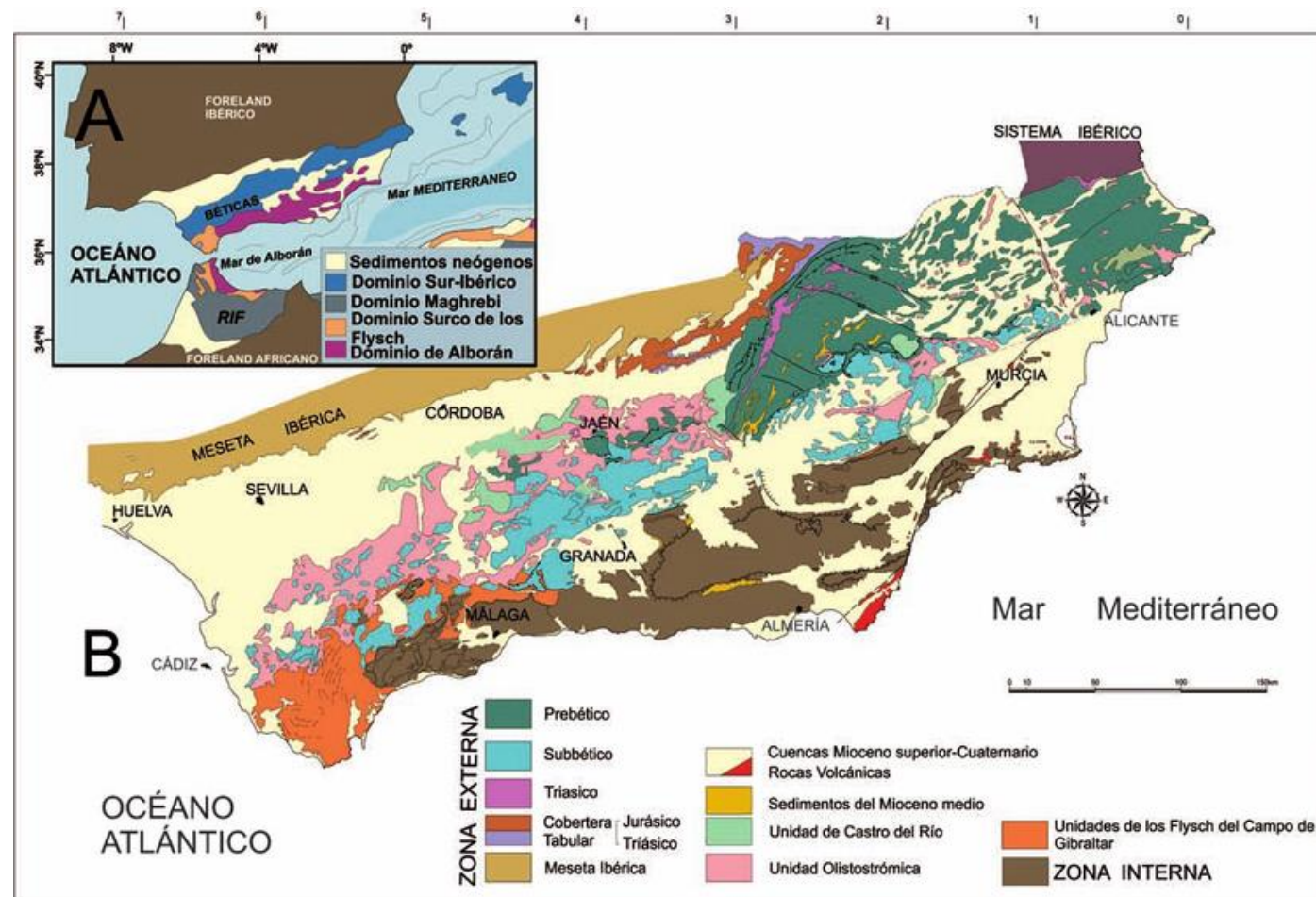


Figura 4. Esquema geológico regional de la Cordillera Bética. FUENTE: BlogSpeedstar71.

La Depresión de Elche-Cuenca del Bajo Segura representa, desde un punto de vista paleo-geográfico, una cuenca marginal del Mediterráneo, desarrollada a partir de la Cuenca Norbética de antepaís, que ha sufrido una evolución tecto-sedimentaria compleja a partir del Mioceno superior.

En el Anejo Geotécnico y Geológico se describen las diferentes etapas geológicas y las megasecuencias que se registran en la zona, las Figuras 5 y 6 esquematizan lo descrito en él.

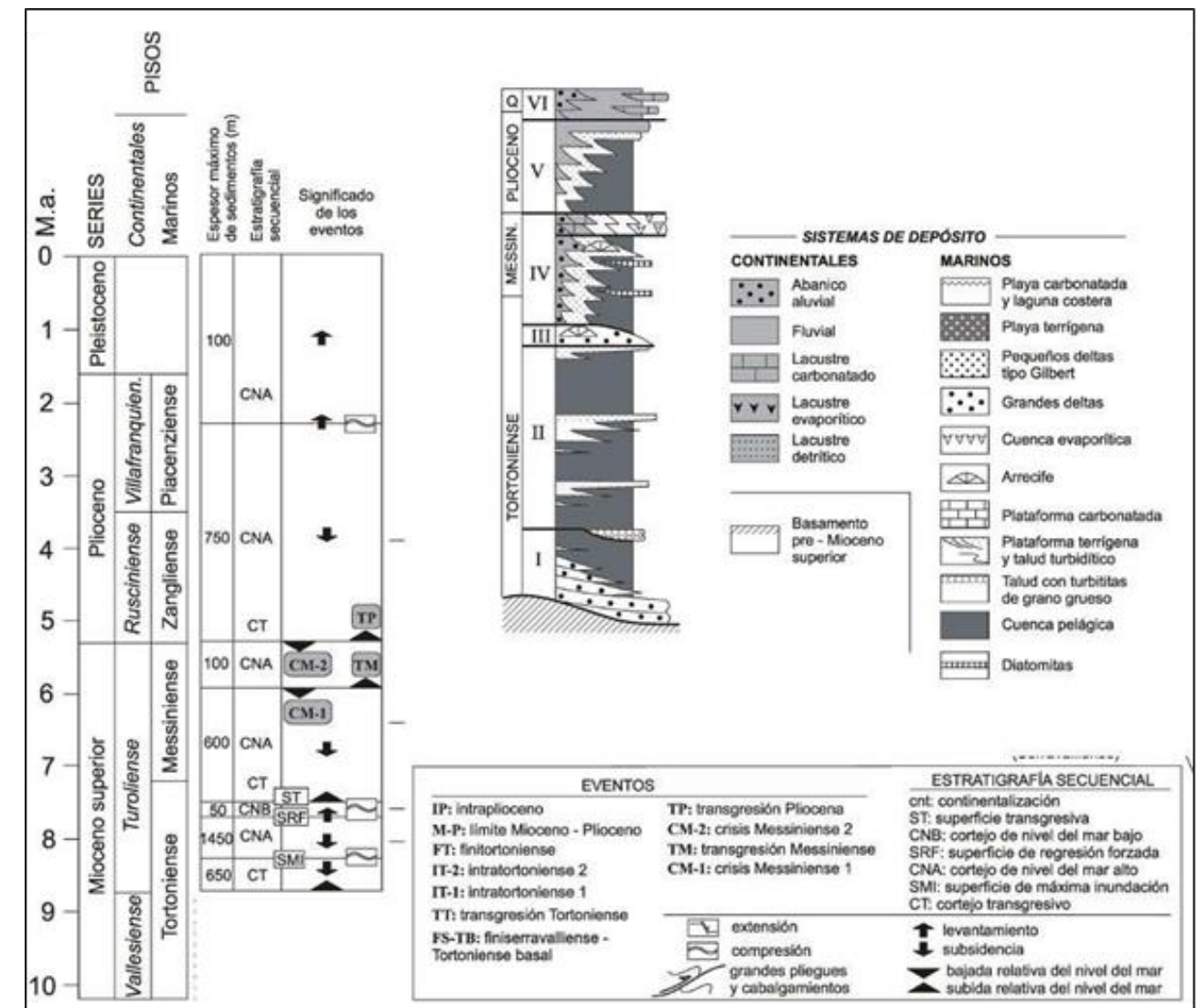


Figura 5. Evolución geológica de la de depresión de Elche. Cuenca del Bajo Segura. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

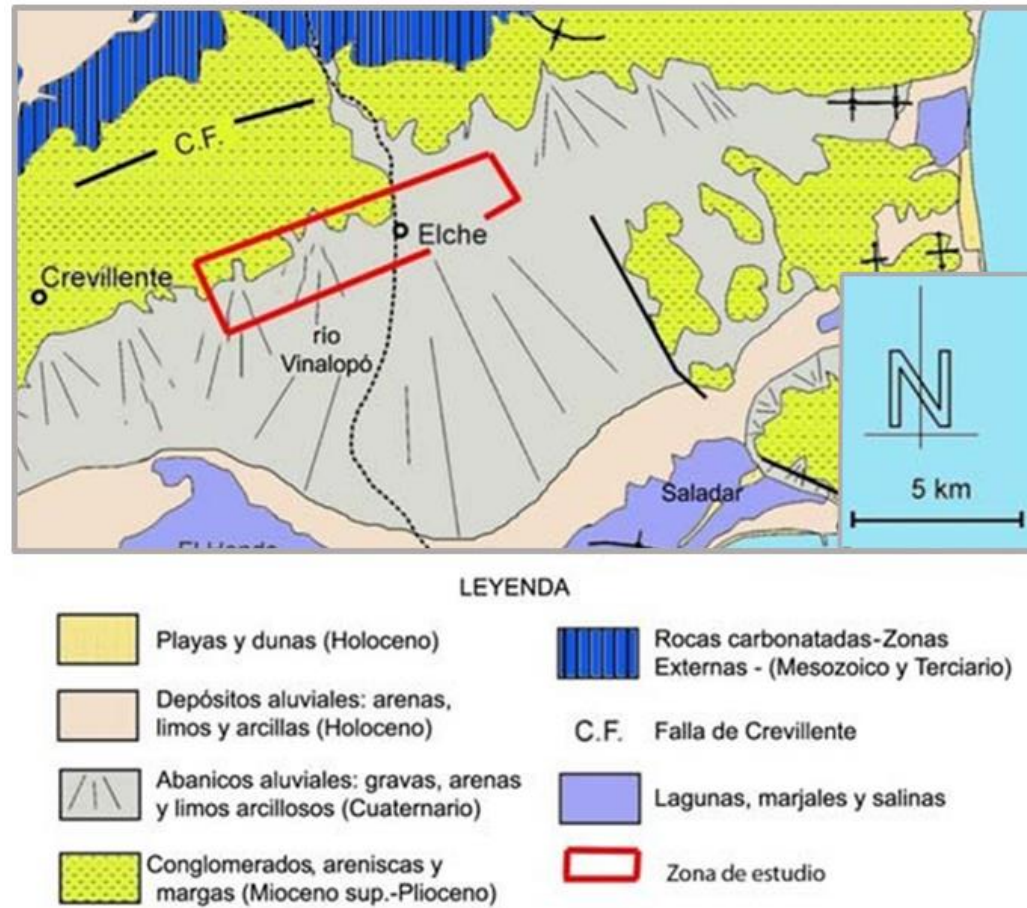


Figura 6. Geología de la depresión de Elche. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

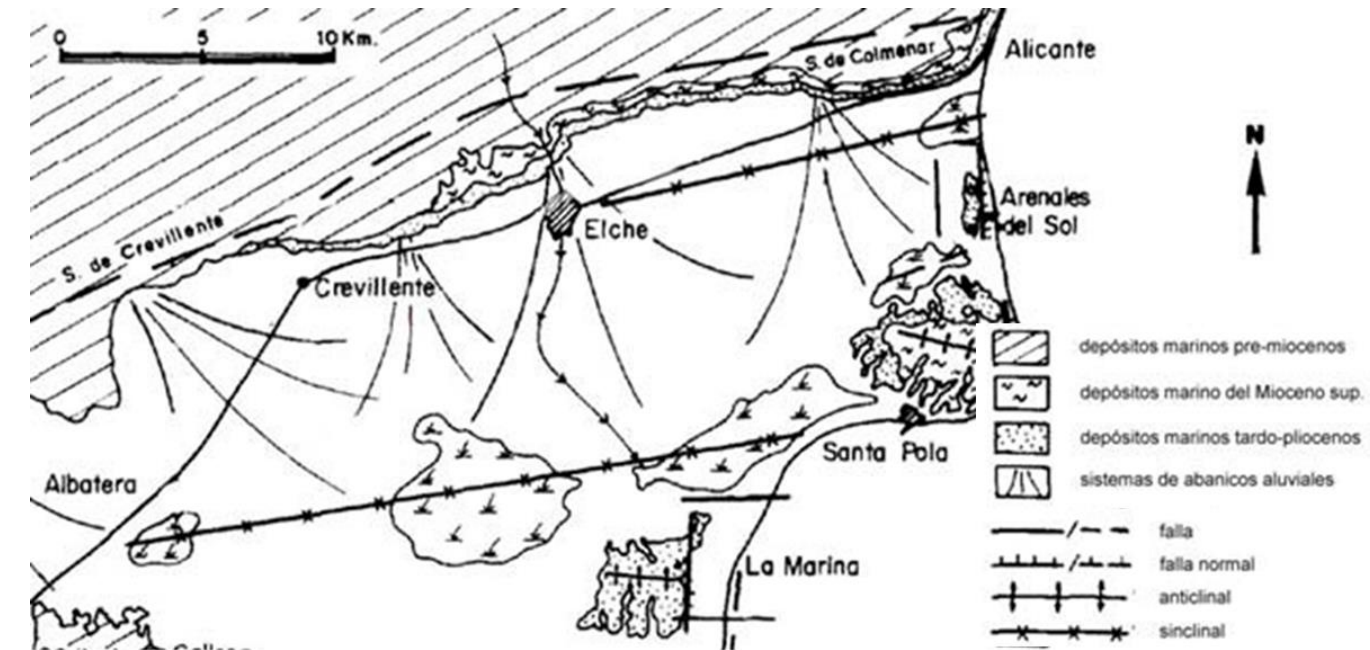


Figura 7. Mapa morfológico-estructural de la zona de estudio. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

El paso entre la región montañosa septentrional y la depresión meridional (Depresión de Elche), coincide con el salto tectónico a través de la Falla de Crevillente y con la zona de rotura de pendiente de la región.

La Depresión de Elche reúne todas las características morfológicas de un escenario subsidente. De hecho, se trata de una llanura amplia y deprimida con una pendiente media inferior al 3%, como se muestra en el Figura 8

2.2. GEOMORFOLOGÍA

La evolución tectónica de la región jugó un papel decisivo durante todo el Cuaternario e influyó, de forma determinante, la morfología y el escenario actual de la cuenca. En la Figura 7 se muestra el mapa donde se ubican los distintos depósitos.



Figura 8. Mapa de pendientes. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

Actualmente, los parajes de El Hondo y las Salinas de Santa Pola, representan las principales áreas endorreicas de la Albufera de Elche, en las cuales se registra la mayor tasa de subsidencia de la cuenca.

La cuenca está rellena por sedimentos aluviales con una morfología de abanicos generados como resultado la gran disminución de pendiente tras los relieves montañosos, lo que provoca una disminución de la velocidad de flujo y con ello se deposita la carga transportada. Los ápices proximales de los abanicos están situados en la zona de rotura de pendiente, mientras sus áreas distales conectan con los ambientes húmedos endorreicos próximos a la línea de costa.

El desarrollo de los abanicos se ha producido a través de fases sucesivas de erosión-deposición que corresponden con secuencias morfo-climáticas y morfo-dinámicas alternadas, ligadas a cambios en la distribución anual de las precipitaciones, a variaciones en el nivel de base de la cuenca y a la migración de los cauces. En las zonas proximales de los abanicos, los cursos de agua fluyen de forma brusca, produciendo incisiones erosivas en el terreno hasta formar barrancos con escarpes sub-verticales de hasta 30 m de altura. En las zonas distales, los cursos de agua carecen de la pendiente necesaria para descargar al mar y derraman sus aguas en la albufera.

Los cursos de agua que atraviesan la Depresión de Elche forman una red de drenaje que sigue un patrón ramificado y anastomosado, condicionado también por la reciente

actividad tectónica de elevación del sistema montañoso y la simultánea subsidencia de la cuenca. El río Vinalopó es el curso principal de agua de la región.

El sistema fluvial de la región se caracteriza por un régimen espasmódico que, aunque durante los estiajes apenas tiene capacidad de transporte, en momentos de avenidas incrementa de forma considerable la energía de flujo, facilitando el arrastre y la capacidad de carga sólida. Esta dinámica hidrológica, cada vez más favorecida por el desmantelamiento de la vegetación en las áreas fuentes, ha ocasionado frecuentemente problemas de crecidas.

Para aprovechar el agua, que desde siempre ha constituido un bien valioso en la región, se ha llevado a cabo durante siglos una labor de aterrazamiento generalizado de los terrenos. La forma de regularizar la pendiente se ha basado principalmente en la construcción de pequeños taludes de suelo. Esta transformación del terreno permite el riego por inundación controlada de los campos, abastecido por el complejo sistema de acequias ilicitano. Esta modelación del terreno reduce aún más el drenaje natural e incrementa el riesgo de inundación de la región. Durante episodios de lluvias torrenciales es habitual observar procesos erosivos de tipo *piping* a lo largo de los taludes antrópicos de las terrazas.

2.3. HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio pertenece, desde un punto de vista climático, al dominio semiárido mediterráneo, que se caracteriza por inviernos cálidos y veranos calurosos. La precipitación media anual registra valores en torno a los 290-300 mm³. Se trata de una pluviometría débil a muy débil, típica de una de las tierras más áridas de la zona mediterránea, que presenta una distribución interanual de las lluvias muy irregular y un carácter fuertemente equinoccial. Octubre y mayo resultan los meses más lluviosos, separados por un verano seco y dilatado. En esta región existe, durante los meses citados, la potencial amenaza de intensos aguaceros. El “Plan Regional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos” del Instituto Nacional de Meteorología, advierte que, especialmente en otoño, existe alto riesgo de aguaceros que en el intervalo de pocas horas pueden arrastrar grandes cantidades de material, desbordar los cauces y provocar inundaciones. Lo que la sitúa como uno de los puntos negros de la Península en cuanto a inundaciones, se pueden dar lugar a precipitaciones superiores a 200 mm en un día e



intensidades punta de 100 mm por hora. Entre los factores geográficos, destaca la morfología hidrográfica alicantina, que se caracteriza por su carácter torrencial, con colectores fluviales de corto recorrido (ríos-rambla, ramblas y barrancos). También interviene, en el caso de las inundaciones, la ocupación intensa de las llanuras aluviales por parte del hombre, la deforestación de las áreas fuentes y el abandono de prácticas agrarias como el riego de turbia.

Con el fin de estimar el impacto de las inundaciones en todo el territorio valenciano, se desarrolla a partir del año 1999 el PATRICOVA, y llevar a cabo un plan de actuaciones para mitigar los efectos de las mismas. Se han identificado en toda la comunidad 278 zonas de inundación individualizada donde intervenir. Según los estudios hidrológicos realizados, la zona del cauce del río Vinalopó, su cono, y las áreas endorreicas asociadas, representan algunas de las zonas con mayor riesgo, debido a su elevada densidad de población.

En la Figura 9 que se presenta a continuación se presenta el mapa de riesgo de inundación correspondiente a la Cuenca Baja del río Vinalopó, elaborado en el año 2002 en el programa PATRICOVA. En el estudio geológico de detalle se analizan de forma pormenorizada los puntos conflictivos identificados por el Plan de la Comunidad Valenciana.

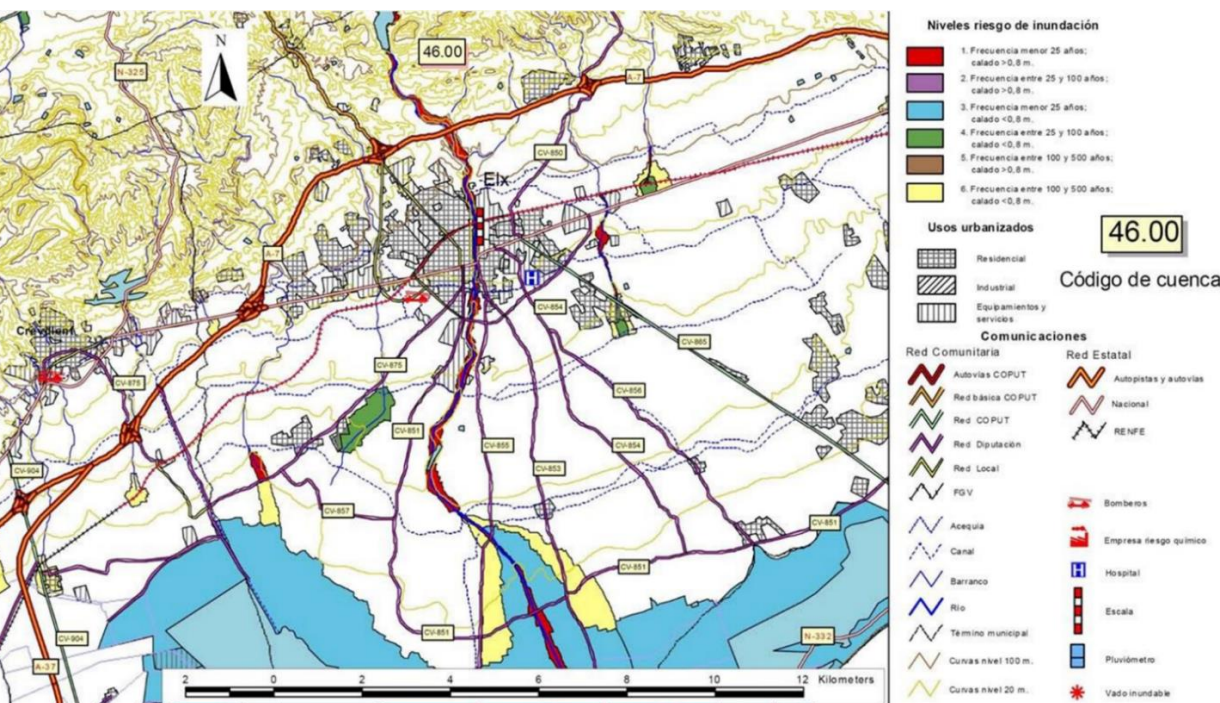


Figura 9. Mapa de riesgo de inundación del Río Vinalopó, cuenca baja 46.00. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

Desde un punto de vista hidrogeológico, la región de estudio está situada en la Cuenca Hidrográfica del río Júcar, el acuífero que ocupa la Depresión de Elche corresponde a la unidad hidrogeológica 8.99 (acuifero de interés local). En la Figura 10 se presenta el encuadre hidrogeológico.



Figura 10. Mapa de cuencas y de sistemas de acuíferos de la zona de estudio. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

Las formaciones cuaternarias que rellenan la cuenca de Elche constituyen un acuífero de tipo multicapa con síntomas de intrusión marina. Este sistema hidrogeológico está formado por niveles permeables de cantos, gravas y arenas que se distribuyen, en vertical y lateralmente, con grandes variaciones de potencia.

Se trata de conjuntos irregulares de poca continuidad lateral, formados por paquetes no conectados entre sí dentro de una masa limo arcillosa muy poco permeable. Tanto la geometría como los límites de los niveles productivos están condicionados por factores sedimentarios y tectónicos.

En la zona central de la Depresión de Elche, el sistema multicapa está configurado de la siguiente forma:

- Acuífero cuaternario superficial: se trata de un acuífero discontinuo libre o semiconfinado formado por paquetes de gravas y arenas, que presenta una potencia variable entre 10 y 20 m. El nivel piezométrico presenta un desarrollo desigual, dependiendo del espesor y la geometría de los niveles detríticos gruesos que almacenan el agua. En la franja geográfica de estudio, este nivel se sitúa a profundidades superiores a los 20-30 m. Hacia el sur, puede llegar a aflorar, dando lugar a zonas de lagunas, albuferas y ojales. Este nivel se abastece de las escorrentías superficiales y está drenado parcialmente por los azarbes.
- Acuífero cuaternario profundo superior: es un acuífero confinado, formado por gravas con fracción arcillosa, y arenas en proporción variable. Su espesor medio se estima entre 5 y 10 metros y su techo se sitúa a unos 40-60 metros de profundidad.
- Acuífero cuaternario profundo inferior: se trata de un acuífero confinado constituido por gravas con contenido variable en arcillas y arenas. Presenta un espesor medio de 20 metros y su techo se sitúa a una profundidad media de 80-150 m. A muro, aparecen arcillas cuaternarias, que constituyen el horizonte impermeable de base de todo el conjunto multicapa.

El acuífero de la zona de estudio presenta un índice de vulnerabilidad, estimado según el método DRASTIC, comprendido entre 100 y 125, que corresponde a una vulnerabilidad media baja. Dicha vulnerabilidad se debe, principalmente, al elevado contenido en finos del terreno, que limita la propagación de los agentes contaminantes potenciales.

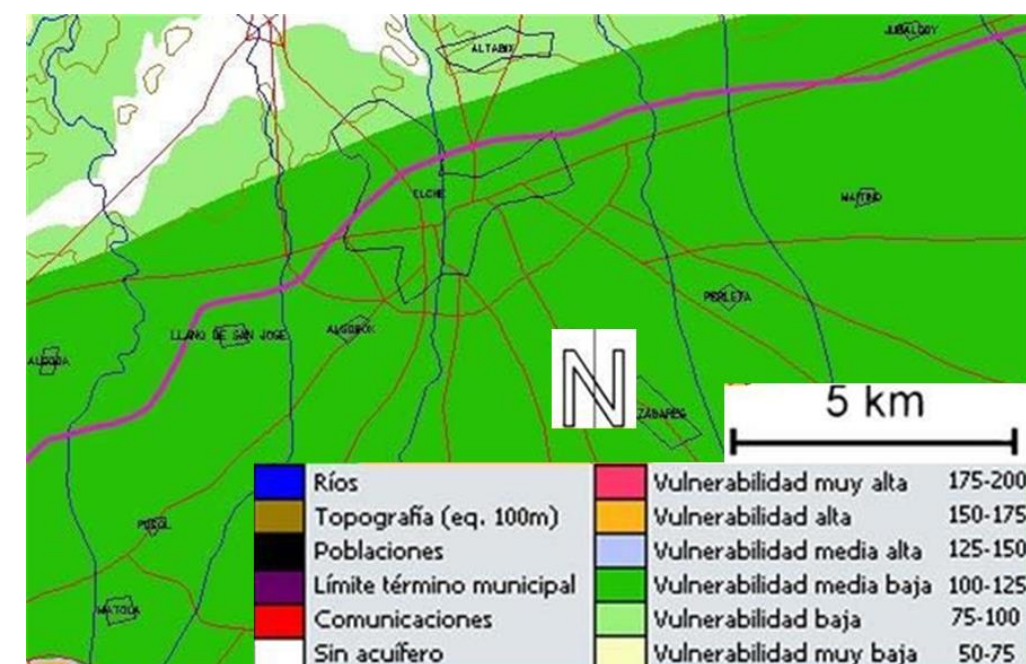


Figura 11. Mapa de vulnerabilidad drástica de los acuíferos de la zona de estudio.
FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

Los parámetros hidráulicos estimados para este acuífero son (IGME, 1985):
Permeabilidad: $K = 2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Transmisividad: $T = 20 - 200$ m²/h.

2.4. CONDICIONANTES SÍSMICOS

Desde un punto de vista tectónico, la zona de estudio se localiza en el extremo oriental de la franja tectónica llamada Accidente Cádiz-Alicante, también conocida como Falla de Crevillente.

Se trata de una zona de fractura que recorre longitudinalmente todo el edificio emergido de las Béticas y que penetra con una orientación media de N65°E a lo largo de la alineación Crevillente-Elche-Alicante. En la Depresión de Elche, la franja tectónica se manifiesta con el escalonamiento del substrato según una estructura horst-graben y con el plegamiento de la cobertera con una disposición de ejes este-oeste. La única repercusión de la tectónica en la topografía superficial de la zona, se observa en proximidad de dos altos tectónicos que corresponden con la Sierra del Cabo de Santa Pola y con La Marina.

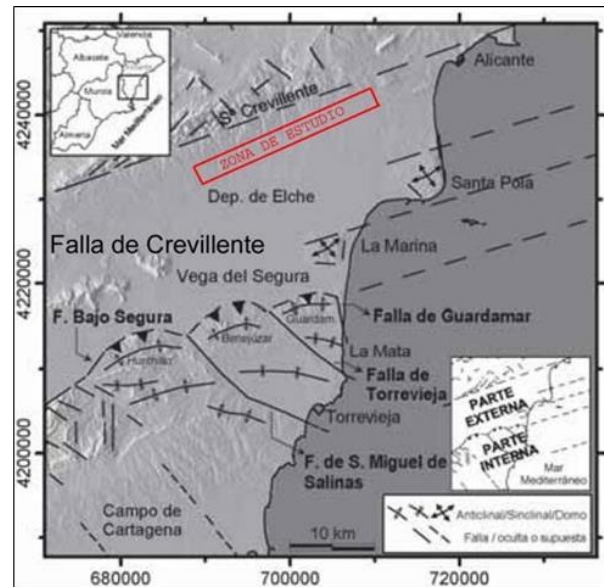


Figura 12. Esquema tectónico de la zona de Estudio. FUENTE: Recursos Ministerio de Fomento.

Desde el punto de vista tectónico, la zona de estudio presenta una evolución cinemática compleja, cuya dinámica se ha interpretado como un mecanismo de desgarre en régimen distensivo, activo desde el Mioceno medio.

En este escenario, la Falla de Crevillente presenta un potencial sísmico y la zona de Proyecto se encuentra en una de las zonas sísmicamente más activas de la Península Ibérica. En la Figura 13 se puede observar la concentración de epicentros del sur-este de la Península.

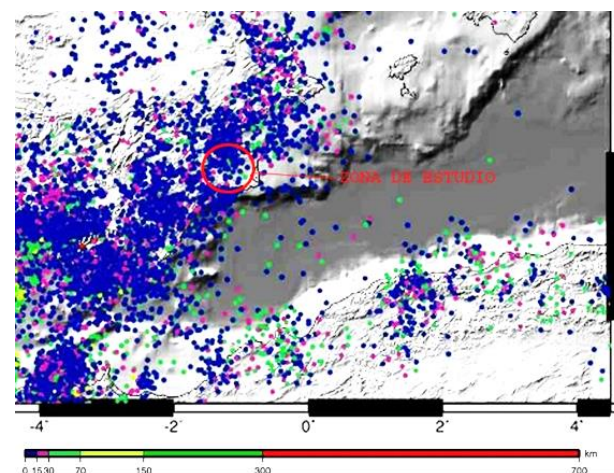


Figura 13. Mapa de epicentros, clasificados según la profundidad. FUENTE: Ministerio de Fomento.

Los registros paleosísmicos han permitido reconocer, mediante el estudio de sismitas contenidas en sedimentos de edad inferior a 8.000 años en la Cuenca del Bajo Segura, hasta 7 terremotos de magnitudes superiores a 5,5 Mw.

A continuación, se presentan en la Tabla 1 los parámetros sísmicos para la zona de Estudio, obtenidos de otros estudios que se consideran representativos.

Tabla 1. Parámetros Sísmicos de la zona de estudio obtenidos de estudios Anteriores. FUENTE: ESTEYCO, estudio de efectos sísmicos realizado para el PC del ferrocarril entre Torrellano y Crevillente.

PARÁMETROS	VALORES
Aceleración sísmica básica	$a_b = 0,15$ (T.M. Elche). Normas sismorresistentes de obligatoria aplicación
Coefficiente de riesgo	$r = 1,3$ (construcciones de importancia especial).
Valor del producto r-ab	$r \cdot a_b = 0,195$.
Coefficiente del terreno	$C = 1,6$ (Terreno Tipo III).
Coefficiente de amplificación del terreno	$S = 1,19$ (para $0,1 < r \cdot a_b < 0,4$).
Aceleración sísmica de cálculo	$a_c = 0,232$.
Intensidad sísmica M.S.K.	IMSK = 7,97 (Clase VIII).
Coefficientes sísmicos horizontal y vertical	$K_h = 0,116$; $K_v = 0,058$.

En la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) se muestra el Mapa de Peligrosidad Sísmica que se muestra en la Figura 14 donde se ha señalado la zona donde se encuentra el emplazamiento de estudio. Donde se observa que la a_b tiene un valor de 0'12 para la ciudad del Elche.

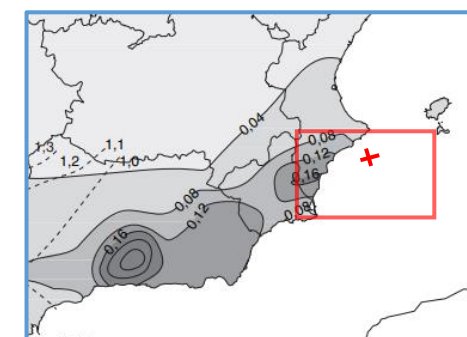


Figura 14. Mapa de aceleración sísmica de España. FUENTE: Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. Recursos Ministerio de Fomento

III. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para un detallado análisis geológico geotécnicos, se han empleado las prospecciones geotécnicas y ensayos de laboratorio efectuados que han permitido el estudio de los materiales que conforman el terreno. En el Anejo Geotécnico y Geológico se describe más detalladamente el proceso y los resultados de la campaña geotécnica. Se enumeran a continuación las diferentes investigaciones realizadas.

- 5 sondeos a rotación con recuperación de testigo.
- 5 ensayos de penetración dinámica tipo SPT en cada sondeo.
- Ensayos de laboratorio de 5 muestras inalteradas recogidas de los sondeos para su caracterización, densidad, compresión simple y de Corte Directo tipo CD.
- Ensayos de laboratorio de las muestras recogidas en los SPT, donde se han medido la densidad y Límites de Atterberg.

3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA

3.1.1. SONDEOS

Para conocer la naturaleza del terreno se realizaron cinco sondeos de 15'45 metros, un total de 77'25 metros perforados. Todos ellos mediante una máquina de rotación con recuperación continua de testigo con una tubería de revestimiento para evitar que las paredes del terreno se desmoronases. Adicionalmente, durante los sondeos se han efectuado SPT cada 3 metros para conocer la compacidad de los materiales, intercalados con tomas de muestras inalteradas con vistas a recoger material en su estado natural para la realización de ensayos de laboratorio.

Tras la terminación de cada sondeo, se introdujo en todos ellos una tubería piezométrica para medir el Nivel Freático.

Los materiales encontrados en sondeos son muy similares en todos ellos. Se tiene una primera capa de relleno antrópico y el resto son alternancia de arenas y limos,

encontrando en ellas intercalaciones de conchas de arcillas con algo de arena, tal y como se describe a continuación.

Entre 0'00 y 0'40 – 1'00 m	Relleno antrópico.
Entre 0'40 – 1'00 y 7'20 - 10'30 m	Alternancia de arenas y limos, color beige.
Entre 7'20 - 10'30 y 8'25 – 11'20 m	Arcillas grises con algo de arena.
Entre 8'25 – 11'20 y 13'50 -14'90 m	Alternancia de arenas y limos, color beige.
Entre 13'50 -14'90 y 15'45 m	Arcillas grises con algo de arena.

3.1.2. NIVEL FREÁTICO (N.F.)

Tras la ejecución de los sondeos, se introdujo en todos ellos una tubería piezométrica para medir el Nivel Freático, obteniéndose en todos ellos un nivel de -1'5 metros sobre la superficie.

Por tanto, se trata de un acuífero libre que se sufrirá pequeñas oscilaciones debidas al río Vinalopó.

3.1.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (S.P.T.)

Los resultados de los 15 SPT realizados quedan resumidos en la Tabla 2, donde la profundidad se indica la cota de inicio del SPT, teniendo este una longitud de 0'45 metros.



Tabla 2. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar. FUENTE: Propia.

SPT	SONDEO				
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
3,00 metros	3 7 5 12	4 6 8 14	4 5 8 13	6 7 8 15	3 4 6 10
6,00 metros	6 4 6 10	7 7 5 12	3 4 6 10	5 7 7 14	4 8 7 15
9,00 metros	5 8 8 16	4 8 5 13	5 8 6 14	4 4 8 12	6 10 8 18
12,00 metros	7 6 8 14	6 6 9 15	5 7 7 14	3 6 7 13	3 8 4 12
15,00 metros	5 10 8 18	4 8 9 17	6 6 9 15	6 9 7 16	7 9 10 19

3.1.4. ENSAYOS LABORATORIO

Con las muestras inalteradas tomadas en los sondeos se propusieron los siguientes ensayos de laboratorio con el objetivo de caracterizar los materiales:

- Sondeo 1: Muestra inalterada para realizar un ensayo CD_{CD} , determinación de la densidad y humedad natural.
- Sondeo 2: Muestra inalterada para realizar un ensayo de compresión simple, q_u , determinación de la densidad y humedad natural.
- Sondeo 4: Dos muestras inalteradas donde se realizaron ensayos de compresión simple, q_u , determinación de la densidad y humedad natural.
- Sondeo 5: Muestra inalterada para realizar un ensayo de compresión simple, q_u , determinación de la densidad y humedad natural.

En el Anejo Geotécnico y Geológico se pueden ver los resultados de los ensayos de campo y laboratorio, mostrándose, también, una imagen resumen de todos ellos.

3.2. ANÁLISIS DE DATOS

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio y de los materiales testificados en los sondeos se establece un perfil del Terreno Tipo, a partir de la media de los resultados obtenidos. Por tanto, las características del terreno se dan para este terreno tipo debido a que son muy similares en todos los sondeos. El terreno está constituido básicamente por los siguientes dos niveles.

Nivel I: Relleno antrópico

En la parte exterior del terreno se encuentra una 10 – 15 centímetros de capa asfáltica. Bajo esta se tiene un relleno antrópico que se ejecutó cuando se habilito el solar para aparcamiento superficial. La profundidad de este estrato finaliza entre la cota -0'45 y -1'00 metros.

Nivel II: Arenas y limos

El terreno está constituido principalmente por una alternancia de arenas y limos, que presentan un color beige. Este estrato comienza en la zona superficial (cota -0'40 – -1'00 metros) dependiendo del relleno que se utilizara para el nivelado del terreno previo a la capa asfáltica.

La profundidad de este estrato llega hasta casi el final del sondeo (-13'50 – -14'90 metros). Por lo que se puede decir que el terreno, hasta la cota -15'45 (profundidad de los sondeos), está constituido por este nivel encontrándose conchas de arcillas en dos niveles.

Granulométricamente, el material que constituye la zona se clasifica como arenas bien graduadas, arenas limosas y arenas arcillosas, SW, SM y SC, respectivamente, según los criterios de Casagrande. Para este material puede establecerse un valor de densidad de $1'9 \text{ g/cm}^3$.

Desde el punto de vista resistente se caracteriza a partir de los ensayos SPT, con valores muy homogéneos, con una media de 13. El ángulo de rozamiento se ha obtenido a partir del N_{SPT} , siendo $32'6^\circ$

Los valores obtenidos de realizar los Límites de Atterberg son de $30'4\%$, $14'5\%$ y $15'9\%$ para el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad respectivamente. La Humedad Natural es del $30'5\%$.

Nivel III: Arcillas con algo de arena

Este nivel se presenta como unas conchas distribuidas en el terreno a unas profundidades semejantes, entre $-7'2$ y $-9'85$ metros y en la parte final del sondeo, con unos espesores de entre $0'30$ y $1'70$ metros. Se trata de arcillas grises con algo de arena, CL según la clasificación de Casagrande, con una densidad del orden de $2'06 \text{ g/cm}^3$ y una humedad del $12,6\%$.

Del los Límites de Atterberg la media de los resultados obtenidos fueron $31'4\%$ para el Límite Líquido, $15'2\%$ para el Límite Plástico e Índice de plasticidad de $16'2\%$.

Del ensayo de Corte Directo CD_{CD} , se ha obiene la resistencia del suelo como la suma de la cohesión efectiva y el ángulo de rozamiento efectivo, siendo estos $0'4 \text{ kg/cm}^2$ y 10° , respectivamente.

3.3. PARAMETRIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO

El resultado final de la media de todos los ensayos, por tanto, la parametrización del Terreno Tipo se muestra en la Tabla 3. En el Anejo Geotécnico y Geológico y en el Anejo de Planos se muestra una imagen representativa

Tabla 3. Parametrización geotécnica del suelo. Resultados finales para el diseño del proyecto
FUENTE: Propia.

	Clasificación	Límite líquido (LL) (%)	Límite Plástico (LP) (%)	Índice de Plasticidad (IP) (%)	Humedad Natural (W_n) (%)	γ (t/m^3)	c_u (kg/cm^2)	c' (kg/cm^2)	ϕ' ($^\circ$)	q_u (kg/cm^2)	N_{SPT}	ϕ ($^\circ$)
ARENAS	SW	32,0	14,2	17,8	25,0	1,7	-	-	-	-	13	32,33
	SC	30,0	15,0	15,0	34,0	1,8	-	-	-	-	13	32,66
	SM	29,2	14,3	14,9	32,5	2,2	-	-	-	-	13	32,80
	ARENAS	30,4	14,5	15,9	30,5	1,9	-	-	-	-	13	32,60
ARCILLAS	CL	31,4	15,2	16,2	37,8	2,06	0,675	0,4	10	1,35	16	-

3.4. RECOMENDACIONES

Tras el análisis de los datos obtenidos sobre el terreno, el Nivel Freático y teniendo en cuenta la tipología de la obra se dan dos recomendaciones según la tipología de la obra.

Como finalmente se proyectará una obra con dos sótanos más la plana de superficie, se aconseja la construcción de muros pantalla para el sostenimiento del terreno y excavación con medios mecánicos tras la construcción de estas. Es una técnica muy usada en el casco urbano en edificios con sótanos o en aparcamientos y muy recomendada dada la presencia del Nivel Freático por su alta efectividad.

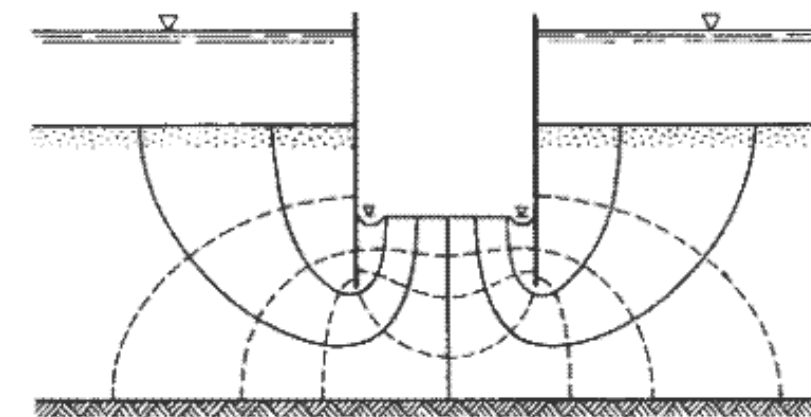


Figura 15. Red de Flujo del Nivel Freático entre muros pantalla. FUENTE: Prederconsi.ml



Posteriormente, para la excavación, se aconseja rebajar el Nivel Freático mediante el uso de Well Points y ejecutar una cimentación mediante Losa de Cimentación, evitando que se produzca levantamiento de fondos. La Figura 16 es un boceto de esta solución.

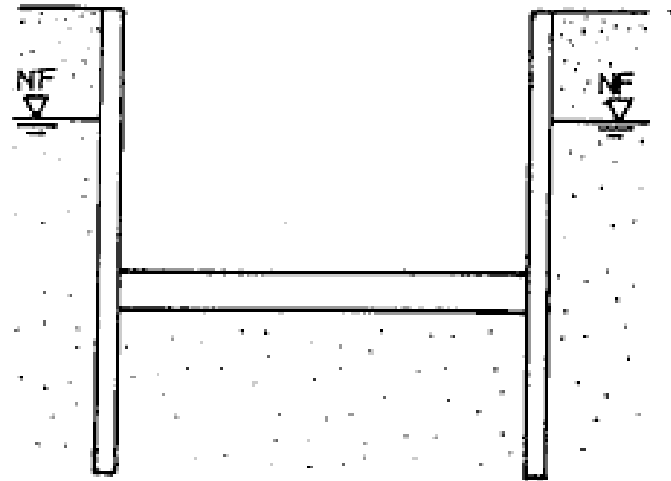


Figura 16. Solución recomendada de muro pantalla y losa de cimentación.
FUENTE: Nannfopehal.ga

IV. CONDICIONANTES EXTERNOS

4.1. AFECCIONES A EDIFICACIONES CERCANAS

El perímetro del solar, como ya hemos comentado antes se encuentra libre de edificaciones al Este y Oeste, mientras que al Sur tenemos un colegio y al Norte la fábrica de harinas, y tras ésta, se encuentran soterradas las vías del tren. Se estudian a continuación cada una de ellas.

Vías del tren

Las vías del tren que cruzan la ciudad ilicitana discurren por lo que es ahora la Avenida principal de la ciudad, pero en sus orígenes esta no era tan grande, por lo que separaban la ciudad del Polígono de Carrús que se encontraba al norte, como se ve en la Figura 17. Circulaban por ellas tanto trenes de mercancías como de pasajeros.



Figura 17. Antigua parada de la estación de Elche con las vías en la superficie.

FUENTE: Diario Información

Con el crecimiento de la ciudad hacia el Norte se construyeron una veintena de pasos a nivel, ya que numerosos peatones cruzaban a diario por las vías; pero estos no eran suficientes, la gente cruzaba por lugares no señalados para ello, lo que provocaba numerosas muertes y era un peligro constate en la ciudad. Por ello en 1972 se iniciaron las obras para enterrar 8 kilómetros paso de ferrocarril a lo largo de toda la ciudad, Figura 18. En diciembre de 1977 se inauguraron las nuevas vías que desfragmentaron la ciudad que había sido separada en dos partes por las vías del tren provocando también la división de clases sociales, las familias más humildes vivían al norte de esta, separados del casco urbano.



Figura 18. Obras de soterramiento del ferrocarril que atraviesa la ciudad Ilicitana.

FUENTE: Diario Información

La avenida que quedó tras el soterramiento de la vía del tren es ahora la avenida principal de la ciudad, que la cruza de Este a Oeste, y que, como hemos comentado en el apartado I, tiene distintos nombres según el tramo, siendo el más común y utilizado Avenida de la Libertad

Analizando la distancia de soterramiento y según los mapas que nos proporciona el Ministerio de Fomento en el Geoportal IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España)



a través del programa de AutoCAD, se calcula que la distancia más cercana de nuestro solar al eje de las vías del tren es de 105 metros, tal y como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Distancia de la zona de estudio a las vías del tren.

FUENTE: Geoportal IDEE + Propia

Debido a esta que esta distancia es bastante significativa, se puede afirmar que la construcción del aparcamiento no tiene efectos que puedan causar daños o alteraciones en el túnel por el que circulan las vías del tren

Fábrica

La fábrica harinas tiene dos zonas diferenciadas, tal y como se muestran en la Figura 20, la más próxima a la zona de estudio es una caseta de almacenaje, que se apoya en el terreno asfaltado y no tiene cimentaciones, la distancia más cercana a esta caseta es de 30'20 metros.

La otra zona es el edificio principal de la fábrica, también señalado en la Figura 20, tiene dos y tres alturas según el módulo de la fábrica. La cimentación se ejecutó mediante

cimentaciones superficiales. Analizando la distancia de estas se calcula que la mínima distancia posible es de 42'50 metros.



Figura 20. Distancia entre la zona de estudio y la fábrica de harinas al norte.

FUENTE: Propia

Por tanto, podemos decir que esta distancia suficientemente grande para no verse afectada por los trabajos a realizar durante la fase de construcción del aparcamiento subterráneo y la vida útil de este

Colegio

El Colegio de Educación Infantil y Primaria Candalix (CEIP Candalix), que se encuentra al Sur de la zona de estudio, está separado de esta por la Calle Nuestra Señora de la Cabeza. El colegio tiene planta baja más una altura en toda la zona más próxima al aparcamiento y está cimentado también mediante cimentaciones superficiales. Como se puede ver en la Figura 21 la mínima distancia a estas es de 11'5 metros. Esta distancia es considerable de

tener en cuenta durante la ejecución del aparcamiento subterráneo para no producir afecciones, sobre todo durante la ejecución de las pantallas.



Figura 21. Distancia entre la zona de estudio y el colegio Candalix al sur.

FUENTE: Propia



Figura 22. Ubicación del acceso a los sótanos del aparcamiento.

FUENTE: Propia

La rampa de acceso no formará parte del itinerario accesible, y según el Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (CTE DB SUA), en el apartado 4.3.1 se indica que la pendiente máxima permitida es de un 16%.

Se ha realizado en AutoCAD el perfil de esta, suponiendo que el gálibo máximo permitido es de 2'1 metros, necesitamos una zona de acceso de 13'25 metros de longitud. En el Anejo de planos se representa la Planta y el Perfil de dicha zona según esta sugerencia, además de una vista 3D orientativa. En el se ubican la rampa de entrada y salida contiguas, con un único carril para ambas, siendo de un ancho total de 6'5 metros. La zona descubierta que sería necesario habilitar, el perímetro se rodearía mediante una valla o maceteros continuos evitando el riesgo de caída de las personas.

Si queremos aumentar el gálibo a 3 metros, necesitaríamos por el contrario una superficie de 18'99 metros de longitud

4.2. ACCESOS

Para los accesos, a parte de la ubicación de estos es importante conocer cuanta superficie nos ocupan, que depende de la pendiente de acceso y del gálibo máximo permitido.

La ubicación que se recomienda debido al tráfico de la calle y a las colas que se podrían ocasionar en la entrada es en la avenida del Candalix, concretamente lo más al Oeste del aparcamiento, en la zona más estrecha, como se muestra en la Figura 22



V. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

5.1. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

El planteamiento de las alternativas se desarrolla detalladamente en el Anejo de Estudio de las Alternativas. A continuación, se resume brevemente cada una de ellas:

Alternativa 0

También llamada Solución 0 se define como la no realización del proyecto ni de ninguna actuación.

Alternativa 1

La Alternativa 1 plantea la reorganización y distribución de plazas en la superficie actual para el mejor aprovechamiento del espacio del que se dispone actualmente. Reubicando los accesos, suprimiendo los pasillos en dos direcciones y organizando de nuevo el espacio de cada plaza, evitando dejar espacios que permitan o fomenten la doble fila.

La obra tiene un plazo muy corto por lo que se propone realizarla durante el mes de Julio, evitando molestias importantes a los ciudadanos.

Alternativa 2

Esta Alternativa desarrolla la construcción de un aparcamiento subterráneo, público y gratuito de un sótano sumado a la superficie el aparcamiento existente en la actualidad.

Para esta solución se aconseja la excavación por bataches y un sostenimiento del terreno mediante hormigón proyectado. El acceso se propone por la Avenida del Candalix y se da especial importancia la señalización horizontal y vertical ya la distribución de los estacionamientos y pasillos entre estos para evitar vehículos mal aparcados.

Alternativa 3

La Alternativa 3 es la ejecución de un aparcamiento subterráneo de 2 plantas de sótano más la de superficie. Al ampliar notablemente el número de plazas, se plantea la opción de alquilar un numero cerrado de plazas a residentes de la zona un precio reducido para cubrir los gastos de mantenimiento del aparcamiento.

Constructivamente se recomienda sostener el terreno con muros pantalla, de 60 cm de espesor y 12'60 de profundidad, excavando posteriormente con medios mecánicos. Durante la excavación deberá sostenerse la pantalla a la cota -1'00 metros mediante codales. Se sugiere para la cimentación ejecutar una losa de cimentación en toda la superficie de 1'00 metros de espesor. Durante la excavación y hasta la construcción de la losa de cimentación se deberá rebajar el Nivel Freático, para lo que se plantea el empleo de Well Points.

Para la construcción de los accesos deberán tenerse en cuenta las consideraciones indicadas, para evitar parar el tráfico a la entrada se recomienda que se disponga el acceso al aparcamiento por la Avenida del Candalix.

Una vez finalizada la obra, se colocarán las instalaciones y se realizan los trabajos de pintado y señalización. Como en el resto de alternativas, hay que prestar especial atención a la distribución de estas en la planta de superficie para evitar el aparcamiento en doble fila.

Destacar que, tanto en la Alternativa 2 como la 3 el aparcamiento sea público y gratuito durante un tiempo que será mayor o menor según la franja horaria, en la Alternativa, dado que aumentamos considerablemente el número de plazas de la zona, se ha planteado la posibilidad de alquilar plazas de a residentes del casco urbano a un precio reducido para cubrir únicamente los gastos de mantenimiento.

5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

Para el análisis de las alternativas se ha aplicado el Método Multicriterio AHP, intentando así que, dentro la parte subjetiva de la decisión, las ponderaciones de cada una sean los más objetivas posibles. El método y todo el detalle del análisis de las alternativas de explica en el Anejo de Análisis de las Alternativas.

Primero se han definido los criterios que se van a tener en cuenta, que son:

- Coste de la obra
- Grado de solución del problema
- Impacto ambiental
- Costes de mantenimiento durante la fase de servicio
- Afecciones al entorno durante la fase constructiva

Se han obtenido el vector unitario de pesos de cada criterio que se muestra en la Tabla 4, a partir de la matriz de comparación de criterios y tras los cálculos necesarios.

Tabla 4. *Peso de cada criterio. FUENTE: Propia*

	Ponderaciones Criterios
Solucion del problema	0,411595
Economía	0,329138
Mantenimiento	0,128878
Impacto ambiental	0,089490
Afección	0,040900

Posteriormente se han comparado las ventajas de cada alternativa frente a las restantes, efectuando una comparación para cada criterio. Descriptivamente, se citan a continuación las ventajas y desventajas de cada una de las Alternativas.

Las ventajas de la Alternativa 0 serían el coste nulo y la no afección debido a las obras. Pero seguiríamos mantenido el problema, especialmente cuando se utilice el espacio actual para otras actividades.

Entre los aspectos positivos de la Alternativa 1 destaca el bajo coste de la actuación y que no tendrá afección a edificaciones cercas debido a las cimentaciones o excavaciones ejecutadas.

Por otro lado, si se causarán molestias de circulación y de utilización debido a las obras. Además, el resultado no da una solución al problema, lo minimiza de forma casi insignificatiao y se obtiene espacio de maniobra y de circulación reducido.

La Alternativa 2 aportaría una mejora a la falta de disponibilidad de estacionamiento, que, en esos casos en los que se realicen actividades en la superficie, conservaríamos la planta subterránea.

Las desventajas de esta alternativa es principalmente el coste, que como se detalla en el Anejo de Estudio de Alternativas ronda los 1.495.000 € y las molestias causadas durante las obras. También habría que contralar la afección a las edificaciones cercanas como son el Colegio Público Candalix y la Fábrica de Harinas Serrano S.L.

Como ventaja principal de la Alternativa 3 es la gran solución al problema, no solo solucionaría el problema de aparcamiento de ocio y fin de semana incluso cuando se realicen eventos en la superficie, si no que ampliaría notablemente el aparcamiento en el centro que se estima necesario. Además, con el alquiler establecido, se podrían cubrir los costes de mantenimiento de éste.

Las desventajas de esta opción serían el mayor coste de ejecución, desarrollado en el Anejo de Estudio de alternativas se estima 2.915.000 €, este incremento se debe a que el Nivel Freático en Elche está muy cerca de la superficie y tendrían que realizarse importantes tareas de drenaje y rebaje de NF durante la construcción, además de las que ya hemos señalado para Alternativa 2 que son las molestias durante las obras y la afección a edificaciones cercanas

Una vez analizadas las alternativas se pueden introducir los valores de comparación de cada alternativa para los diferentes criterios. EL resultado obtenido se muestra en la Tabla 5, ponderación de cada criterio para cada una de las alternativas.



Tabla 5. Valoración de cada criterio para todas las alternativas. FUENTE: Propia

Vectores según Criterio	2 Sótanos	1 Sótano	Reordenación	Solución 0
Solucion del problema	0,633981	0,246546	0,073970	0,045503
Economía	0,056654	0,087074	0,337158	0,519115
Mantenimiento	0,210681	0,054287	0,367516	0,367516
Impacto ambiental	0,095435	0,160088	0,277181	0,467296
Afección	0,063111	0,093263	0,264305	0,579321

Multiplicando la traspuesta de la matriz dada por el vector unitario de pesos de criterios, obtenemos la solución del Análisis Multicriterio AHP, que se muestra en la Tabla 6

Tabla 6. Solución final de la Valoración Multicriterio AHP. FUENTE: Propia

	Vector Solución	Porcentaje
2 Sótanos	0,317864	32%
Solución 0	0,302466	30%
Reordenación	0,224397	22%
1 Sótano	0,155273	16%

Finalmente podemos concluir que la Alternativa 3, la construcción de un aparcamiento de dos sótanos más la planta de superficie con una valoración de 2.913.000 € es la más ventajosa en todos los sentidos.

VI. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN RECOMENDADA

6.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

6.1.1. PANTALLA PERIMETRALES

Debido al Nivel Freático se recomienda que el sostenimiento global de las excavaciones, provisional y definitivos, se ejecute mediante pantalla perimetrales.

El cálculo de las mismas viene reflejado en el apartado 6.3. Predimensionamiento de la Solución Recomendada y más detalladamente en el Anejo de Predimensionamiento de la Solución Recomendada. Estas pantallas, que en una primera aproximación estimada podrían tener un espesor de 60 cm.

A continuación, se describe el procedimiento constructivo de estas:

1. Ejecución de muretes quía: La separación entre muretes deberá ser unos 5 cm más que el espesor de la pantalla, a efectos de guiar la máquina de excavación y colaborar a la estabilidad del terreno más superficial. A título informativo se indica que el espesor del murete será de unos 25 cm y una profundidad no inferior a 1'20 m, debido a la existencia de rellenos antrópicos hasta una profundidad de 1 metros. Además, comentar que toda la zona estudiada presenta una capa asfáltica de 10-20 cm, que deberá ser picada con los medios apropiados.



Figura 23. Ejecución de los Muretes Guía. FUENTE: Javier Torrijo

2. Perforación de zanjas: Con empleo de lodos bentoníticos, para contención de las paredes de la zanja. La excavación debe alcanzar unos 20 cm más que la longitud prevista para la armadura, para evitar que esta se apoye en las esquinas de la zanja, donde la limpieza de sedimentos no puede ser perfecta.



Figura 24. Perforación de la zanja. FUENTE: Javier Torrijo

3. Colocación de encofrados de juntas entre paneles.



Figura 25. Colocación de los encofrados de las pantallas. FUENTE: Javier Torrijo

4. Colocación de armaduras: Las barras deberán ser corrugadas para no reducir la adherencia por efecto de los lodos. Deben garantizarse recubrimientos superiores a 7-8 cm, separaciones para barras verticales superiores a 15 cm y para barras horizontales superiores a 20 cm.



Figura 26. Colocación de las armaduras del panel. FUENTE: Javier Torrijo



6. Hormigonado de paneles: Se realiza mediante tubería, debiendo estar introducida en todo momento como mínimo entre 3 y 5 m (mejor 5 m). El hormigonado debe ser continuo para evitar que se produzcan juntas y que el lodo quede embebido dentro de la zanja. A medida que se va colocando el hormigón en el fondo, el lodo es desplazado y recogido para su recuperación. El hormigonado debe realizarse hasta unos 30 cm por encima de la cota superior de la pantalla. Ese hormigón superior que fue el que se vertió en primer lugar, se encontrará contaminado, eliminándose posteriormente.



Figura 27. Hormigonado de las pantallas. FUENTE: Javier Torrijo

7. Extracción de encofrado de juntas: Se realiza una vez que el hormigón ha adquirido la suficiente resistencia para no perder la forma.

8. Demolición de las cabezas de los paneles: Se elimina la parte superior excedente de hormigón contaminado.

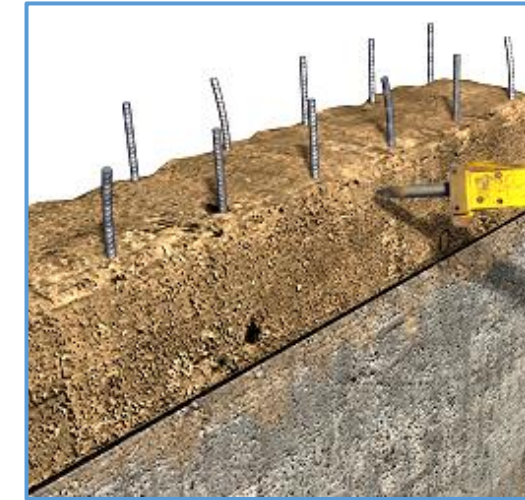


Figura 28. Demolición de la cabeza de la pantalla. FUENTE: Generador de precios Cype

10. Ejecución de la viga de atado de los paneles: Los paneles que se han ejecutado de modo alternado, y que presentan una discontinuidad de 2º orden entre ellos, se homogeneizan en su actuación frente a los distintos esfuerzos.



Figura 29. Ejecución de la viga de atado de los paneles FUENTE: Javier Torrijo

La pantalla deberá ir empotrada (dada la lejanía del sustrato rocoso terciario, por los datos previos de que se dispone) en el propio nivel granular, con una profundidad de empotramiento siempre superior a 2-3 metros o la resultante del cálculo.

El hormigón a utilizar en la construcción de las pantallas tendrá un asiento en el cono de Abrams entre 14 a 18 cm, con una dosificación de cemento no inferior a 350 kg/m³ y un tamaño máximo de árido de 30 mm si es rodado y de 20 mm si es de machaqueo. La relación A/C estará entre 0,60 y 0,65. El hormigón a utilizar en la fabricación de los muretes guía puede tener una dosificación más baja (250 kg/m³).

6.1.2. EXCAVACIÓN

Independientemente del tema de la pantalla perimetral (comentada en el punto anterior) hay que remarcar que todos los materiales existentes van a ser excavables con medios mecánicos convencionales, y cuya estabilidad vendrá impuesta por sus parámetros geotécnicos, que de manera general van a permitir excavaciones temporales, hasta 4-5 metros de altura, de las siguientes características para cada una de las litologías:

Rellenos antrópicos: taludes con geometría 1H:1V. en las zonas de relleno netamente granular, pudiendo establecerse taludes 1H:5V en rellenos netamente limosos y con profundidades de excavación inferior a 3.

Depósitos aluviales (arenas, limos y arcillas): taludes subverticales.

Destacar la existencia de una capa asfáltica, con 10-15 cm de espesor, que deberá ser picada con los medios apropiados.

Se ha calculado que el volumen total de excavación que resulta ser de 42.280m³, siendo 3.322 m³ de relleno antrópico, 75.198m³ de arenas y limos y 14.194 m³ de arcillas grises con algo de arena.

En la zona de actuación concreta, el proceso de excavación presentará dificultades por posibles pérdidas de lodos por efecto de la permeabilidad presentada por el terreno granular.

Durante la forma de funcionamiento de la pantalla quedará a criterio del proyectista especialista, exponiéndose a nivel de este informe una serie de apuntes a modo informativo.

Inicialmente se podría plantear la pantalla trabajando en voladizo, con un empotramiento en el nivel de arenas densas, cuyo espesor en esta zona podría oscilar entre 25 y 35 metros. Sin embargo, esta solución, admisible desde un punto de vista teórico, puede no ser adecuada debido a los movimientos que se originarían en cabeza de pantalla, quizás inadmisibles para los viales y servicios colindantes. Considerando este punto, se plantea la necesidad de arriostrar la pantalla mediante soportes laterales que contrarresten los empujes del trasdós, minoren luces libres y por tanto movimientos.

Este arriostamiento deberá realizarse durante la fase de ejecución de la excavación, exponiéndose a continuación los posibles métodos a utilizar, cuya elección vendrá básicamente impuesta por la continuidad, o no, del tráfico sobre las calles del perímetro.

Mediante los forjados de las distintas plantas de sótano, el método ascendente-descendente. De esta forma los esfuerzos sobre las pantallas se mantienen en valores relativamente reducidos. Se realizaría la excavación y construcción de las pilas, dejando como empuje pasivo banquetas de terreno a los lados de la excavación realizada. A medida que se van realizando los forjados de modo descendente se continua con el proceso de excavación.

Mediante una variante del método anterior, donde el arriostamiento se produce por medio de anclajes pretensados realizados a medida que se va ejecutando la excavación. La disposición de anclajes requiere el permiso de las propiedades colindantes y la no existencia de servicios y elementos con los que puedan existir interferencias. La perforación para la colocación de los anclajes arenas será dificultosa, con posibles pérdidas de lechada en el sellado, aunque suelen dar un buen funcionamiento resistente. Se deberá prestar atención al diseño de la ubicación de los bulbos de anclaje cumpliendo unas mínimas condiciones anteriores a su cálculo. Estas son:

Los bulbos de anclaje deben encontrarse exteriormente a la cuña activa que generan los empujes en el trasdós. Normalmente se considera una separación de esta cuña activa de 0,15 veces la profundidad de excavación.

La profundidad de ubicación del bulbo de un anclaje respecto a la superficie del terreno ha de ser superior a 5 metros.



La separación entre bulbos de anclaje deberá ser cuatro veces la anchura previsible de la zona inyectada.

Mediante banquetas diseñadas adecuadamente para absorber los empujes transmitidos por la pantalla y mantener su propia estabilidad. Deberán diseñarse banquetas con anchura y taludes generosos, suficientemente drenadas y protegidas de las lluvias.

Por último, se propone el arriostamiento mediante codales metálicos, con el que se ha predimensionado la pantalla y se han realizado las comprobaciones. Los codales se dispondrán durante la excavación, colocados a la cota -1'00 metros tras la primera fase de excavación (hasta la cota -3'00 metros). La separación con la que se ha comprobado la estabilidad del muro ha sido de una distancia entre ellos de 5 metros. La Figura 30 muestra un ejemplo de dicho método. Igualmente se podrían plantear otros métodos de sostenimiento siempre que se estudiara detenidamente la estabilidad del terreno y del muro pantalla.

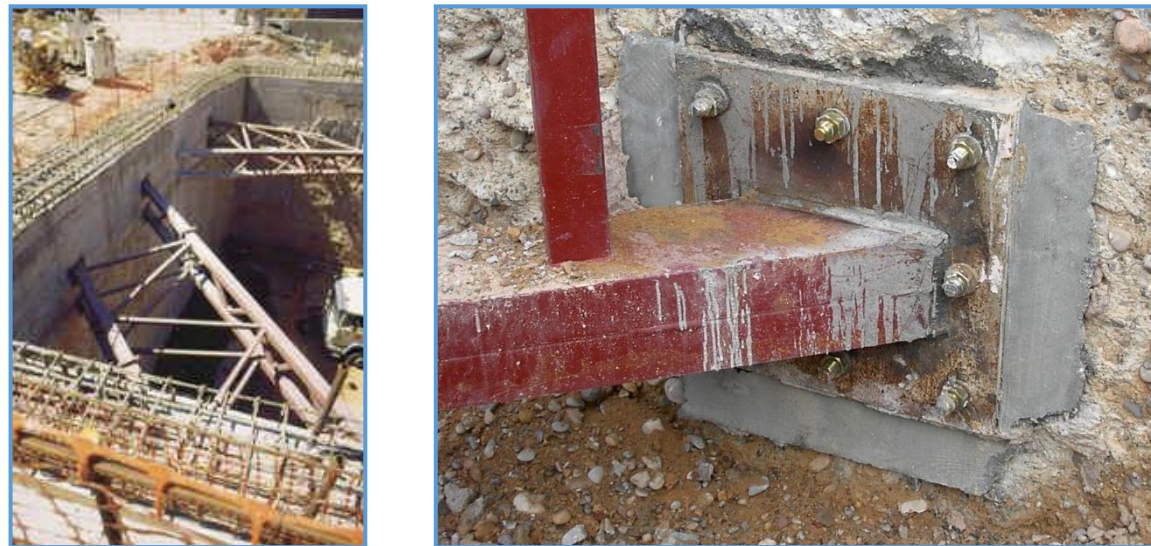


Figura 30. Ejemplo y detalle del uso de codales metálicos. FUENTE: Javier Torrijo

6.1.3. PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO

La existencia de agua en el terreno provoca mayores empujes en el terreno debido a que aumenta su densidad. Los flujos de agua, el levantamiento de fondos o la desestabilidad de taludes o muros pantalla son algunos de los problemas que esta suele causar.

El Nivel Freático se encuentra a la cota -1'50 metros en toda la zona de estudio, se puede decir que es una altura estable que puede presentar pequeñas variaciones según la época del año.

A la hora de comprobar la estabilidad de la pantalla en el programa CypeCAD, resultaba inestable la pantalla durante la ejecución de la losa y de los forjados, incluso si se sostenía con codales. Al rebajar el N.F. en el trasdós e intradós del muro se cumple con las Normas de Seguridad y Estabilidad.

Por tanto, será necesario emplear métodos que disminuyan la cota de agua. Se recomienda el uso de Well Points desde el final de la primera fase de excavación (Excavación hasta la cota -3'00) hasta la ejecución del último forjado.

6.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

En este Apartado se resume lo descrito en el Anejo de Predimensionamiento de la Solución Recomendada. En él se pretende, utilizando el programa Cype CAD, estimar las dimensiones del muro pantalla y la disposición del armado. Comprobando, durante las fases de ejecución planteadas, que es estructuralmente viable y posible de ejecutar cumpliendo la normativa española.

Las suposiciones iniciales de las que se parte son:

- El terreno es el Terreno Tipo propuesto para la obra, media de los resultados de la campaña geotécnica.
- En el trasdós de el muro se ejerce una sobrecarga debido a la circulación de vehículos tanto ligeros como pesados.
- Durante las fases de excavación si es necesario se rebajará el Nivel Freático.
- La separación entre pilares en el interior de aparcamiento es de 10 metros en ambas direcciones.
- La cimentación se realizará mediante una losa de cimentación continua de 100 cm de espesor

- La sobrecarga de uso será para ambos sótanos de aparcamiento de vehículos ligeros y la superficie se utilizará tanto para el estacionamiento como para efectuar eventos donde se produzcan aglomeraciones de personas, como conciertos, ferias...etc.

Durante las comprobaciones en Cype se han realizado numerosos cambios hasta dar con la solución que era estructural y geotécnicamente viable y que cumplía con la normativa española. Finalmente las fases de excavación han quedado en el siguiente orden:

- Fase 1: Excavación hasta la cota: -3.00 m
- Fase 2: Colocación de puntal en la cota -1.00 m
- Fase 3: Excavación hasta la cota: -7.00 m
- Fase 4: Construcción de forjado (cota: -6.00 m)
- Fase 5: Construcción de forjado (cota: -3.00 m)
- Fase 6: Construcción de forjado (cota: 0.00 m)

El rebaje del N.F. comenzará progresivamente con la Fase 1, teniendo que estar al final de la Fase 3 a una cota de -8'00 m en el intradós y en el trasdós a -5'50 m. Durante la fase de servicio no será necesario continuar rebajando el N.F.

Las dimensiones finales de la pantalla serán de 60 centímetros de espesor y una profundidad de 12'60 metros. El ancho de la pantalla corresponderá con tramos de 2'50 metros, conectadas entre si debido a los encofrados y la viga de atado en la cabeza.

También se ha comprobado que el armado de la pantalla cumpla la normativa, como se refleja en el Anejo de Predimensionamiento de la Solución Recomendada, además, se ve detallado en el Anejo de Planos.

Las comprobaciones de geometría, resistencia y estabilidad cumplen los parámetros dados y superan los coeficientes de seguridad establecidos en todas las fases de ejecución y durante la vida útil del proyecto.



VII. RESUMEN Y CONCLUSIÓN / ES

Todo el estudio se ha llevado a cabo de la forma más verídicamente posible analizando todos los datos disponibles, ajustándose a la norma vigente para cada una de las partes

Durante el estudio, se ha contado con el asesoramiento del Profesor Javier Torrijo Echarri, profesional en la materia altamente cualificado, para que la solución tuviese las mejores garantías.

Este trabajo da una solución eficaz al problema de aparcamiento en la ciudad ilicitana, que cubre más de la mitad de plazas necesarias en el estado actual de la ciudad.

La alternativa mejor valorada es un aparcamiento subterráneo de dos plantas de sótano más una planta en la superficie a la que se le dará utilidad tanto de zona de aparcamiento como de espacio de ocio. Se construirá con pantallas perimetrales para el sostenimiento del terreno, con forjados intermedios y columnas cada 10 metros aproximadamente.

El presupuesto con un total de 2.915.000, es razonable para una obra de este tamaño, ajustado a las necesidades reales para que sea viable y posible de ejecutar, pero sin perder los estándares de calidad.

Finalmente, señalar que no causa grandes molestias en construcción y, lo más importante, sin afecciones al medio ambiente ni impacto visual, lo cual es algo muy importante en la situación actual en la que está nuestro planeta, donde hay que proteger las especies y el medio ambiente.

Con esto se finaliza el Estudio de Soluciones para la Construcción de un Aparcamiento Subterráneo en la calle Nuestra Señora de la Cabeza, 9 Elche (Alicante). En los siguientes documentos se describen los anejos:

Anejo I: Estudio Geológico y Geotécnico.

Anejo II: Estudio de las Alternativas.

Anejo III: Predimensionamiento de la Solución Recomendada

Anejo IV: Planos

Firmado: Carla San Miguel Fernández

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¿Imposible aparcar hoy en el centro de Elche? - Informacion.es. 16 de octubre de;
Disponible en: <https://www.diarioinformacion.com/elche/2019/10/16/imposible-aparcar-hoy-centro-elche/2197060.html>

Adif - Infraestructuras y estaciones [Internet]. Disponible en:
http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/infraestructuras.shtml

El caos llega a Candalix en hora punta - Informacion.es. 30 de septiembre de 2016;
Disponible en: <https://www.diarioinformacion.com/elche/2016/09/30/caos-llega-candalix-hora-punta/1811373.html>

El túnel que cambió Elche - INFORMACIÓN.es. 13 de octubre de 2018; Disponible en:
<https://www.diarioinformacion.com/multimedia/fotos/elche/2018-10-13-139896-tunel-cambio-elche.html>

Elche Calles [Internet]. Mapas Murales España y el Mundo. 2016. Disponible en:
<https://www.mapasmurales.es/ciudades/elche-calles/>

Geoportal IDEE [Internet]. Disponible en: <https://www.ideo.es/centros-de-descarga>

Google Earth Pro. Keyhole Inc; 2018. (EarthViewer 3D).

Municipios Alicante [Internet]. Mapas Murales España y el Mundo. Disponible en:
<https://www.mapasmurales.es/municipios-alicante/>

Norma de Construcción Sismorresistente [Internet]. Disponible en:
https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf

Visor Cartogràfic de la Generalitat [Internet]. Disponible en:
<https://visor.gva.es/visor/?idioma=es>