

APÉNDICES

ANEJO 3

APÉNDICE 3.I:
DOCUMENTACIÓN INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

893
28-35

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



ESCALA 1:50.000



IGME

893

28-35

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

ELCHE

Segunda serie - Primera edición

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

ELCHE

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por ENADIMSA, con Normas, Dirección y Supervisión del IGME.

Memoria: D. Roberto Pignatelli.

Cartografía: D. Roberto Pignatelli, D. José Espejo y D. Antonio Crespo, Licenciados en Ciencias Geológicas.

Sedimentología y Micropaleontología: Departamento de Sedimentología y Micropaleontología de E.N.A.D.I.N.S.A.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- muestras y sus correspondientes preparaciones,
- informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras,
- columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos,
- fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Depósito Legal: M-20.093-1973

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Madrid-16

1 ESTRATIGRAFIA

1.1 PREAMBULO

Cuatro conjuntos, de características estructurales y estratigráficas diferentes, componen el mosaico geológico de la Hoja:

- Prebético de Alicante, que constituye el substrato sobre el que se asientan las demás formaciones.
- Subbético alóctono, correspondiente al extremo oriental de un gran manto de corrimiento, superpuesto al substrato prebético.
- Manto de Estación de Albaterra, cuya representación en la Hoja de Elche es minúscula (aproximadamente una hectárea).
- Sedimentos post-manto, depositados en ambiente predominantemente marino, salvo algún corto episodio continental en el Tortoniense Superior y gran parte del Cuaternario.

El Prebético, representado en la Hoja por Cretácico Medio-Superior y Eoceno, en facies predominantemente neríticas, y el Subbético, esencialmente pelágico, corresponden (AZEMA, 1966) a un vasto dominio paleogeográficamente continuo, separados por una zona particular, de facies intermedias. En la actualidad, el conjunto subbético se halla cabalgando sobre el Prebético en esta zona y aflorando en una faja de unos 15 a 20 km. de anchura.

1.2 PREBETICO DE ALICANTE

En la Hoja de Elche está representado por margas, calizas margosas y margas arenosas, en las que se han distinguido: Eoceno Inferior y Medio, Senoniense, Cretácico Superior (s.l.) y Albiense Superior.

Algo más al N., a unos 5 km. de la Hoja, en la Sierra de Fontcalent, en el seno de una potente serie margosa, pero rica en episodios detríticos, se han encontrado las diversas etapas del Neocomiense, Barremiense, Aptense y Albiense.

Esta formación margosa con intercalaciones de calizas y calizas arenosas es la que constituye la mayor parte del Prebético que aparece en la Hoja de Elche, y en la que únicamente hemos reconocido Albiense Superior, Cenomanense, e incluso Senoniense (s.l.) probablemente los términos más inferiores, ya que el Senoniense que distinguimos en la cartografía, de tipo pelágico, representado por calizas margosas y margas, de colores blanquecinos, corresponde en general al Campaniense-Maestrichtiense, si bien debe quedar incluida parte del Coniaciense, al menos su tramo superior.

1.2.1 ALBIENSE SUPERIOR (C₁)

Su presencia sólo ha podido señalarse con certeza al N. de la Sierra de Borbuñó, unos 4 km. al O. de Alicante, donde la microfauna estudiada y la posición estratigráfica del conjunto, margas gris verdosas, permiten asignarlas a este subpiso.

Hacia el S. y E. se halla recubierto en clara discordancia angular por los sedimentos areniscosos del Tortoniense Superior, y hacia el N. se halla tapado por formaciones cuaternarias, con lo que su afloramiento se reduce a una estrecha franja.

1.2.2 CRETACICO SUPERIOR (s.l.) (C₁₆₋₂₆)

Encima del tramo anterior, y limitando con él por el O., se distingue una potente formación de margas de color pardo claro, con algunas intercalaciones de calizas, donde se hacen visibles los repliegues y fracturas que afectan al conjunto Prebético en este sector. Sus límites cronológicos tienen cierta ambigüedad, y no están bien definidos, ya que parece comenzar todavía dentro del Albiense Superior e incluir parte del Senoniense, si bien su cartografía sobre el terreno no presenta dificultades mayores.

También hemos incluido en este tramo, tanto por su posición estratigráfica (debajo de formaciones senonienses bien definidas) como por su datación micropaleontológica, las margas cretácicas que aparecen en el

Valle del Vinalopó, las de La Borisa y las del valle situado al E. del Puntal de Matamoras, a pesar de que su litología no coincide totalmente: son margas, a veces algo arenosas, y en las que no apreciamos la existencia de niveles calcáreos.

Donde su afloramiento alcanza mayor extensión, y puede realizarse un estudio estratigráfico de más calidad es en el área descrita primeramente: al N. de Sierra Gorda. Por el N., ya fuera de la Hoja, limita con formaciones inferiores, hasta la citada Sierra de Fontcalent, donde los trabajos de R. NIKLES (1890), y R. BUSNARDO y M. DURAND DELGA (1960) han mostrado la existencia de los términos del Cretácico Inferior, así como los del Jurásico. Por el S. y el O. se halla cubierto por el Tortoniense Superior discordante; por el Senoniense margocalcáreo, en perfecta concordancia; por el Burdigaliense Superior arenoso y margoso, discordante, pero bu- zando unos 35 grados al S., y por un Tortoniense Superior arenoso, dis- cordante, horizontal, que se halla en las cumbres de unas pequeñas «me- sas» morfológicas, restos testigos de una fuerte erosión postmiocénica.

El afloramiento del Valle del Vinalopó, constituido esencialmente por margas grisáceas claras, ha sido incluido en este tramo, ya que el estudio micropaleontológico de las muestras recogidas dio como edad unas veces Albiense Superior y otras Senoniense, y no fue posible hacer una separación cartográfica de tramos diferentes, dada la aparente uniformidad del con- junto margoso. Limita por el N., en contacto mecánico, con una gran man- cha de Triás Subbético, y en el resto de su periferia se halla el Burdiga- liense Superior-Tortoniense Inferior discordante y plegado.

El Cretácico Superior (s.l.) de La Borisa está también constituido pre- dominantemente por margas y margas arenosas. Por el N. se halla infra- puesto en concordancia al Senoniense margocalizo; por el O. limita con una faja de Triás en contacto mecánico, del conjunto subbético, y por el S. está cubierto por el Tortoniense Superior arenoso discordante.

En el valle situado al E. del Puntal de Matamoras también aparecen mar- gas arenosas, de colores claros, casi blanquecinas, cuyo estudio microscó- pico ha permitido datarlas como Albiense Superior. Las hemos atribuido al tramo que describimos por hallarse en relación con Senoniense bien da- tado, a pesar de que la zona está muy trastornada tectónicamente. Salvo su contacto con el Senoniense, por su borde SE., en su periferia encon- tramos elementos del Subbético siempre en contacto mecánico con esta formación.

1.2.3 SENONIENSE (C₂₃₋₂₆)

Su facies es más profunda que la de los tramos anteriores. Según AZEMA (1966) es pelágica, lo cual hemos podido comprobar tras el estudio microscópico de las muestras.

Este piso comprensivo está representado en la Hoja por un conjunto margocalizo y margoso de color blanquecino, que destaca notablemente en el terreno. En el techo, especialmente en el contacto con el Terciario Inferior suprayacente, al O. de El Cantalar y La Cochera, aparecen unas calizas margosas de color blanco y rojo, bien estratificadas, de edad Cam- paniense-Maestrichtiense, que hacia el O. se reduce notablemente de po- tencia, hasta pasar casi desapercibida.

El Senoniense cartografiado incluye rocas datadas como Coniaciense, Campaniense y Maestrichtiense Inferior y Medio.

El afloramiento más occidental de Senoniense es una loma de orienta- ción NE-SE., situada al S. del Puntal de Matamoras, constituida por calizas micríticas blancas predominantemente, y calizas margosas y algo de marga, también blancas, donde se han determinado: Globotruncana lapparenti, Gl. aff. arca, Stomiosphaera sphaerica, Globotruncana aff. renzi, Gl. aff. an- gusticarinata, Praeglobotruncana sp., etc. Por su parte oriental limita con el Mioceno Superior organodetrítico, Tortoniense Inferior, si bien en parte este contacto es mecánico. Por el N. se halla en contacto con el Cretácico Superior-Prebético, y en el resto de su periferia se encuentran las forma- ciones subbéticas, en este caso representadas principalmente por el Triás de margas abigarradas yesíferas. En esta zona el Prebético aparece como un umbral en la superficie cabalgada por el manto Subbético.

Algo al NE., entre La Borisa y el meridiano de Aspe, aflora también el Senoniense, donde se observa una serie bastante completa. En los niveles inferiores abundan más las margas blanquecinas, con numerosas interca- laciones calcáreas, y en el techo se definen unos niveles rojizos, de cali- zas margosas, con Heterohelix globulosa, Globotruncana conica, Gl. lappa- renti, Gl. bulloides, etc., del Campaniense-Maestrichtiense. Limita por el N. con margas arenosas del Terciario Inferior, y por el S. con el Cretácico Su- perior y el Tortoniense Superior discordante.

Al N. de este afloramiento, próximo a la carretera de Aspe a Elche, e incluso atravesado por ésta, aparece también el Senoniense, representado principalmente por margas, con alguna caliza intercalada, limitado en gran parte por el Tortoniense Superior discordante, replegado, y afectado por removilización diapírica del Triás del Valle del Vinalopó.

También han sido datadas como Senoniense las margas y calizas situa- das al N. de Sierra Gorda, afectadas por repliegues, y por el corrimiento de Triás Subbético.

1.2.4 TERCIARIO INFERIOR (T₁₋₂^{A-Ab})

No parece existir discordancia entre el Maestrichtiense y el Terciario Inferior en su contacto, al O. de El Cantalar y La Cochera. Sin embargo, no hemos hallado pruebas de la existencia de Paleoceno, aunque no puede

descartarse. Unos 10 ó 12 km. más al N. en la Sierra de Monteagudo, AZEMA (1969) lo describe como margas varioladas, gris verdosas a rosa-rojizo, con una abundante fauna de Globorotalias y Globigerinas.

El Terciario Inferior está representado por margas predominantemente, con algunos niveles de areniscas calcáreas y calizas blanquecinas hacia el techo de la formación, donde las muestras recogidas han proporcionado faunas de edad Eoceno Inferior y Medio.

Faltan términos superiores, especialmente el Oligoceno, del que no tenemos ninguna prueba; sin embargo, por comparación con las series descritas por AZEMA de las Sierras de Horna, inmediatamente al N. de la Hoja y de Monteagudo, creemos que las calizas que coronan el cerrete de cota 349 m. situado al SE. de Uchell-Nia, así como otros pequeños bloques dispersos en los afloramientos trastornados tectónicamente del Eoceno, pudieran corresponder al Priaboniense basal.

El Eoceno Prebético aparece en la Hoja de Elche sólo entre las carreteras de Aspe a Crevillente y de Aspe a Elche, en la proximidad de Uchell-Nia, extendiéndose hasta el Tolomó por el O., donde está cabalgado por el Subbético. Por el S., E. y N. yace sobre el Senoniense, formando una amplia y suave estructura sinclinal, deformada y fracturada.

Por su extremo SE. se halla debajo del Mioceno discordante, y por el NO. lo recubre el Cuaternario de la cuenca de La Ofra-Aspe.

También aparece el Eoceno en diversos puntos, disperso, asociado a los contactos mecánicos del Keuper, distorsionados cerca, al E. y N. del afloramiento descrito, y algo al NO. de Sierra Gorda.

1.3 SUBBETICO ALOCTONO

Aparece en la Hoja solamente en la parte noroccidental, reposando sobre el substrato prebético, y recubierto por las formaciones miocenas cuya datación proporciona datos sobre la edad de emplazamiento de este conjunto alóctono en la zona.

En el extremo NO. está representado por margas triásicas, calizas y dolomías mesozoicas que constituyen los fuertes relieves de la Sierra de Crevillente. El Triás, que también aparece en otras manchas dispersas, más al E., como en el Valle del Vinalopó y al NO. de Sierra Gorda, y en el seno de esta misma, suele constituir la capa lubricante sobre la que resbala el gran conjunto de rocas carbonatadas de Jurásico y Cretácico, pero en muchos casos se halla laminado entre este conjunto competente y los relieves prebéticos, que actuaron como umbrales locales.

Corresponde a parte de un vasto conjunto que, al S. de una línea Cieza-Elda, constituye la casi totalidad de los relieves importantes de la región (AZEMA, 1969).

Los sedimentos del complejo subbético que encontramos pertenecen a una serie que va desde el Triásico, posiblemente Inferior, hasta el Neocomiense. Sin embargo, este conjunto se halla fracturado, replegado y distorsionado hasta el punto de que en ningún caso es posible estudiar una serie continua, por lo que ignoramos datos concretos sobre potencias y relaciones estratigráficas exactas en muchos casos.

1.3.1 TRIASICO

Aflora en bastantes sitios en la Hoja, como restos del gran corrimiento subbético. Al E. del meridiano de Aspe lo encontramos solo, aislado de otras formaciones subbéticas, reposando sobre el substrato prebético, yaciendo bajo las formaciones miocenas discordantes, o bien penetrando diapíricamente a estas últimas.

Al O. de dicho meridiano aparece asociado a las formaciones Jurásicas y Neocomienses del Subbético, a las que ayudó en su deslizamiento hacia el N., sirviendo de capa lubricante.

Sin embargo, su presencia no puede acreditarse siempre bajo las formaciones jurásicas, las cuales en muchos casos reposan directamente sobre el Prebético, por laminación del Triásico, generalmente a favor de umbrales del substrato; como se ha visto que ocurre, gracias a sondeos efectuados en la zona de La Ofra, unos 4 km. al NE. de Hondón de Las Nieves, donde bajo los derrubios cuaternarios y posiblemente de un Mioceno detrítico se encontró el Eoceno. También en los sondeos realizados en la vecina Hoja de Fortuna, situada al O., puede apreciarse la ausencia de Triás, ya que se tocó el Eoceno, inmediatamente debajo del Jurásico.

La facies del Triásico parece corresponder a grandes rasgos, por lo menos en sus tramos medio y superior, a la germánica. Su estratigrafía, sin embargo, no es fácil de determinar con detalle, ya que todos los términos se encuentran removidos y trastornados.

La mancha triásica que parece contener más elementos de la serie es la del Valle del Vinalopó, donde se ha visto una secuencia de areniscas con mica, de color gris y rojo, y margas abigarradas, con bancos y yeso. Este conjunto ha sido atribuido por MESEGUER PARDO (1953) en la Memoria de la Hoja de Elche, al horizonte más alto del Buntsandstein.

Encima se ve un potente paquete de calizas y dolomías muy oscuras, casi negras, cuyo estudio microscópico ha permitido observar Moluscos y Frondicularias primitivas, lo que, unido a su posición estratigráfica, permite asignarlas al Muschelkalk (TG₂).

Estas calizas tienen encima margas abigarradas con yeso, que sin duda corresponden al Keuper, en cuyo seno aparecen dispersas masas de dimensiones variables, y cuya relación con el Keuper no está clara, de dolomías grises, muy cuarteadas, que atribuimos al Retiense (TA₃₃). Estas dolo-

mías a veces están en perfecta concordancia con paquetes de yeso, lo que nos parece confirmar la datación.

Esto es visible sobre todo al S. de la Sierra de Crevillente.

El espesor de la serie, desde luego no ha podido determinarse, pero estimamos, siguiendo la opinión de MESEGUER PARDO, que debe ser bastante superior a los 300 m.

Dado que no podemos separar los sedimentos de edad posiblemente Buntsandstein de los que sin duda pertenecen al Keuper, por su semejanza litológica y carencia de criterio alguno para diferenciarlos, así como la dispersa aparición de los afloramientos de Muschelkalk, debido al extremo trastorno que presenta el conjunto triásico, hemos preferido simplemente cartografiar como Triásico (s.l.) (T_G) las formaciones de yesos, margas y areniscas, y sólo separar el Muschelkalk y las dolomías retienses, que están bien caracterizados.

1.3.2 JURASICO

Si bien no existe una serie continua que permita hacer mediciones de potencias, ni fijar límites cronológicos precisos entre los diversos paquetes de rocas carbonatadas que constituyen la Sierra de Crevillente y las de Ors y La Ofra, situadas al E. de Hondón de las Nieves, se han datado con gran detalle muchos pisos por los diversos autores que han visitado la zona.

FALLOT (1946), por ejemplo, distingue en la Sierra de Crevillente un tramo Retiense-Sinemuriense, de dolomía gris; un Lotharingiense-Pliensbachienne, de caliza compacta en gruesos bancos; un Domeriense, de caliza algo glauconítica con cefalópodos y braquiópodos; un Toarciense-Aalenienne, de margocalizas y calizas arcillosas en bancos regulares, pasando al Dogger; también señala la presencia de todos los pisos del Dogger y del Malm, señalando en muchos casos potencias parciales, y citando abundante fauna, principalmente de cefalópodos.

A grandes rasgos, desde luego, pueden separarse las tres series: Liásico, Dogger y Malm.

El Liásico viene representado por calizas en gruesos bancos, de aspecto masivo, de colores predominantemente claros: beige y blanquecinas, generalmente microcristalinas o micríticas. Su espesor puede calcularse del orden de 150 m. o superior (J₁₋₂).

El límite inferior del Dogger se define bastante bien en el flanco N. de la Sierra de Crevillente, y en las de la Ofra y Ors, por un nivel de margas amarillentas, de unos 2 a 3 m. de potencia, con Belemnites y Crinoides, de edad Aalenienne. Sigue una serie de calizas micríticas en estratos de 10 a 15 cm. de espesor, con juntas margosas (unos 30 m.). Encima aparecen unos 60 m. de micritas bien estratificadas, en bancos de 8 a 10 cm.,

con nódulos de sílex, muy abundantes y gruesos. A veces se definen paquetes calcáreos más gruesos, del orden de los 8 a 10 m., y detriticos, auténticas calcarenitas, que lateralmente desaparecen (J₂).

Esta serie Dogger puede alcanzar más potencia, pero no es posible determinarla con precisión, por no encontrarla nunca comprendida entre su techo y su muro.

En la vertiente S. de la Sierra de Crevillente no está bien definida, y encontramos tan sólo calizas de colores claros, compactas, confundibles con las liásicas, por lo que en la cartografía no hemos intentado siquiera separar las dos series.

El Malm se extiende sobre todo en el extremo NE. de la Sierra de Crevillente, y en su flanco meridional. Esta constituido por unos 90 m. de calizas margosas y margas, de colores amarillentos, grises y rojos, sobre todo hacia el techo, donde se define un Titónico, muy rico en Ammonites, de margas calcáreas rojizas, nodulosas (J₃).

1.3.3 CRETACICO

El Cretácico Subbético está representado por el Neocomiense (C₁₁₋₁₃), que aparece en pequeños retazos junto a contactos mecánicos; el Albienense (C₁₆), formado por calizas margosas, y el Senoniense (C₂₃₋₂₆), igualmente en contacto mecánico con el Triás y constituidos por calizas margosas.

El Neocomiense está formado por calizas margosas blanquecinas, con margas blancas intercaladas. Cerca de Hondón de las Nieves hemos encontrado: Pygope diphyoides, Duvalialata, Lytoceras juilleti, etc., del Neocomiense probablemente inferior.

1.3.4 Terciario

Está representado por un Aquitaniense-Burdigaliense (T₁₁₋₁₂^{Ba-Ba}), formado por calizas arenosas discordante sobre los Cretácicos y Jurásicos, al N. de la Sierra de Crevillente.

1.4 MANTO DE LA ESTACION DE ALBATERA

Las relaciones del Subbético con las zonas internas béticas que afloran en las Sierras de Callosa de Segura y Orihuela (AZEMA, 1969), situadas unos 10 km. al S. de Fortuna, de las que en parte integrante el llamado por MESEGUER PARDO Cabezo del Ojal de Albaterra, no son visibles, consecuencia de la presencia en la cuenca de Fortuna de depósitos miocenos post-manto y cuaternarios muy potentes.

La escasa representación en la Hoja de Elche de este manto (aproximadamente una hectárea) no permite sino identificar la litología del afloramiento y compararla con la de las serrezuelas citadas de Callosa de Segura.

Se trata de rocas carbonatadas, de bajo metamorfismo: calizas masivas, blancas, rojizas y rosadas, muy brechificadas, que atribuimos al Trías Superior y quizá al Jurásico Inferior, por comparación con las de Callosa de Segura, que SIMON (1967) asigna al conjunto de Ballabona-Cucharón.

1.5 SEDIMENTOS POST-MANTO

Del Neógeno a la actualidad se ha producido una sedimentación casi continua, con pequeñas interrupciones, depositándose rocas de origen predominantemente marino, cuya estructura y constitución registran los efectos de la historia geológica de la zona.

Estos sedimentos se han formado principalmente a partir de la destrucción de los materiales del substrato y del manto subbético, a los que en la actualidad recubren en gran parte.

1.5.1 MIOCENO

Hemos distinguido dos series bien individualizadas, a las que separa una importante discordancia, y entre las que se reconocen los efectos de importantes movimientos intratortonienses. El límite entre ambas está, precisamente, entre el Tortoniense Inferior y el Superior.

1.5.1.1 Serie inferior

El tramo más antiguo que encontramos corresponde al Burdigaliense Superior (T_{12}^{Ba3}), discordante sobre el Triásico y el Cretácico Superior del Valle del Vinalopó, registrando en algunos lugares los efectos de una removilización posterior del Trías, bien por esfuerzos orogénicos, bien por diapirismo. Este subpiso está representado por marga arenosa, que aflora en Vallongas, y se extiende hacia el O., hasta el contacto con el Trías y el Cretácico Superior del Vinalopó. Al N. del Cerro Tabayal vuelve a aparecer, reposando discordante sobre el Cretácico Superior y en contacto mecánico con otras formaciones.

Desde Vallongas al cerro Tabayal encontramos una serie aparentemente continua de margas arenosas, areniscas masivas, calizas detríticas zoógenas y conglomerados. De este conjunto han sido datados, tanto el tramo inferior, ya descrito como Burdigaliense Superior, como el de calizas detríti-

cas (Tortoniense Inferior) (T_{11}^{Bc1}). El tramo de conglomerados que aparece en la cumbre de Tabayal lo atribuimos al final del Tortoniense Inferior (T_{11}^{Bc1}).

No hay constancia expresa de la existencia de Helveciense, pero es indudable que se halla comprendido entre los tramos Burdigaliense y Tortoniense citados, y que se halla representado por el potente paquete de

areniscas masivas ($T_{12-11}^{Ba3-Bc1}$), que se extienden ampliamente en derredor de la hondonada de Vallongas, areniscas que se han explotado en numerosas canteras como piedra de construcción.

El tramo que alcanza mayor distribución geográfica, al menos en la actualidad, es el de caliza detrítica. Es un paquete de composición muy heterogénea, con niveles areniscosos, conglomeráticos, y otras veces más o menos margosos; en ocasiones contienen cuarzo bipiramidado, indudablemente procedente del Trías; pero la característica más sobresaliente es la abundancia en restos de conchas, y numerosas especies fósiles muy destruidas, formando frecuentemente una auténtica coquina.

También es muy frecuente encontrar en la base de estos niveles fragmentos de dolomías retienses y de marga triásica, que denuncian la formación, al menos parcialmente, de estas rocas a partir de elementos subbéticos.

1.5.1.2 Serie superior

Discordante sobre la anterior, así como sobre los afloramientos prebéticos y subbéticos, aparece una serie continua, que comienza en el Tortoniense Superior y acaba en el Cuaternario, si bien se registran en su seno numerosas discordancias, de distinto significado.

También el Tortoniense Superior está intensamente afectado, aunque localmente, por la tectónica diapírica del Trías y por movimientos póstumos de carácter más regional.

1.5.1.2.1 Tortoniense Superior

Aflora, como una larga faja, en el tercio septentrional de la Hoja, bordeando las formaciones antiguas, y en el límite N. de la misma.

En general presenta buzamientos del orden de los 30 grados, hacia el S. y SE., debido sin duda a la subsidencia de la gran cuenta pliocuaternaria de Elche, pero importantes y numerosas excepciones a esta tónica informan sobre la evolución de los acontecimientos tectónicos desde esta edad hasta la actualidad.

En numerosos puntos, donde se halla discordante sobre las formaciones más antiguas, principalmente sobre el Prebético, se halla horizontal o sub-

horizontal. En otros lugares se encuentra con orientaciones anómalas, como en las proximidades de la carretera de Elche a Aspe. Al NO. de Crevillente se encuentra muy vertical, buzando unos 80 grados hacia el S., e incluso invertido, buzando hacia el N.

También la constitución litológica presenta notables variaciones laterales, relacionadas no sólo con las diferentes profundidades de sedimentación, sino sobre todo con los distintos aportes locales. Así, en la base del

tramo, encontramos un potente paquete de margas (Tm_{11}^{Bc3}), en las proximidades de la Sierra de Crevillente, que más hacia el E. no aparece. Intercalado en este paquete existe un grueso lentejón, de dimensiones cartogra-

fiables, más detrítico, que rápidamente se acuña hacia el NE. y SO. (Tg_{11}^{Bc3}).

La litofacies de más amplia distribución corresponde a areniscas calcáreas (T_{11}^{Bc3}), en estratos de potencia variable, que suelen estar asociadas a niveles de marga. También suele observarse la presencia de niveles de calizas detríticas.

Esta formación contiene, a partir del meridiano de Elche, hacia el O., frecuentes intercalaciones de conglomerado, que hacia Occidente se van haciendo cada vez más importantes, sobre todo en el techo, hasta desarrollarse, al N. de Crevillente, un potente paquete de conglomerados con intercalaciones de areniscas, calizas y margas que contienen episodios continentales (Tcg_{12}^{Bc}).

Se trata de conglomerados mal clasificados; cantos que pueden sobrepasar los 30 cm., sobre todo de caliza mesozoica, proveniente, sin duda, de los macizos subbéticos; cemento arenoso. En el techo se localiza un nivel de caliza bioclástica arenosa. Hay frecuentes niveles con fauna marina (ostras, pistas de gusanos y Lamelibranquios). Comprende frecuentes variaciones laterales, de forma irregular en el conjunto. El espesor máximo es del orden de 200 m. Podría asociarse a la base del Mioceno terminal, pero creemos más correcto atribuirlo al Tortoniense Superior, ya que encima aparecen las formaciones Andalucenses claramente discordantes, como puede verse en el Barranco de La Rambla, y en El Forat, al NO. de Crevillente.

En el Valle del Vinalopó, en la base del Tortoniense Superior, se diferencia un paquete predominantemente margoarenoso, que contiene numerosos Escafópodos visibles, y es fácilmente cartografiable, porque se define en la topografía por ser más blando que las formaciones colindantes, con cuyo

relieve contrasta (Ts_{11}^{Bc3}).

1.5.1.2.2 Andaluciense

En falsa concordancia sobre el Tortoniense Superior, en muchos puntos, y claramente discordante en otros, encontramos una serie de características litológicas muy semejantes: margas, areniscas calcáreas y algún nivel de conglomerado. Nunca se halla en contacto con formaciones inferiores al Tortoniense Superior, por lo que es lógico pensar que los límites de la cuenca Andaluciense eran más reducidos que los del tramo anterior.

En la base hemos distinguido un nivel de margas gris-verdosas (Tm_{12}^{Bc}). En la carretera de Aspe a Crevillente alcanza unos 30 m. de espesor. Hacia el O. van quedando ocultas bajo una formación detrítica del techo del Andaluciense, que ya citaremos más adelante, hasta desaparecer totalmente en El Forat. Más al O. vuelven a aparecer. Hacia el E. también se va reduciendo su afloramiento bajo las areniscas calcáreas inmediatamente superiores del Andaluciense, llegando incluso a desaparecer, hasta la carretera de Aspe a Elche, en que afloran de nuevo, y ya se extienden sin interrupción hasta el límite oriental de la Hoja.

Sigue un paquete de areniscas calcáreas, con numerosos bancos intercalados de marga (T_{12}^{Bc}), cuya potencia máxima se puede observar entre las carreteras de Aspe a Elche y de Aspe a Crevillente. En el resto de su afloramiento es de espesor muy variable, por hallarse encima el tramo discordante ya citado anteriormente.

Este último paquete, discordante sobre los demás, en la carretera de Aspe a Crevillente se presenta como marga algo arenosa de color gris claro, con pátina blanquecina; hacia el O. se van intercalando areniscas, y luego pasa

a conglomerado de matriz rojiza (Tcg_{12}^{Bc}). También en algún otro punto, como al N. de Elche, aparece algún nivel rojizo y algún conglomerado, en el seno de dichas manchas, en general de color gris y arenosas.

Aisladas de estas formaciones, en el macizo de Santa Pola, también aparece el Andaluciense (Tca_{12}^{Bc}), aquí representado por calizas blandas, porosas, de color blanco, livianas, de textura pseudoolítica, deleznable, por lo que se ha conseguido levigados, en los que se determinaron Globigerinoides trilobus, Gl. cf. sacculifer, Gl. aff. bisphaericus, etc. Por su color blanco y aspecto general, las hemos denominado Albarizas, separándolas en la cartografía, de un nivel superior de caliza más compacta, zoógena

(Tc_{12}^{Bc}), cuya máxima potencia visible la alcanza en el acantilado del Faro de Santa Pola, que calculamos es del orden de los 150 m.

1.5.2 PLIOCENO

Se han reconocido como Plioceno unas margas y areniscas que coronan la serie del Andaluciense, sobre el que generalmente guarda una falsa concordancia, pero que en determinados puntos se ve claramente discordante.

Las margas han sido atribuidas, siguiendo a MONTENAT (1971), como pertenecientes al Plioceno Inferior y Medio (T_{2-2}^{B1-B2}), y las areniscas al Plioceno Superior (T_2^{B3}).

Las margas aparecen en pocos sitios, mientras que el nivel superior de areniscas se extiende de modo continuo de E. a O. de la Hoja, y aparece representado ampliamente en el macizo de Santa Pola, invadiendo con frecuencia los dominios de formaciones inferiores.

En la proximidad de los dominios emergidos, el Plioceno Inferior y Medio (MONTENAT, 1971), como en la periferia de la Sierra de Santa Pola, se reducen notablemente y tienen una facies nerítica, reposando en discordancia angular sobre el Mioceno terminal. El Plioceno Superior es transgresivo, desbordando al tramo anterior.

1.5.3 CUATERNARIO

Hemos distinguido una formación detrítica de conglomerados y arcillas rojizas (Q_{cg}), en concordancia aparente con el Plioceno Superior, pero de carácter continental, que sin duda pertenece al tramo más bajo del Cuaternario.

Esta formación se extiende, buzando suavemente hacia el S. y SE., a lo largo de la franja miocena, desde el extremo occidental de la Hoja hasta unos 6 km. al E. de Elche. En el resto de la Hoja aparece endurecido por una costra calcárea (Q_c), de origen secundario, que lo encubre y sustituye en muchos casos, superponiéndose a las rocas pliocenas, e incluso a las calizas andalucenses del macizo de Santa Pola.

De edad más reciente son las calizas oolíticas (Q_o), de origen marino, que aparecen cerca de la playa, a la altura de El Altet, y en diversos puntos, algo al S. de este afloramiento. Según MONTENAT, son de edad Tirreniense.

También hemos distinguido las formaciones eólicas: dunas (Q_b) junto a la faja costera, que aparecen en la latitud de El Altet y se extienden hacia el S., hasta el macizo de Santa Pola.

Como Cuaternario indiferenciado (Q) hemos separado la serie de formaciones más recientes: coluviones, aluviones, depósitos salobres y detritos en general.

2 TECTONICA

Las cuatro unidades estructurales que componen la Hoja responden a una tectónica compleja de la orogenia alpina, cuyos efectos se dejan sentir en esta zona desde el Oligoceno, por lo menos.

La orografía presenta unas alineaciones, en general, coincidentes con los ejes de plegamiento, de directrices béticas.

Si bien son evidentes las relaciones estructurales entre las diferentes unidades, es preciso estudiarlas separadamente para comprender la tectónica de esta región.

Aunque los sedimentos más antiguos que aparecen en la Hoja corresponden al manto Subbético, describiremos en primer lugar la estructura de las formaciones prebéticas, pues desde el punto de vista tectónico corresponden a la unidad más antigua de la zona.

2.1 SUBSTRATO PREBETICO

Todas las estructuras que aparecen están incompletas, bien por hallarse parcialmente cubiertas por el Mioceno discordante, bien por haber sido cabalgadas por el manto de corrimiento Subbético, pero puede apreciarse que las directrices generales son de orientación ENE.-OSO.

2.1.1 SINCLINAL DE TOLOMO

En el NO. de la Hoja, atravesado por la carretera de Aspe a Crevillente, encontramos esta estructura, en cuyo núcleo aparece el Eoceno (calizas en el techo, margas en la base) y en los flancos el Senoniense. Es una estructura suave, muy abierta, pero deformada en su mitad oriental, hasta adquirir la dirección E.-O.

Al N. apreciamos la existencia de un anticlinal, de núcleo senoniense, recubierto casi totalmente por formaciones cuaternarias. Las suaves inclinaciones de las capas, así como la naturaleza margosa predominante del conjunto impiden ver claramente la estructura.

2.1.2 ANTICLINAL DE LA BORISA

Situado algo al SO. del anterior, se halla encubierto por el flanco S. por el Tortoniense Superior discordante; por el O. queda tapado por elementos subbéticos cabalgantes.

Tampoco esta estructura se ve claramente, pero los buzamientos que pueden medirse en ambos flancos denuncian su existencia. También es una estructura suave, y en la zona axial encontramos las calizas y margas senonienses prácticamente horizontales.

2.1.3 REPLIEGUES AL N. DE SIERRA GORDA

Apreciamos en estas estructuras una tendencia a la inmersión hacia el SO. La serie de pliegues de esta zona se observan bien gracias a la existencia de bancos duros, de naturaleza calcárea, intercalados en la serie margo-arenosa del Cretácico Superior.

En líneas generales, los tramos más antiguos se encuentran hacia el N. y E. y los más modernos hacia el S. y O. Es decir, como si todo este gran afloramiento fuera parte de una estructura mayor, un sinclinatorio, del que sólo afloran parte del flanco N. y cierre oriental.

2.2 SUBBÉTICO ALOCTONO

El emplazamiento de esta unidad debió realizarse después del Oligoceno, que aunque no está representado en la Hoja, aparece a poca distancia al N., en la Sierra de Horna (AZEMA, 1969) en la serie prebética, y antes del Burdigaliense Superior, que encontramos reposando sobre el Triásico en la zona de Vallongas.

Dentro de la unidad subbética no merece destacarse ninguna estructura en particular, sino simplemente indicar que se trata de un conjunto muy fracturado, atravesado por numerosas fallas, cuyas direcciones predominantes son: ENE-OSO., y la perpendicular.

Realmente interesante sería fijar la profundidad y topografía del substrato prebético. Su paleorrelieve ha determinado en gran parte la presencia o ausencia de Subbético, y su actual relieve.

Ejemplo de esto puede verse en la Sierra de Crevillente, donde suponemos que existe un umbral prebético, que localmente impide el paso del plástico Triásico, provocando su acumulación, dejando, en cambio, pasar a los niveles superiores más rígidos.

Estas acumulaciones locales de Trías, unidas a la compresión creciente de los sedimentos posteriores, ha provocado una serie de fenómenos diapíricos locales, reflejados tanto en las discordancias intramiocénicas como en los bruscos cambios en el valor del buzamiento, de las formaciones del Terciario Superior, e incluso que llegue a encontrarse invertido el Tortoniense Superior.

Otro ejemplo de esta tectónica diapírica de manifestaciones locales lo encontramos en Sierra Gorda, donde el Trías ha penetrado en edad bastante reciente al Tortoniense Superior.

También ha jugado diapíricamente el Trías del Valle del Vinalopó, como puede apreciarse especialmente en el borde occidental, donde el Tortoniense Superior en contacto con él no se halla reposando discordantemente, sino buzando hacia el Trías, por el que parece cortado.

El Triásico margoso, en sus afloramientos más importantes: Valle del Vinalopó y al S. de la Sierra de Crevillente, engloba una serie de bloques de caliza y dolomía, desconectados entre sí, que corresponden tanto al Muschelkalk como al Infralías.

A grandes rasgos, la Sierra de Crevillente es una estructura anticlinal, apareciendo en su flanco S., aunque fallado y en contacto mecánico con Triásico y Prebético, las calizas margosas del Malm; en la zona axial aparece Liásico, y en el flanco N. se ha podido separar el Dogger.

Hacia el N., en el área de Hondón de Las Nieves, y a través de las sierras de Ors y La Ofra, reconocemos, también a grandes rasgos, suaves ondulaciones en la estructura general de las formaciones calcáreas, si bien se aprecia superpuesta la enérgica tectónica de fallas, que imponen el estilo.

El substrato prebético se ha encontrado en sondeos efectuados en La Ofra (caserío), a unos 100 m. de profundidad, es decir, alrededor de la cota 200.

2.3 MANTO DE LA ESTACION DE ALBATERA

El pequeño asomo de rocas carbonatadas (calizas y dolomías) de edad Triásico Superior-Liásico Inferior que aparece en el borde SO. de la Hoja, corresponde a parte de un manto perteneciente al complejo de Ballabona-Cucharón.

Sus relaciones con el resto de las formaciones están ocultas por los sedimentos cuaternarios, por lo que nada podemos decir al respecto.

Desde el punto de vista tectónico (SIMON, 1969) sabemos que su situación se halla entre los elementos nevado-filábrides y los alpujárrides. Se trata de conjunto alpujárride, pero su desarrollo litoestratigráfico presenta afinidad con las unidades nevado-filábrides.

2.4 SEDIMENTOS POST-MANTO

En ellos quedan reflejados los movimientos de origen tectónico, así como las locales removilizaciones del Trías, a partir del Burdigaliense Superior.

Aparte del anticlinal de Sierra Gorda, ya citado antes, cuyo núcleo está perforado por el Trías, de los fuertes buzamientos, e incluso inversión que se aprecia al N. de Crevillente, y de los efectos producidos por el Trías en los términos inferiores de la serie, donde se experimenta el diapirismo, y posiblemente empujes tangenciales póstumos, desde fechas muy tempranas.

nas, estructuralmente sólo merece reseñar la continua o casi continua subsidencia que tiene lugar en la cuenca de Elche desde el Burdigaliense Superior hasta el fin del Plioceno, y posiblemente hasta la actualidad, con frecuentes oscilaciones del nivel del mar.

En líneas generales, los sedimentos miocenos, salvo en el macizo de Santa Pola, están alineados con dirección E.-O., y buzando entre 5 y 30 grados hacia el Sur.

2.4.1 ESTRUCTURAS DEL TRAMO INFERIOR DEL MIOCENO

Sólo al N. de Elche, en la zona entre el cerro Tabayal y el río Vinalopó, se definen, aunque imperfectamente, algunas estructuras. En primer lugar, destaca el suave sinclinal, en cuyo núcleo se halla el vértice Tabayal. Por su flanco N. está cortado por una serie de fallas, que ponen en contacto estas formaciones con retazos de Triás.

Hacia el S. debe de existir una estructura anticlinal, desdibujada o mal definida, porque en la parte axial aparecen las areniscas masivas del Helveciense. Pero ya en contacto con el Tortonense Superior presenta un buzamiento claramente hacia el S. También al S. de la Sierra de Crevillente aparece inclinado, esta vez hacia el SE., representado por el Tortonense Inferior, de calizas detríticas, con buzamientos relativamente suaves, pero claramente afectado por removilización del Triás.

2.4.2 ESTRUCTURAS DE LAS FORMACIONES SUPERIORES

La nota más destacable es la clara discordancia que forma el Tortonense Superior con todos los tramos inferiores, especialmente sobre el Tortonense Inferior, la cual marca un período de movimientos tangenciales póstumos de la orogenia alpina y/o actividad diapírica del Triás.

En la parte más occidental encontramos el Tortonense Superior vertical, e incluso invertido, buzando unos 80 grados al N., por efecto de dichos esfuerzos.

En amplias zonas, como al NE. de Crevillente, aparece suavemente inclinado, unos 10 a 20 grados hacia el SE.

Al NO. de Elche se aprecia una estructura sinclinal, transversal a las directrices generales, con orientación NO.-SE., y clara inmersión hacia el SE., que puede ser reflejo de empuje tangencial.

El Triásico del Valle del Vinalopó ocupa el núcleo de una gran bóveda, y en sus flancos N. y S. encontramos el Tortonense Superior inclinado, como en una gran estructura anticlinal, producida indudablemente por diapirismo.

También de origen diapírico debe ser el anticlinal de Sierra Gorda, cuyo núcleo está perforado.

En la gran cuenca de Elche, todas las formaciones terciarias se sumergen bajo los sedimentos cuaternarios, salvo el macizo de Santa Pola, que aparece como una cúpula. Según MESEGUER (1953), el accidente más notable del territorio es la profunda arista de hundimiento Crevillente-Cabo de la Nao, de orientación longitudinal con respecto al eje penibético, que discurre paralelamente al contacto entre el Mesozoico y los terrenos más modernos, y que posiblemente se amolde al trazado de un accidente único en los macizos antiguos subyacentes.

3 HISTORIA GEOLOGICA

Nada sabemos acerca de la historia antigua de esta región, ya que no afloran formaciones anteriores al Mesozoico.

Se supone que sobre un substrato paleozoico se depositó tranquilamente la secuencia mesozoica, constituyendo una cobertera, que ha sufrido los empujes de las unidades béticas más avanzadas.

Los sedimentos autóctonos más antiguos que aparecen en la Hoja corresponden al Albiense Superior. Más al N. están representados todos los pisos del Cretácico Inferior, e incluso los del Jurásico. Por tanto, desde el Jurásico reinó un ambiente marino, depositándose los sedimentos de forma prácticamente continua.

Las facies de los depósitos son predominantemente neríticas, salvo en algunas etapas, como en el Senoniense, que es de tipo pelágico. En el Terciario Inferior vuelve a reinar un mar somero, produciéndose sedimentos arcilloso-arenosos, aunque hacia el techo del Eoceno se encuentran calizas algo más profundas.

Es lógico suponer que la sedimentación continuó tranquilamente hasta bien entrado el Aquitaniense, como se deduce del estudio de las formaciones oligocenas de las Sierras de Horna y Monteagudo (AZEMA y otros, 1969), situada la primera de ellas inmediatamente al N. de la Hoja, donde aparece un Oligoceno terminal-Aquitaniense Inferior, bien caracterizado, y un banco calcoarenoso que corona la serie, con algas y Amphisteginas, atribuible al Mioceno Inferior, aunque no demostrado.

Posteriormente al Aquitaniense y antes del Burdigaliense Superior pudo haber una regresión y comenzar una etapa de intensa denudación. De esto no tenemos constancia, y los indicios que poseemos para suponerlo podrían interpretarse de otra manera; sin embargo, la total ausencia en nuestra Hoja de tramos prebéticos superiores al Priaboniense y el hecho de que las unidades subbéticas superpuestas a este substrato nunca se hallen sobre formaciones del Mioceno, ni en los sondeos efectuados en La Ofra, ni a la vista, nos dan pie para creerlo.

Bien avanzado el Mioceno Inferior, y posiblemente en ambiente marino, tiene lugar el emplazamiento del manto subbético, que aparece representado en la zona noroccidental de la Hoja. No podemos precisar más sobre la fecha de emplazamiento; fue entre el Aquitaniense y el Burdigaliense Superior, pero nos inclinamos a creer que la ubicación del manto tuvo lugar hacia comienzos del Burdigaliense Superior, ya que este subpiso presenta unas facies correspondientes a un mar somero pero ya instalado. De haber tenido lugar el emplazamiento del manto con anterioridad a esa fecha, hubiéramos encontrado sedimentos más antiguos que el Burdigaliense Superior, o bien se registraría una etapa erosiva, de la que no encontramos indicios.

3.1 EMPLAZAMIENTO DE LOS MANTOS BÉTICOS

Como ya dijimos anteriormente, las unidades alóctonas que aparecen en la Hoja pertenecen al conjunto subbético, la más septentrional, y al de Ballabona-Cucharón, la meridional.

Referente a la segunda nada podemos decir, respecto a la datación de su emplazamiento, puesto que no es visible relación alguna con otras formaciones; el pequeño afloramiento se halla rodeado de sedimentos cuaternarios potentes, y las demás unidades béticas se hallan a gran distancia.

Un breve resumen de las ideas expuestas por FALLOT en su obra «Las Cordilleras Béticas» (1948) ayudará a una mejor comprensión de la tectónica sufrida por los sedimentos de esta zona.

Estima que el resbalamiento del Subbético sobre el Prebético es del orden de 25 a 30 km. por lo menos, poniendo en contacto las formaciones batiales y pelágicas alóctonas, con las neríticas autóctonas o paraautóctonas, que pertenecían a un mismo dominio paleogeográfico.

Este resbalamiento forma parte de la serie de corrimientos de las Cadenas Béticas que, procedentes del Sur, invaden estas latitudes.

Los corrimientos se vienen produciendo desde tiempos muy antiguos. FALLOT distingue una serie de fases que reseña en su citado trabajo, y son:

- Fases mesozoicas: Los primeros movimientos son los localizados en el frente del manto de Málaga, que registran la discordancia del Aptiense-Albense o la del Neocomiense sobre el Titónico o el Lías (Sierra Espuña). En el Cretácico Superior puede haber emersiones locales en la parte meridional del Subbético. Estas serían responsables de la transgresividad ocasional de las capas rojas, pero aún no se ha podido observar discordancia sensible en la base del Cretácico Superior pelágico.

- Fases terciarias: Son registradas con bastante precisión en lo concerniente al Neógeno, pero se poseen pocos datos en cuanto a las fases nummulíticas. En las Alpujarras los movimientos se han producido entre el Maestrichtiense y el Luteciense, sin duda ligados a las deformaciones del Bético de Málaga.

El Luteciense marino es transgresivo sobre este Bético, y ha invadido largamente al mismo tiempo la zona subbética. El movimiento de las capas alpujárrides no estuvo completamente terminado en este momento, ya que al fin de su desplazamiento, al frente desplazado del manto de Gador, ha cabalgado el Luteciense del borde radical del Subbético. El Luteciense, transgresivo, está ampliamente extendido tanto en las partes internas de la zona subbética como en el Prebético. El Eoceno Superior no se ha reconocido más que localmente. En cuanto al Oligoceno marino, su repartición es menos vasta que la del Eoceno Medio. Su extensión deja prever una fase orogénica post-eocena.

En la Sierra de Pedro Ponce se conoce el Aquitaniense con *Lepidocyclinas*, pinzado en los pliegues agudos regidos por un empuje antibético. Por otra parte, el Burdigaliense del cerro El Castellar, pocos kilómetros más al N., es transgresivo sobre la prolongación de estos pliegues. Esta fase importante, relativamente antigua de la orogenia subbética, está entre el fin del Oligoceno y anterior al Burdigaliense.

FALLOT denuncia la existencia, tras la fase terminal del Bético, responsable de plegamientos acusados del Subbético interno, de dos etapas muy netas de movimientos subbéticos: una post-burdigaliense, muy enérgica, y otra posthelveciense, más atenuada; una última fase tras el Pontiense o en el Plioceno.

Estos empujes que halla en la traza de avance del frente Bético, son propagados hacia el exterior con notable retardo. Todo movimiento bastante importante estaría terminado en el Subbético interno en el Burdigaliense. Por el contrario, en las partes frontales, es tras el Burdigaliense y antes del Vindoboniense cuando tiene lugar el paroxismo mayor.

Estas ideas concuerdan casi totalmente con las conclusiones que se obtienen tras el examen de las observaciones realizadas en la Hoja de Elche.

En efecto, el frente Subbético no alcanzó esta zona hasta después del Aquitaniense, como ya dijimos anteriormente. Pero en cuanto a los empujes tangenciales tardíos, posteriores al Burdigaliense, sólo podrían detectarse, aunque muy aminorados, en la intensa fisuración subhorizontal que se aprecia en las areniscas helvecienses, situadas al S. del cerro Tabayal, pero no creemos que sea ésta la fase del paroxismo mayor.

3.2 EVOLUCION A PARTIR DEL BURDIGALIENSE

En el Burdigaliense Superior el mar cubría parcialmente el ámbito de la Hoja. Sólo hallamos sedimentos de esta edad en el centro de la parte septentrional. Hacia el Sur podría extenderse, bajo los sedimentos del Mioceno Superior de la cuenca de Elche, pero no hay constancia alguna. Lo mismo puede decirse sobre el Helveciense.

Hasta bien entrado el Tortoniense, y aparte de ciertas oscilaciones de la línea de costa, no se retira el mar. Sólo al final del Tortoniense Inferior aparece un nivel regresivo (gruesos conglomerados del cerro Tabayal).

Al N. de Crevillente, poco antes de este retroceso, se produjo un importante fenómeno diapírico: el Triás extruye, levantando y dislocando los sedimentos del Tortoniense Inferior. Este fenómeno puede estar en relación, tanto con la acumulación de sedimentos más al S., que provocan el desplazamiento de la masa plástica hacia la zona de menor resistencia, como con empujes tangenciales de origen bético (como los atenuados y retardados, descritos por FALLOT), o bien combinación de ambos fenómenos.

Tras una pequeña inmersión, vuelve el mar a invadir, en el Tortoniense Superior, con locales oscilaciones de nivel, debidas, principalmente, a la tectónica de reajustes diapíricos de las margas triásicas.

En el área de Crevillente, el Tortoniense Superior es netamente detrítico, especialmente sus términos finales, debido, principalmente, a un rejuvenecimiento del relieve próximo de las sierras subbéticas.

Efectivamente, ya entrado el Tortoniense Superior tiene lugar un nuevo e importante empuje diapírico del Triás, denunciado actualmente por la fuerte inclinación que se aprecia en los términos inferiores del Tortoniense Superior, que incluso llegan a invertirse, buzando hacia el N. Avanzando hacia el techo de la formación, se observa que las capas van perdiendo buzamiento, porque el fenómeno diapírico era simultáneo de la sedimentación. Por otra parte, en el Tortoniense Superior tienen lugar emersiones locales, apreciándose intercalación de sedimentos continentales entre la masa de conglomerados y otros depósitos claramente marinos situada al N. de Crevillente (MONTENAT, 1970).

Tras el Tortoniense Superior se observa diapirismo en la zona situada al S. de Aspe (Triás del Valle del Vinalopó), donde encontramos en contacto mecánico las areniscas calcáreas del Tortoniense Superior con las margas triásicas.

El Andaluciense reposa transgresivo y ligeramente discordante sobre el Tortoniense Superior, pero no hay motivo para pensar en regresión previa. Esta discordancia (marcada sobre todo en el área NO. de Crevillente), puede ser debida al cese de los empujes diapíricos.

En el área de Santa Pola, en el Andaluciense reina un mar algo más profundo (pero de ambiente nerítico, desde luego) que en el resto de las zonas donde aflora.

Al final del Andaluciense se registra una etapa claramente regresiva, con conglomerados rojizos y margas.

En el Plioceno hay una nueva transgresión, y se depositan sedimentos marinos: primero margas (del Plioceno Inferior y Medio) y luego areniscas de cemento calcáreo, de más extensa distribución.

Al final del Andaluciense tiene lugar la emersión de la parte central de la Sierra de Santa Pola (MONTENAT, 1971), y permaneció emergida durante el Plioceno, por lo que en su periferia aparece esta última serie construida a expensas de los materiales andalucenses, con facies costeras y de playa.

Sobre el Plioceno se ha depositado un Cuaternario antiguo de carácter continental (Villafranquiense, según MONTENAT, 1970), cuyos buzamientos coinciden en muchos puntos.

3.3 MOVIMIENTOS RECIENTES

Según MONTENAT, los movimientos que acompañan el paso Mioceno-Plioceno son siempre débiles y no han dado origen a accidentes notables. Efectivamente, en pocos lugares se aprecia discordancia angular entre Andaluciense y Plioceno. También son de poca intensidad los movimientos intra-pliocenos.

Por el contrario, parecen tener más importancia movimientos post-pliocenos y post-villafranquienses.

De hecho, podría hablarse de una subsidencia general de la zona meridional de la Hoja (con la salvedad de la Sierra de Santa Pola) a partir del Villafranquiense. Probablemente continúe actualmente en ciertos sectores (MONTENAT, 1970), como puede deducirse del hecho de que el río Segura no posea terrazas aluviales en su curso inferior, pues el hundimiento continuo de la cuenca ha sido más rápido que la excavación.

Puede lógicamente pensarse que la subsidencia de la cuenca ha sido compensada con los aportes continentales. Posiblemente en su parte central existen depósitos cuaternarios marinos, comparables a los que aparecen en el extremo oriental de la Hoja (calizas oolíticas), pero no tenemos constancia de ello.

Actualmente permanecen varias áreas deprimidas, ocupadas por salinas, y zonas de inundación periódica, restos endorreicos de antiguas lagunas salobres.

Hasta fecha relativamente reciente, hace cincuenta años, han tenido bastante importancia los desplazamientos de dunas. En Guardamar de Segura, algo al S., tuvieron que ser fijadas porque invadían los campos de labor.

4 GEOLOGIA ECONOMICA

4.1 HIDROGEOLOGIA

Las formaciones que constituyen la geología de esta Hoja tienen muy diferente importancia desde el punto de vista hidrogeológico.

El conjunto de los diversos tramos estratigráficos pueden agruparse, del mismo modo que hicimos en los capítulos de Estratigrafía y Tectónica: Substrato Prebético, Subbético alóctono, Manto de Albaterra y Sedimentos Post-manto. Pero de este último subconjunto debe segregarse el relleno cuaternario de la gran cuenca de Elche.

Desestimaremos el papel del Bético del extremo SO. por su pequeño afloramiento.

4.1.1 SUBSTRATO PREBETICO

Está constituido predominantemente por margas, por lo que se comporta como formación impermeable.

4.1.2 SUBBETICO ALOCTONO

Los niveles calcáreos del Liásico, e incluso del Dogger, muy figurados, son buenos acuíferos. En superficie, especialmente en la Sierra de Crevillente, aparecen abundantes señales de disolución (lápiz, cavernas, simas...).

Sin embargo, a causa de la estructura, parece que las aguas subterráneas tienden a circular hacia el N.-NE., hacia la cuenca de Aspe.

4.1.3 SEDIMENTOS POST-MANTO

Este conjunto es poco permeable a causa de la gran cantidad de paquetes margosos que aparecen en la serie y de la composición misma de los paquetes detríticos, cuyo cemento es parcialmente margoso, por lo que los caudales que proporcionan son de muy poca importancia.

4.1.4 CUATERNARIO

A poca profundidad se halla el nivel freático. El acuífero está constituido por detritos que absorben el agua de lluvia y el de las ramblas.

4.2 CANTERAS

Como piedra de construcción se emplean el mármol negruzco triásico, situado al O. del pantano del Vinalopó, y las calizas jurásicas del Subbético. También se han explotado con este fin las areniscas calcáreas del Mioceno, principalmente al N. del pueblo de Elche.

Para cerámica se emplean arcillas miocenas y eocenas.

También se explota el yeso triásico, que a veces aparece en masas importantes.

Finalmente, hay que citar las salinas de Santa Pola y las de El Salador.

5 BIBLIOGRAFIA

- ALASTRUE, E. (1956).—«Las Cordilleras Béticas.» *Mem. del I. G. M. E.*, t. 57, pp. 303-322.
- AZEMA, J. (1966).—«Géologie des confins des provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne).» *Bull. Soc. Géol. de France* (7), VIII, pp. 80-86.
- AZEMA, J.; DEVRIES, A., y MAGNE, J. (1969).—«Observations sur les formations Oligocenes superieures a Echinodermes des sierras du Horna et du Monteagudo.» *Ext. Bull. Soc. Géol. France*, 7.^a serie, t. II, pp. 45 a 48.
- BIZON, G. y J. J., y MONTENAT, Ch.—«Le Miocene Terminal dans le Levant Espagnol.» Nota en el 5.^o Congreso del Neógeno del Mediterráneo, de Lyon.
- BREBION, P.; DEMARCO, G.; LAURIAT, A. y MONTENAT, Ch. (1971).—«Le Pliocene de la région d'Elche (Province d'Alicante, Espagne) et sa faune de Mollusques.» *Est. Geol., Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C.*, vol. 27, páginas 197-211.
- COLOM, G. (1954).—«Las Biozonas con Foraminíferos del Terciario de Alicante.» *Bol. del I. G. M. E.*, t. 66, pp. 101-151.
- EGELER, C. G., y BODENHAUSEN, J. W. A. (1964).—«Distinct phases of Alpine overthrusting and subsequent thrusting in the eastern part of the Betic Zone of Spain.» *Geologie en Mijnbouw*, 43, pp. 316-320.
- EGELER, C. G. y SIMON, O. J. (1969).—«Orogenic evolution of the Betic Zone (Betic Cordilleras, Spain), with emphasis on the nappe structures.» *Geologie en Mijnbouw*, 48, pp. 296-305.
- FALLOT, P. (1945).—«Estudios geológicos en la zona Subbética entre Alicante y el río Guadiana Menor.» *Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C.*
- (1948).—«Les Cordillères Bétiques.» *Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C.*, Barcelona, n.º 8, pp. 83-172.
- HOJA GEOLOGICA DE ELCHE (1953).—*I. G. M. E.*

- MONTENAT, Ch. y MARTINEZ, C. (1970).—«Stratigraphie et micropaleontologie du neogene au Sud de Murcia (Chaines Betiques, Espagne).» *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 270, pp. 592-595.
- MONTENAT, Ch. y CRUSAFONT, M. (1970).—«Decouverte de Mammiferes dans le Neogene et le Pleistocene du Levant Espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia).» *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 270, pp. 2.434-2.437.
- MONTENAT, Ch. (1970).—«Sur l'importance des mouvements orogeniques recents dans le Sud-Est de l'Espagne (Provinces d'Alicante et de Murcia).» *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 270, pp. 3.194-3.197.
- SIMON, O. J. (1967).—«Note preliminaire sur la geologie des Sierras de Carrascos, de Orihuela et de Callosa de Segura (Provinces de Murcie et d'Alicante, Espagne).» *C. R. Somm. S. G. F.*, p. 42.
- VÖLK, H. R. (1967).—Relation between sedimentation and late orogenic movements in the eastern Betic Cordilleras (SE. Spain).» *Geologie en Mijnbouw*, 46, pp. 471-474.

APÉNDICE 3.II: RESULTADOS DE LOS SONDEOS REALIZADOS

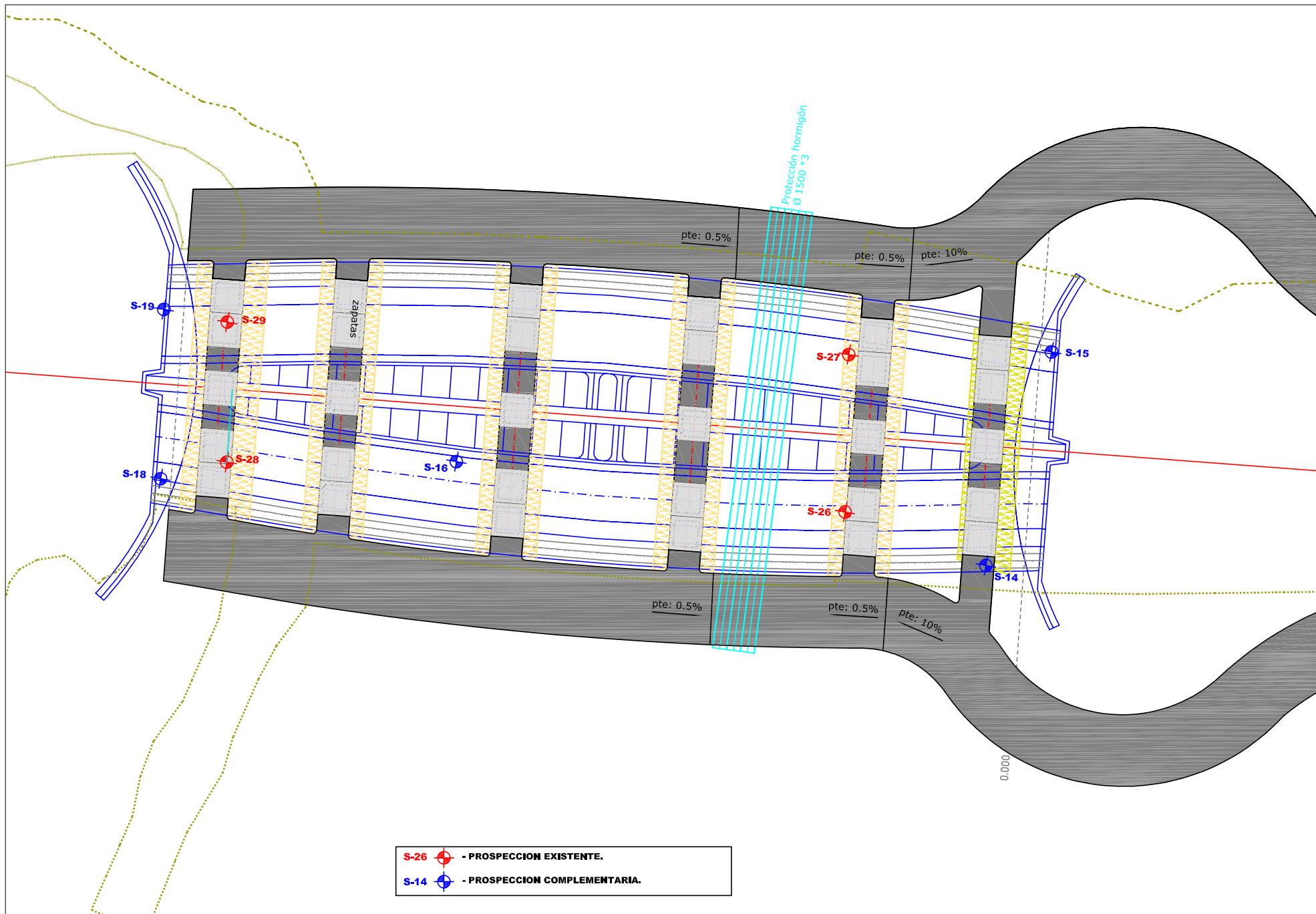


FIGURA 9.1
PLANTA DE SITUACION VIADUCTO RIO VINALOPO
ESCALA= 1/500

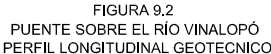


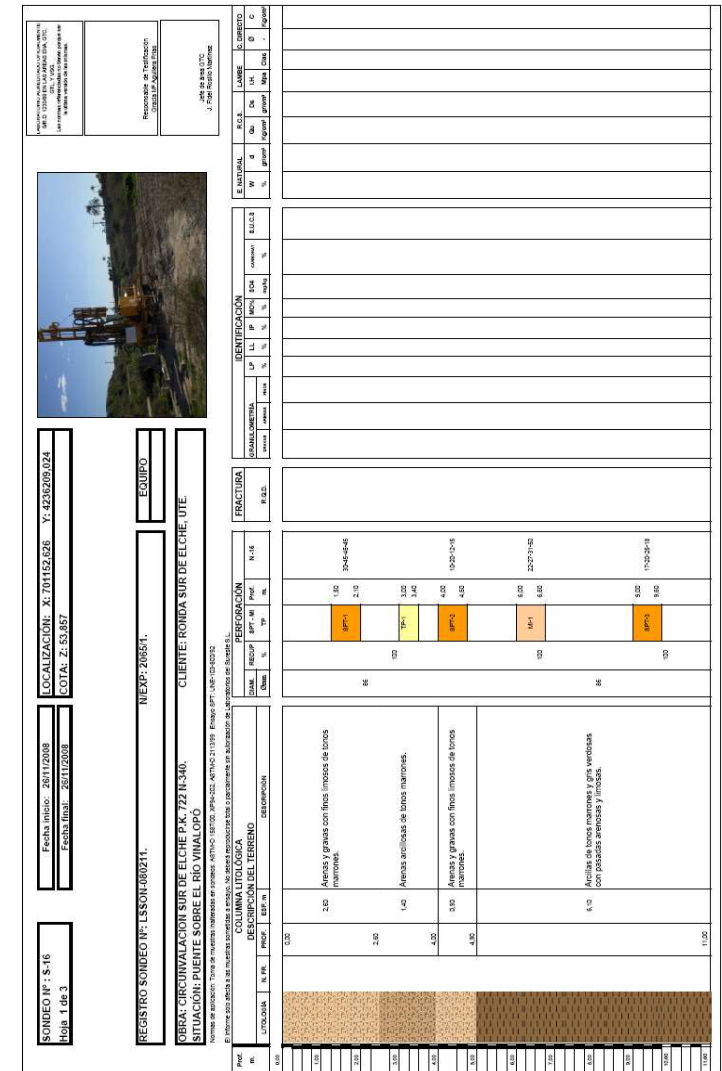
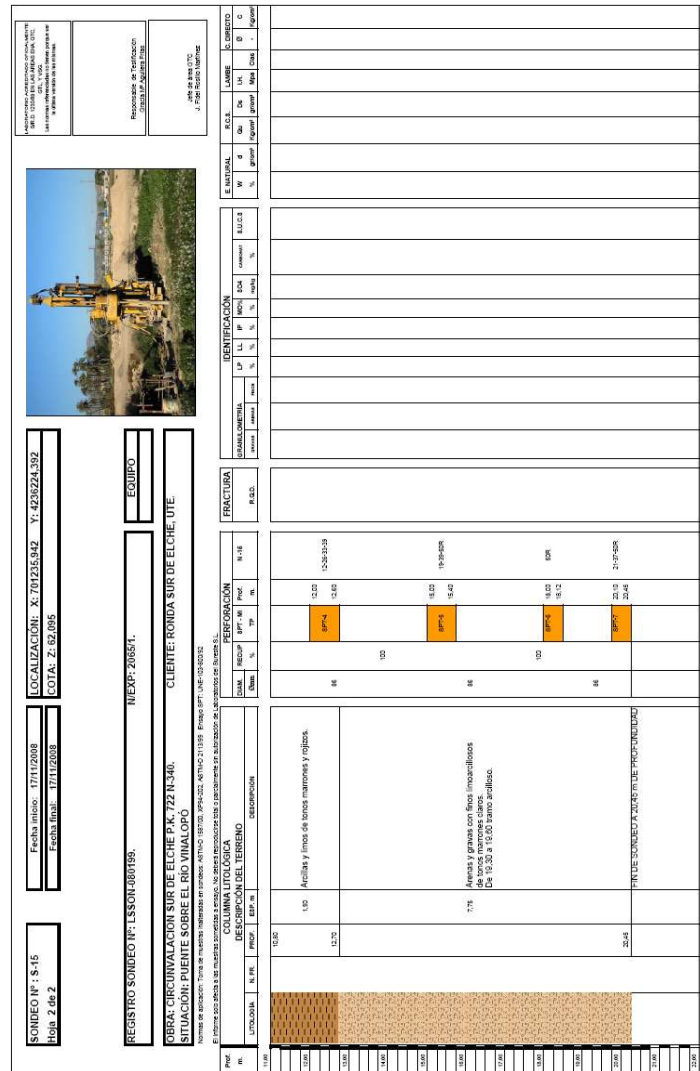
FIGURA 9.2
PUENTE SOBRE EL RÍO VINALOPÓ
PERFIL LONGITUDINAL GEOTECNICO

SONDEO S-14: Puente sobre el Río Vinalopó

[illegible][illegible]

[illegible]

SONDEO S-16: Puente sobre el Río Vinalopó

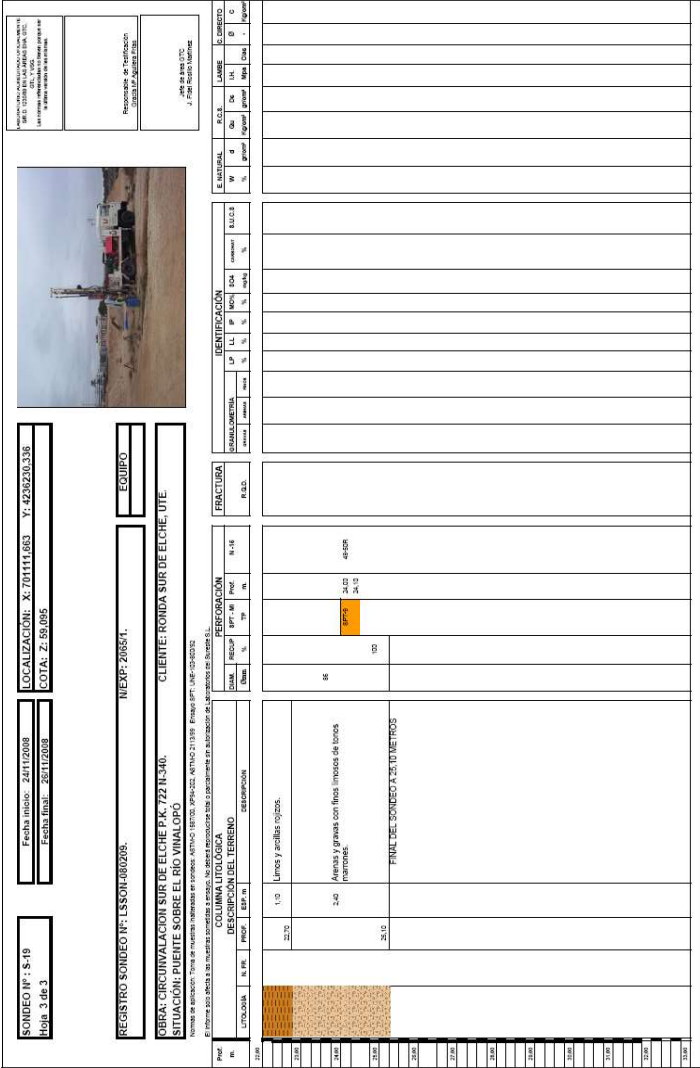
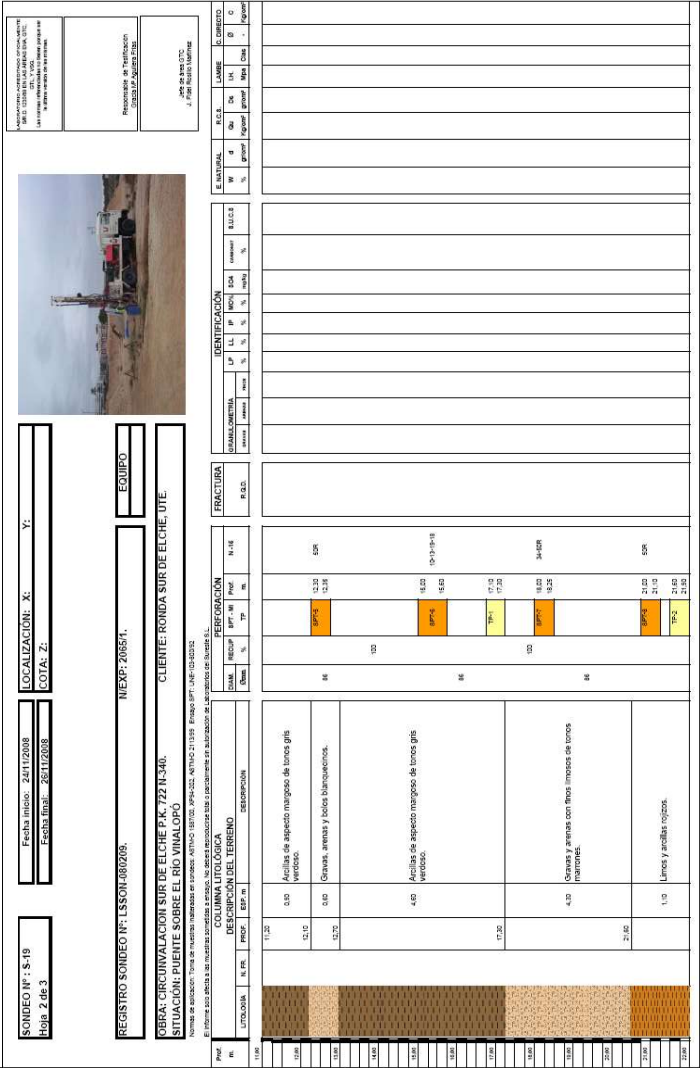


[illegible]

SONDEO S-18: Puente sobre el Río Vinalopó

[illegible][illegible]

[illegible]



APÉNDICE 3.III:
INFORME RELATIVO A LOS ENSAYOS
PRESIOMÉTRICOS REALIZADOS

4.3 ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS

**ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS PARA LA
CIRCUNVALACIÓN SUR DE ELCHE, p.k. 722 DE LA N-340,
TRAMO: INTERNACIONAL 342-INTERNACIONAL CV-851,
ALICANTE**

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETIVO	2
3.- FUNDAMENTOS DEL ENSAYO	2
4.- EQUIPO UTILIZADO	4
5.- INTERPRETACIÓN DEL ENSAYO.....	6
6.- TRABAJOS REALIZADOS	8
7.- RESULTADOS OBTENIDOS	17
8.- CONCLUSIONES.....	21

ANEJOS

ANEJO I: PROTOCOLOS DE LOS ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS

ANEJO II: CALIBRACIONES

1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la empresa LABORATORIOS DEL SURESTE, lleva a cabo el reconocimiento geotécnico de la Circunvalación Sur de Elche, p.k. 722 de la N-340, tramo: 342-CV 851, en la provincia de Alicante y con el fin de definir la calidad geotécnica del terreno, ha encargado a la empresa IN SITU TESTING, S.L. la ejecución de diversos ensayos presiométricos entre varios sondeos mecánicos perforados con este fin.

Mediante este documento, IN SITU TESTING, S.L. presenta a LABORATORIOS DEL SURESTE, la metodología seguida, los trabajos realizados y los resultados obtenidos a partir de los ensayos presiométricos realizados.

2.- OBJETIVO

El objetivo básico del ensayo presiométrico es obtener una respuesta esfuerzo-deformación del terreno "in situ", de manera que se pueda calcular el módulo de deformación presiométrico del terreno.

El ensayo presiométrico permite disminuir notablemente el efecto escala que se produce, respecto a los ensayos de laboratorio convencionales, en función principalmente, del grado de fracturación del terreno, inhomogeneidades, etc.

En determinadas condiciones, en las que no se requiera sobrepasar una determinada presión, ni una deformación límite para la camisa elástica del presiómetro, se puede alcanzar la presión de fluencia y un tramo de la curva carga-deformación, correspondiente al comportamiento plástico del terreno.

Si es posible alcanzar durante el ensayo estos valores, se pueden estimar las siguientes características geotécnicas del terreno: cohesión, ángulo de rozamiento interno, y ángulo de dilatación; en función de los datos disponibles.

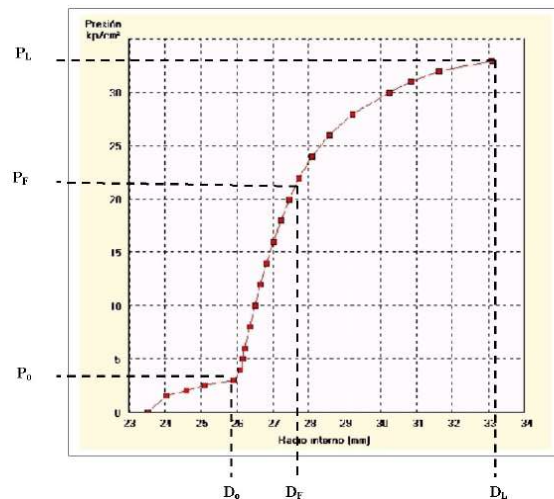
3.- FUNDAMENTOS DEL ENSAYO

El ensayo presiométrico es un ensayo de carga estática del terreno que se realiza "in situ". Básicamente, consiste en la expansión radial de una camisa cilíndrica de caucho que se encuentra dentro de un sondeo.

Se realiza aplicando presiones crecientes, con una velocidad de carga acorde al tipo de terreno a ensayar.

Como resultado de un ensayo presiométrico, se puede obtener, en el caso más favorable, una gráfica como la que se muestra en la **Figura N° 3.a**. En ella se pueden distinguir las etapas siguientes de deformación:

- Adaptación de la camisa al sondeo.
- Deformación elástica.
- Deformación plástica.
- Rotura del terreno.



En términos de presiones se distingue:

- P_0 : Presión a la que la camisa se adapta totalmente a la pared del sondeo.
- P_F : Presión a la que el terreno deja de comportarse elásticamente. Se llama **presión de fluencia**.
- P_L : Presión a la que el terreno se cizalla y no admite ningún incremento de presión. Se llama **presión límite**.

En términos de desplazamientos se tienen los siguientes parámetros homólogos:

- D_0 : Incremento de diámetro para el cual la camisa de caucho está totalmente en contacto con el terreno.
- D_F : Incremento de diámetro correspondiente al inicio de la plastificación del terreno.
- D_L : Incremento de diámetro correspondiente al cizallamiento del terreno.

Para que se pueda obtener una curva presiométrica completa es preciso que se cumplan dos condiciones:

- Que el sistema de presión sea capaz de cizallar el terreno.
- Que la camisa de caucho soporte el incremento de diámetro sin llegar a romperse.

La mayor parte de los equipos comerciales trabajan con presiones de hasta 20 MPa lo cual limita notablemente la posibilidad de llegar a la presión límite que, normalmente, debe ser extrapolada después del ensayo.

En la práctica, **resulta mucho más restrictiva** que la limitación por presión, **la capacidad de la camisa de caucho para admitir incrementos de su diámetro**. Para minimizar esta restricción es muy importante que D_0 sea lo menor posible, lo cual exige que el sondeo se realice con gran cuidado y precisión.

4.- EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado por IN SITU TESTING, S.L. para hacer ensayos presiométricos es el ELASTMETER-2, modelo 4181, fabricado por OYO CORPORATION, Japón.

El equipo consta de los siguientes componentes:

- Sonda elastométrica. (Figura N° 4.a.)
- Sistema de lectura.
- Sistema de presión.
- Conductos de presión y señal de medida.

El cuerpo del presiómetro está constituido por un eje de acero en el que se rosca una camisa de caucho de 70 mm de diámetro o de 94 mm de diámetro.

El eje de acero lleva incorporado un sensor para medir el diámetro interno de la camisa elástica y otro para medir la presión comunicada al interior de la camisa.

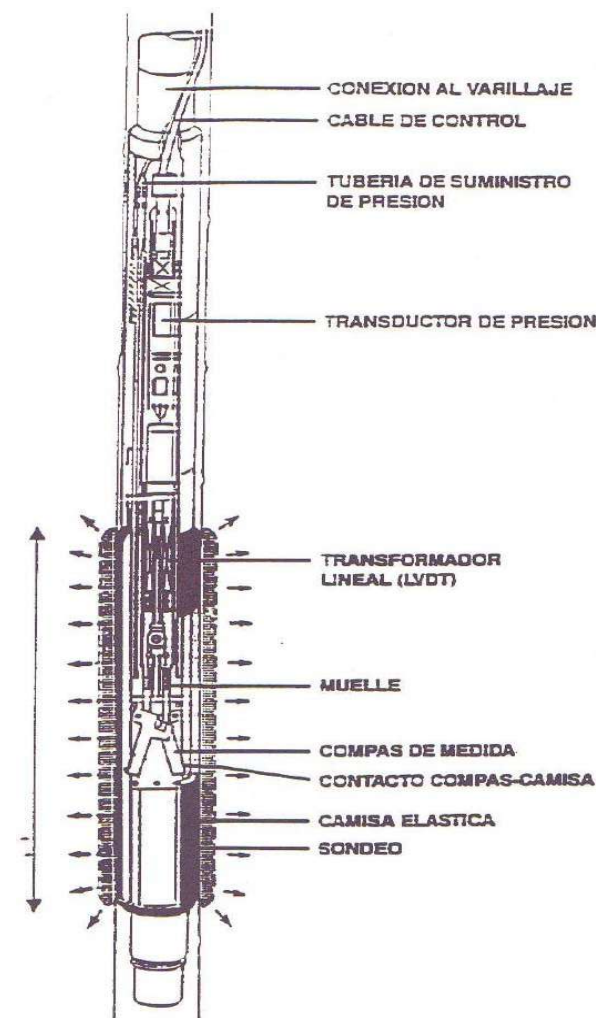


Figura N° 4.a.- Componentes de la sonda presiométrica

Su conexión al exterior se realiza mediante un tubo de neopreno y nylon, de 8 mm de diámetro, que conduce el fluido, a una presión máxima de 18 MPa; y por un cable armado, de transmisión de señales eléctricas, que puede soportar una fuerza axial máxima de 150 kp.

IN SITU TESTING, S.L. dispone de camisas utilizadas en los ensayos presiográficos en tres calidades diferentes: unas muy deformables fabricadas con caucho natural CP-420; otras intermedias a base de nitrilo NBR-70; y otras muy rígidas a base de acrilonitrilo.

Con estos tres tipos de camisas se puede adaptar muy bien la rigidez del presiómetro con las características del terreno a ensayar; por lo que actualmente es posible realizar con precisión ensayos presiográficos en terrenos en los que el módulo de elasticidad esté comprendido entre 10 y 8.000 MPa.

Como sistema de presión se emplea una bombona de nitrógeno industrial.

El sistema de lectura se alimenta habitualmente con una batería de 12 V.

5.- INTERPRETACIÓN DEL ENSAYO

Las condiciones del terreno en el ensayo presiográfico pueden asimilarse a las de una cavidad cilíndrica de radio r sometida a una presión radial p . En condiciones de elasticidad las variaciones del radio de la cavidad al incrementarse la presión están dadas por la expresión:

$$\Delta r = \frac{1+\nu}{E_p} \cdot \Delta p \cdot r \quad (1)$$

Siendo ν el coeficiente de Poisson y E_p el módulo de deformación presiográfico del terreno.

A partir de la expresión (1) puede definirse el módulo presiográfico como

$$E_p = (1 + \nu) \frac{\Delta p}{\frac{\Delta r}{r}} \quad (2)$$

Denominando rigidez del terreno al cociente

$$M = \frac{\Delta p}{\Delta r} \quad (3)$$

y recordando la relación básica de elasticidad

$$E = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G \quad (4)$$

Resulta:

$$G_p = \frac{1}{2} \cdot M \cdot r \quad (5)$$

La ecuación (5) pone de manifiesto que el ensayo presiográfico es un ensayo de corte que permite determinar directamente el módulo de corte del terreno (G); ya que el cociente $\frac{\Delta p}{\Delta r}$ es la pendiente de la curva presiográfica de cada ensayo.

La principal dificultad que se plantea en los ensayos presiográficos es que, en la mayor parte de los presiómetros, durante el ensayo no se mide directamente el radio del sondeo en el que se hace el ensayo; sino el radio interno de la camisa presiográfica r_i . De esta forma la rigidez que se mide no es la del terreno sino la del sistema formado por la camisa del presiómetro y el terreno.

Para calcular la rigidez del sistema camisa-terreno es preciso conocer las propiedades elásticas de la camisa de caucho y disponer de las formulaciones que relacionan la distribución de presiones y desplazamientos del sistema durante la realización del ensayo. Con este fin se realizan las siguientes calibraciones.

Calibración en vacío: Permite determinar la presión consumida para hinchar la camisa

Calibración en tubo: Permite conocer la compresión sufrida por la camisa al someterla a altas presiones

6.- TRABAJOS REALIZADOS

Entre los días 7 y 25 de noviembre de 2008, técnicos de IN SITU TESTING, S.L. han realizado un total de 390 ensayos presiométricos, distribuidos entre 15 sondeos mecánicos perforados sobre la traza de la futura Circunvalación Sur de Elche, Alicante.

En la **Fotografía Nº 6.a** se presenta la sonda presiométrica empleada y desde la **Fotografías Nº 6.b** hasta la **Fotografía Nº 6.n** se presentan 13 de los 15 emplazamientos donde se han realizado ensayos presiométricos.

En el **Cuadro Nº 6.I** se presenta la distribución de los ensayos presiométricos realizados.



Fotografía N° 6.a: Equipo presiométrico utilizado

Cuadro N° 6.I: Distribución de los ensayos presiométricos realizados

Sondeo	Prof. (m)	Litología	Fecha	Observaciones
S-20	3	Limos arenosos	07/11/08	HPD 101 mm
	7	Limos arenosos	07/11/08	HPD 101 mm
	14	Limos arenosos	07/11/08	HPD 101 mm
S-6	4	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	8	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	12	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	15	Arcillas limosas	10/11/08	OYO 76 mm

Sondeo	Prof. (m)	Litología	Fecha	Observaciones
S-5	3	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	6	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	9	Limos arenosos	10/11/08	OYO 76 mm
	13	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
S-3	5	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
	11	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
	14	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
S-4	6	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
	12	Limos arenosos	11/11/08	OYO 76 mm
S-1	2	Limos arenosos	12/11/08	OYO 76 mm
	85	Limos arenosos	12/11/08	OYO 76 mm
	13	Limos arenosos	12/11/08	OYO 76 mm
S-2	2	Limos arenosos	12/11/08	OYO 76 mm
	5	Limos arenosos	12/11/08	OYO 76 mm
	12	Limos arenosos	13/11/08	OYO 76 mm
S-7	2	Gravas y arenas	13/11/08	OYO 76 mm
	8	Arcillas limosas	13/11/08	OYO 76 mm

Sondeo	Prof. (m)	Litología	Fecha	Observaciones
S-8	3	Gravas y arenas	13/11/08	OYO 76 mm
	6	Limos arenosos	13/11/08	OYO 76 mm
	11	Limos arenosos	13/11/08	OYO 76 mm
S-10	3	Limos arenosos	14/11/08	OYO 76 mm
	7	Limos arenosos	14/11/08	OYO 76 mm
S-9	2	Limos arcillosos	14/11/08	OYO 76 mm
	7	Limos arcillosos	14/11/08	OYO 76 mm
	15	Arcillas limosas	14/11/08	OYO 76 mm
S-15	5	Limos arenosos	17/11/08	OYO 76 mm
	9,2	Limos arenosos	17/11/08	OYO 76 mm
S-18	12	Limos arenosos	24/11/08	OYO 76 mm
	16	Limos arenosos	24/11/08	OYO 76 mm
S-19	13,5	Limos arcillosos	25/11/08	OYO 76 mm
	16	Limos arenosos	25/11/08	OYO 76 mm
S-16	12	Arcillas limosas	25/11/08	OYO 76 mm

7.- RESULTADOS OBTENIDOS

Como ya se ha explicado anteriormente, a partir de la información registrada durante la ejecución de ensayos presiométricos se determina el módulo de deformación, E_p , definido por la relación

$$E_p = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G$$

donde ν es el coeficiente de Poisson.

En el **Anejo I** se ha incluido el protocolo de los ensayos efectuados, donde se muestra la curva presión-desplazamiento y el análisis de los resultados.

La elección del ν correspondiente para cada ensayo ha sido de acuerdo con la bibliografía consultada, siendo estos valores de 0,30 para las gravas con arenas, 0,32 para los limos arenosos y de 0,33 para las arcilla limosas y limos arcillosos.

En el **Cuadro N° 7.I.I.** se presentan sintetizados los resultados proporcionados por los ensayos presiométricos realizados.

Sobre **limos arenosos**, se ha realizado 30 ensayos preismétricos entre 2 m y 16 m de profundidad y se han obtenido unos módulos presiométricos comprendidos entre 152 kp/cm^2 y 1240 kp/cm^2 , con un módulo presiométrico medio de 553 kp/cm^2 .

Las presiones de fluencia han estado comprendidas entre 7 kp/cm^2 y 23 kp/cm^2 , con un valor medio de 13,5 kp/cm^2 y las presiones límite han estado comprendidas entre 13 kp/cm^2 y 43 kp/cm^2 , con un valor medio de 26 kp/cm^2 .

Sobre **arcillas limosas-limos arcillosos**, se han realizado 7 ensayos presiométricos y se han obtenido unos módulos presiométricos comprendidos entre 180 kp/cm^2 y 1611 kp/cm^2 , con un módulo presiométrico medio de 569 kp/cm^2 .

Las presiones de fluencia han estado comprendidas entre 6 kp/cm^2 y 28 kp/cm^2 , con un valor medio de 14 kp/cm^2 y las presiones límite han estado comprendidas entre 11,5 kp/cm^2 y 55 kp/cm^2 , con un valor medio de 27 kp/cm^2 .

Sobre **gravas y arenas**, se han realizado 2 ensayos presiométricos y el módulo presiométrico medio es de 314 kp/cm².

La presión de fluencia media y límite media es de 9 kp/cm² y 17 kp/cm², respectivamente.

Sondeo	Prof. (m)	Litología	Coef. Poisson	Ep (kp/cm ²)	P.F. (kp/cm ²)	P.L. (kp/cm ²)
S-1	2	Limos arenosos	0,32	261	7	13
	5	Limos arenosos	0,32	337	8	16
	13	Limos arenosos	0,32	243	8	14,5
S-2	2	Limos arenosos	0,32	622	16,5	34
	5	Limos arenosos	0,32	390	10	18,5
	12	Limos arenosos	0,32	1240	23	36
S-3	5	Limos arenosos	0,32	582	19	43
	11	Limos arenosos	0,32	421	10	35
	14	Limos arenosos	0,32	614	9,5	19
S-4	6	Limos arenosos	0,32	432	14	25,5
	12	Limos arenosos	0,32	420	7	15

S-5	3	Limos arenosos	0,32	332	11	24,5
	6	Limos arenosos	0,32	580	13,5	24
	9	Limos arenosos	0,32	664	20	41
	13	Limos arenosos	0,32	268	6,5	11,5
S-6	4	Limos arenosos	0,32	186	10	22
	8	Limos arenosos	0,32	1125	22	44
	12	Limos arenosos	0,32	544	11	20
	15	Arcillas limosas	0,33	372	7	11,5
S-7	2	Gravas y arenas	0,30	83	6	13,5
	8	Arcillas limosas	0,33	180	6	13,5
S-8	3	Gravas y arenas	0,30	544	12	21
	6	Limos arenosos	0,32	984	18	35
	11	Limos arenosos	0,32	474	11	25
S-9	2	Limos arcillosos	0,33	369	8,5	19
	7	Limos arcillosos	0,33	434	13	28,5
	15	Arcillas limosas	0,33	229	13,5	23

S-10	3	Limos arenosos	0,32	1209	18,5	33
	7	Limos arenosos	0,32	1075	21,5	35
S-15	5	Limos arenosos	0,32	223	9	23
	9,2	Limos arenosos	0,32	232	8	17
S-16	12	Arcillas limosas	0,33	1611	28	55
S-18	12	Limos arenosos	0,32	152	10	21
	16	Limos arenosos	0,32	205	15,5	27
S-19	13,5	Limos arcillosos	0,33	785	22,5	39
	16	Limos arenosos	0,33	572	13,5	29
S-20	3	Limos arenosos	0,32	624	18	28
	7	Limos arenosos	0,32	442	10	25
	14	Limos arenosos	0,32	1135	8,5	14,5

8.- CONCLUSIONES

Por encargo de la empresa LABORATORIOS SURESTE, técnicos de IN SITU TESTING, S.L. han realizado un total de 39 ensayos presiométricos distribuidos entre 15 sondeos mecánicos perforados sobre la traza de la futura Circunvalación Sur de Elche, p.k. 722 de la N-340.

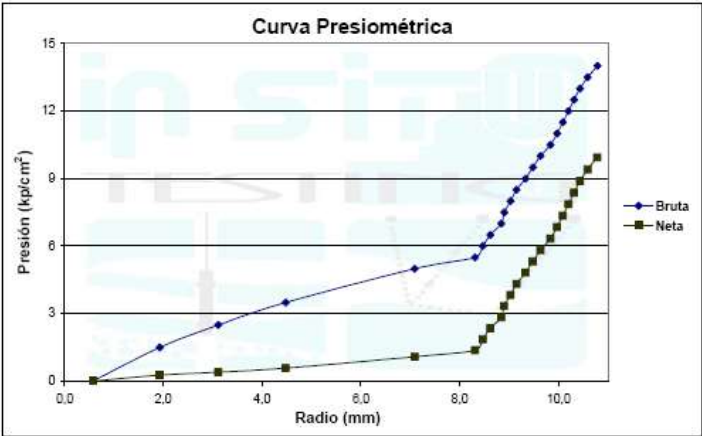
Las litologías ensayadas han sido limos arenosos, gravas con arenas y limos arcillosos-arcillas limosas, cuyos resultados íntegros se presentan en el Cuadro N° 7.I del presente informe.

**ANEJO I: PROTOCOLOS DE LOS ENSAYOS
PRESIOMÉTRICOS REALIZADOS**

Sondeo : S-15
Litología: Limos Arenosos
Profundidad: 5m
Fecha: 17/11/08
Observaciones: 76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.570	0.570
2	1.50	0.27	0.27	1.930	1.930
3	2.50	0.40	0.40	3.115	3.115
4	3.50	0.59	0.59	4.480	4.480
5	5.00	1.09	1.09	7.090	7.090
6	5.50	1.38	1.38	8.310	8.310
7	5.00	1.86	1.86	8.470	8.470
8	6.50	2.36	2.36	8.630	8.630
9	7.00	2.83	2.83	8.840	8.840
10	7.50	3.33	3.33	8.900	8.900
11	8.00	3.83	3.83	9.030	9.030
12	8.50	4.32	4.32	9.150	9.150
13	9.00	4.82	4.82	9.320	9.320
14	9.50	5.32	5.32	9.480	9.480
15	10.00	5.83	5.83	9.635	9.635
16	10.50	6.33	6.33	9.835	9.835
17	11.00	6.84	6.84	9.970	9.970
18	11.50	7.35	7.35	10.090	10.090
19	12.00	7.86	7.86	10.200	10.200
20	12.50	8.37	8.37	10.315	10.315
21	13.00	8.89	8.89	10.435	10.435
22	13.50	9.41	9.41	10.590	10.590
23	14.00	9.93	9.93	10.790	10.796



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

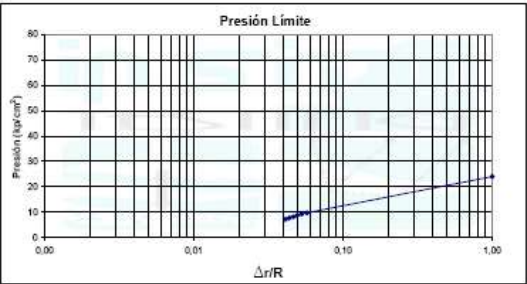
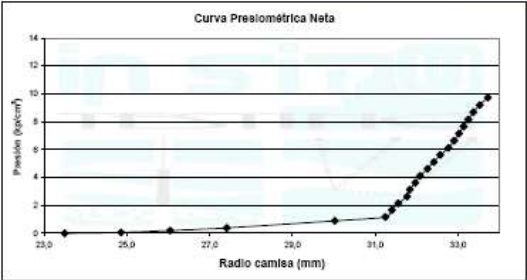
CALIBRACIÓN CAMISA	
N° camisa	38/NBR7008
Calibración tubo	0,004236 cm/kg/cm ²
Calibración en vacío	4.3 kg/cm ²

INTERPRETACIÓN	
Coefficiente de Poisson ν	0.32
Presión inicial neta P_1	2.83 kg/cm ²
Presión final neta P_2	6.68 kg/cm ²
Radio inicial neta r_1	9.270 mm
Radio final neta r_2	9.665 mm
Radio camisa R	35.43 mm

Módulo de deformación Presiométrico
 $E_p = (1 + \nu) \times (R \times \Delta \sigma) / (\Delta r \times \Delta P)$
 $E_p = 223 \text{ kg/cm}^2$

Presión de fluencia 8.0 kg/cm²
Presión límite 28.0 kg/cm²

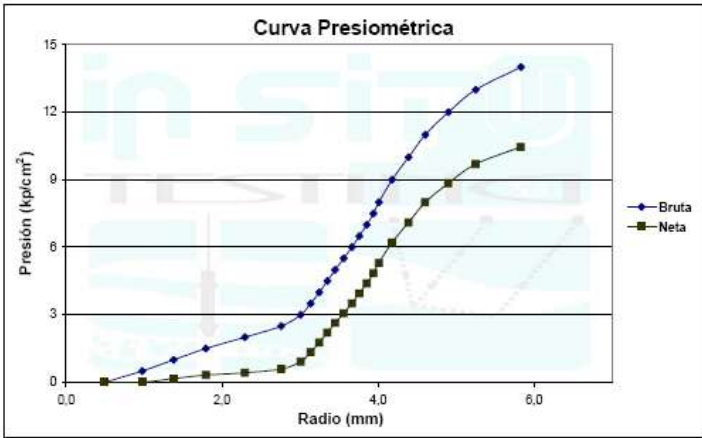
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.570	0.000	23.500
2	0.27	0.07	1.930	1.360	24.860
3	0.40	0.20	3.115	2.545	26.245
4	0.59	0.39	4.480	3.910	27.410
5	1.09	0.89	7.090	6.520	30.220
6	1.38	1.18	8.310	7.740	31.240
7	1.86	1.66	8.470	7.900	31.400
8	2.36	2.16	8.630	8.060	31.560
9	2.83	2.63	8.840	8.270	31.770
10	3.33	3.13	8.900	8.330	31.830
11	3.83	3.62	9.030	8.460	31.960
12	4.32	4.12	9.150	8.580	32.080
13	4.82	4.62	9.320	8.750	32.250
14	5.32	5.12	9.480	8.910	32.410
15	5.83	5.62	9.635	9.065	32.665
16	6.33	6.13	9.835	9.265	32.765
17	6.84	6.64	9.970	9.400	32.800
18	7.35	7.15	10.090	9.520	32.820
19	7.86	7.66	10.200	9.630	33.130
20	8.37	8.17	10.315	9.745	33.245
21	8.89	8.68	10.435	9.865	33.355
22	9.41	9.20	10.590	10.020	33.520
23	9.93	9.73	10.790	10.216	33.716



Sondeo :	S-15
Litología:	Limos Arenosos
Profundidad:	9,2m
Fecha:	17/11/08
Observaciones:	76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTAS (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.495	0.495
2	0.80	0.01	0.01	0.980	0.980
3	1.00	0.16	0.16	1.380	1.380
4	1.50	0.32	0.32	1.795	1.795
5	2.00	0.43	0.43	2.295	2.295
6	2.50	0.59	0.59	2.760	2.760
7	3.00	0.92	0.92	3.010	3.010
8	3.50	1.34	1.34	3.135	3.135
9	4.00	1.77	1.77	3.245	3.245
10	4.50	2.20	2.20	3.350	3.350
11	5.00	2.64	2.64	3.450	3.450
12	5.50	3.07	3.07	3.550	3.550
13	6.00	3.51	3.51	3.655	3.655
14	6.50	3.95	3.95	3.760	3.760
15	7.00	4.39	4.39	3.855	3.855
16	7.50	4.84	4.84	3.940	3.940
17	8.00	5.30	5.30	4.010	4.009
18	9.00	6.21	6.21	4.180	4.175
19	10.00	7.10	7.10	4.380	4.389
20	11.00	7.95	7.95	4.605	4.604
21	12.00	8.84	8.84	4.900	4.899
22	13.00	9.69	9.69	5.260	5.249
23	14.00	10.45	10.45	5.630	5.625



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

CALIBRACIÓN CAMISA	
Nº camisa	35/NBRT008
Calibración tubo	0.0004236 cm/kp/cm²
Calibración en vacío	4.3 kp/cm²

INTERPRETACIÓN	
Coefficiente de Poisson	ν 0.32
Presión inicial neta	P1 1.40 kp/cm²
Presión final neta	P2 6.06 kp/cm²
Radio inicial neta	r1 2.643 mm
Radio final neta	r2 4.199 mm
Radio camisa	r0 35.49 mm

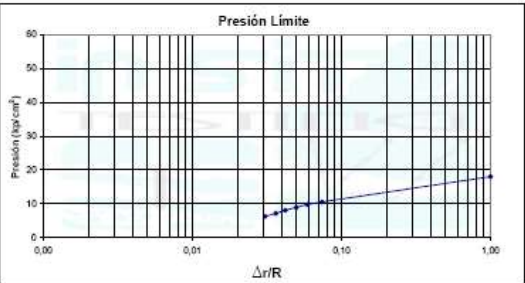
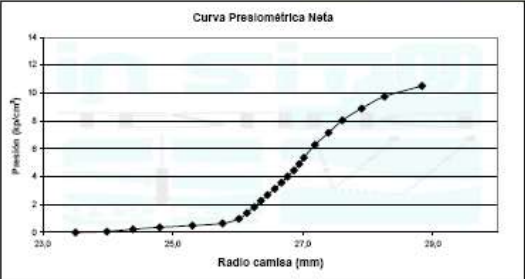
Módulo de deformación Presiométrico
 $E_p = (1 + \nu) \cdot (r_0 - \Delta r) \cdot (\Delta P / \Delta r)$

$E_p = 232 \text{ kp/cm}^2$

Presión de fluencia **8.0 kp/cm²**

Presión límite **17.0 kp/cm²**

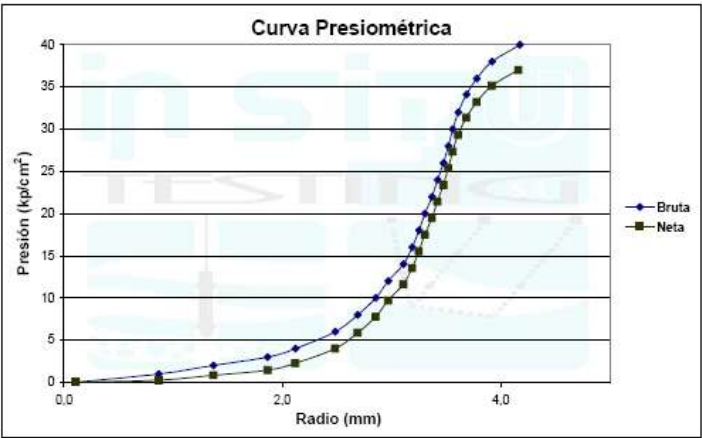
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.495	0.000	23.600
2	0.01	0.07	0.980	0.485	23.985
3	0.16	0.22	1.380	0.885	24.285
4	0.32	0.38	1.795	1.200	24.600
5	0.43	0.49	2.295	1.600	25.200
6	0.59	0.65	2.760	2.265	25.765
7	0.92	0.99	3.010	2.515	26.015
8	1.34	1.40	3.135	2.640	26.140
9	1.77	1.83	3.245	2.750	26.250
10	2.20	2.26	3.350	2.855	26.355
11	2.64	2.70	3.450	2.955	26.455
12	3.07	3.13	3.550	3.055	26.555
13	3.51	3.57	3.655	3.170	26.670
14	3.95	4.01	3.760	3.265	26.765
15	4.39	4.45	3.855	3.360	26.860
16	4.84	4.90	3.940	3.445	26.945
17	5.30	5.36	4.010	3.514	27.014
18	6.21	6.27	4.180	3.684	27.184
19	7.10	7.16	4.380	3.894	27.394
20	7.95	8.05	4.605	4.109	27.605
21	8.84	8.90	4.899	4.404	27.904
22	9.69	9.75	5.249	4.754	28.254
23	10.45	10.51	5.625	5.331	28.931



Sondeo : S-15
Litología: Arcillas limosas
Profundidad: 12m
Fecha: 25/11/08
Observaciones: 76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTAS (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm ²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.100	0.100
2	1.00	0.36	0.36	0.970	0.970
3	2.00	0.84	0.84	1.390	1.389
4	3.00	1.46	1.46	1.865	1.864
5	4.00	2.27	2.27	2.120	2.119
6	6.00	4.01	4.01	2.485	2.483
7	8.00	5.87	5.87	2.890	2.888
8	10.00	7.76	7.76	2.855	2.853
9	12.00	9.89	9.89	2.970	2.968
10	14.00	11.60	11.60	3.110	3.108
11	16.00	13.89	13.89	3.180	3.188
12	18.00	15.62	15.62	3.250	3.248
13	20.00	17.48	17.48	3.305	3.303
14	22.00	19.48	19.48	3.370	3.368
15	24.00	21.42	21.42	3.420	3.418
16	26.00	23.38	23.38	3.475	3.473
17	28.00	25.36	25.36	3.520	3.518
18	30.00	27.34	27.34	3.565	3.568
19	32.00	29.31	29.31	3.610	3.608
20	34.10	31.36	31.36	3.685	3.683
21	36.00	33.21	33.21	3.780	3.778
22	38.00	35.14	35.14	3.920	3.918
23	40.00	37.00	37.00	4.175	4.169



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

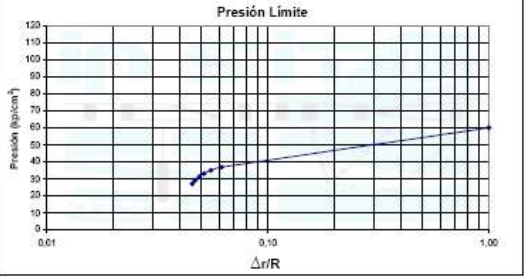
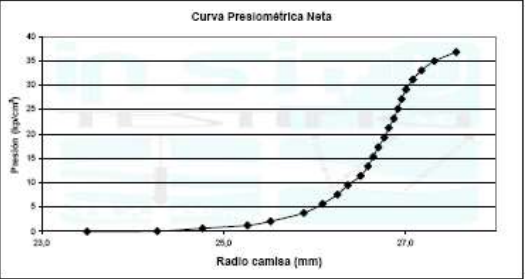
CALIBRACIÓN CAMISA	
N° camisa	38/NBRT08
Calibrador tubo	0.0004236 cm ³ /cm ³
Calibrador en vacío	4.3 kp/cm ²

INTERPRETACIÓN	
Coefficient de Poisson ν	0.33
Presión inicial neta p_1	9.89 kp/cm ²
Presión final neta p_2	31.09 kp/cm ²
Radio inicial neta r_1	2.888 mm
Radio final neta r_2	3.568 mm
Radio camisa r_0	35.49 mm

Módulo de deformación Presiométrico	
$E_p = (1 + \nu) \cdot (r_0 + \Delta r) \cdot (\Delta p / \Delta r)$	
$E_p = 1611 \text{ kp/cm}^2$	

Presión de fluencia	28.0 kp/cm ²
Presión límite	65.0 kp/cm ²

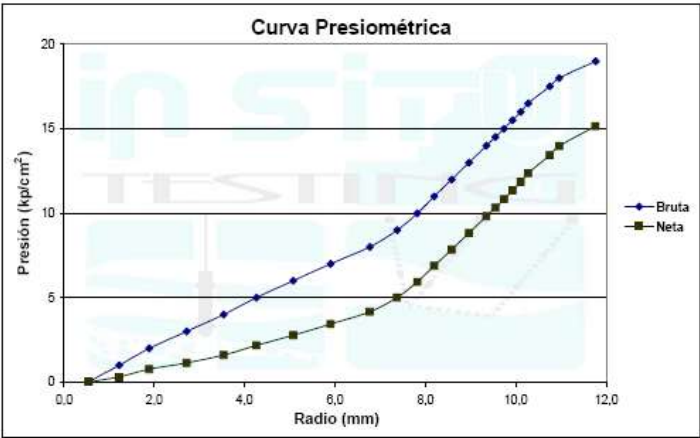
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm ²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.100	0.000	23.500
2	0.36	0.01	0.970	0.770	24.270
3	0.84	0.55	1.389	1.269	24.768
4	1.46	1.27	1.864	1.764	25.264
5	2.27	2.08	2.119	2.019	25.519
6	4.01	3.82	2.483	2.383	25.883
7	5.87	5.68	2.888	2.688	26.088
8	7.76	7.57	2.853	2.753	26.253
9	9.89	9.80	2.968	2.868	26.368
10	11.60	11.41	3.108	3.008	26.508
11	13.89	13.36	3.188	3.088	26.588
12	15.62	15.33	3.248	3.148	26.648
13	17.48	17.25	3.303	3.203	26.703
14	19.48	19.26	3.368	3.268	26.768
15	21.42	21.23	3.418	3.318	26.818
16	23.38	23.19	3.473	3.373	26.873
17	25.36	25.17	3.518	3.418	26.918
18	27.34	27.14	3.568	3.468	26.968
19	29.31	29.12	3.608	3.508	27.008
20	31.36	31.17	3.683	3.583	27.083
21	33.21	33.02	3.778	3.678	27.178
22	35.14	34.95	3.918	3.818	27.318
23	37.00	36.81	4.169	4.069	27.569



Sondeo :	S-18
Litología:	Limos arenosos
Profundidad:	12m
Fecha:	24/11/08
Observaciones:	76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTAS (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm ²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.525	0.525
2	1.00	0.32	0.32	1.225	1.225
3	2.00	0.77	0.77	1.890	1.890
4	3.00	1.15	1.15	2.715	2.715
5	4.00	1.60	1.60	3.535	3.535
6	5.00	2.18	2.18	4.260	4.260
7	6.00	2.78	2.78	5.074	5.074
8	7.00	3.44	3.44	5.900	5.900
9	8.00	4.16	4.16	6.770	6.785
10	9.00	5.02	5.02	7.375	7.374
11	10.00	5.94	5.94	7.820	7.815
12	11.00	6.89	6.89	8.195	8.194
13	12.00	7.85	7.85	8.580	8.579
14	13.00	8.83	8.83	8.965	8.964
15	14.00	9.82	9.82	9.360	9.349
16	14.80	10.35	10.35	9.645	9.645
17	15.00	10.83	10.83	9.740	9.740
18	15.50	11.34	11.34	9.930	9.930
19	16.00	11.86	11.86	10.110	10.110
20	16.50	12.37	12.37	10.294	10.294
21	17.50	13.44	13.44	10.750	10.749
22	18.00	13.97	13.97	10.960	10.959
23	19.00	15.15	15.15	11.770	11.764



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

CALIBRACIÓN CAMISA	
Nº camisa	38/NBR75/08
Calibración tubo	0.0004236 cm/kp/cm ²
Calibración en vacío	-4.3 kp/cm ²

INTERPRETACIÓN	
Coefficiente de Poisson	$\nu = 0.32$
Presión inicial neta	Pi 5.89 kp/cm ²
Presión final neta	Pf 12.12 kp/cm ²
Radio inicial neta	r1 7.234 mm
Radio final neta	r2 8.745 mm
Radio camisa	Ri 35.43 mm

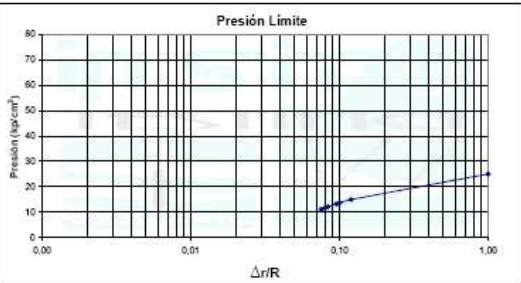
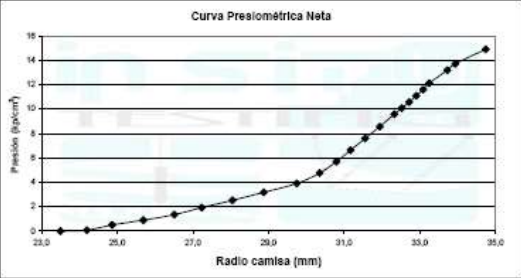
Modulo de deformación Presiométrico

$$E_p = (1 + \nu) \cdot r \cdot D \cdot \Delta m / (\Delta P \cdot A_r)$$

Ep = 152 kp/cm²

Presión de fluencia	10.6 kp/cm ²
Presión límite	21.6 kp/cm ²

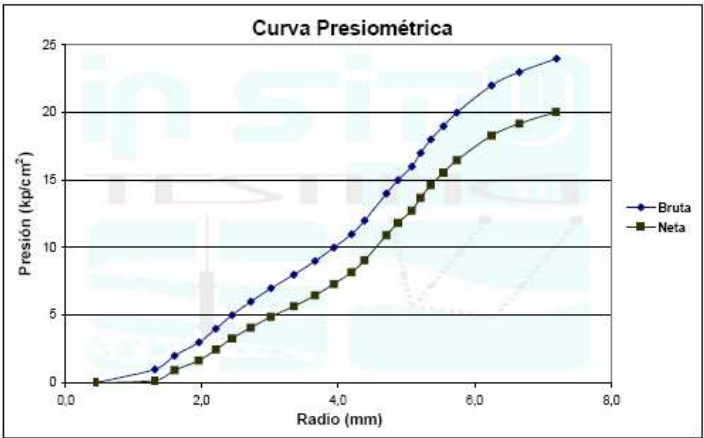
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm ²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (mm)	RADIO INT CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.525	0.000	23.600
2	0.32	0.07	1.225	0.700	24.200
3	0.77	0.81	1.890	1.285	24.855
4	1.15	0.90	2.715	2.190	25.690
5	1.60	1.35	3.535	3.010	26.510
6	2.18	1.93	4.260	3.735	27.255
7	2.78	2.53	5.074	4.549	28.045
8	3.44	3.15	5.900	5.374	28.874
9	4.16	3.91	6.770	6.244	29.744
10	5.02	4.77	7.375	6.849	30.349
11	5.94	5.59	7.820	7.284	30.794
12	6.89	6.53	8.195	7.859	31.159
13	7.85	7.50	8.580	8.354	31.654
14	8.83	8.58	8.965	8.439	31.939
15	9.82	9.57	9.360	8.924	32.324
16	10.35	10.07	9.645	9.000	32.520
17	10.83	10.58	9.740	9.215	32.715
18	11.34	11.05	9.930	9.405	32.905
19	11.86	11.61	10.110	9.595	33.085
20	12.37	12.12	10.294	9.749	33.249
21	13.44	13.18	10.749	10.224	33.724
22	13.97	13.72	10.960	10.434	33.934
23	15.15	14.90	11.764	11.239	34.739



Sondeo :	S-18
Litología:	Limos arcillosos
Profundidad:	16m
Fecha:	24/11/08
Observaciones:	76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTA (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.480	0.450
2	1.00	0.17	0.17	1.320	1.320
3	2.00	0.33	0.33	1.910	1.905
4	3.00	1.00	1.00	1.985	1.964
5	4.00	2.46	2.46	2.215	2.214
6	5.00	3.28	3.28	2.450	2.449
7	6.00	4.05	4.05	2.725	2.724
8	7.00	4.89	4.89	3.020	3.019
9	8.00	5.87	5.87	3.385	3.384
10	9.00	6.48	6.48	3.665	3.664
11	10.00	7.32	7.32	3.940	3.939
12	11.00	8.17	8.17	4.200	4.199
13	12.00	9.07	9.07	4.390	4.389
14	14.00	10.91	10.91	4.710	4.709
15	16.00	11.83	11.83	4.980	4.979
16	18.00	12.74	12.74	5.080	5.079
17	17.00	13.68	13.68	5.210	5.209
18	18.00	14.82	14.82	5.380	5.379
19	19.00	15.55	15.55	5.544	5.544
20	20.00	16.47	16.47	5.740	5.739
21	22.00	18.29	18.29	6.250	6.249
22	23.00	19.17	19.17	6.655	6.654
23	24.00	20.04	20.04	7.200	7.192



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

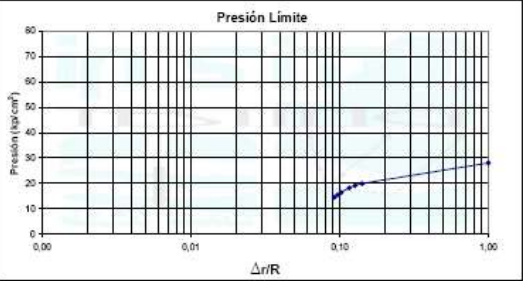
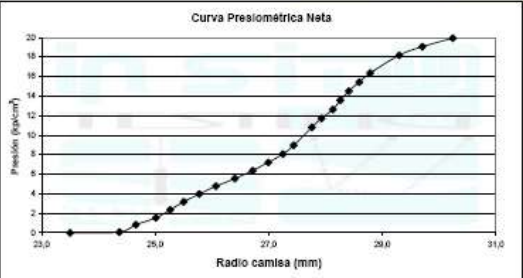
CALIBRACIÓN CAMISA	
N° camisa	38/NB7308
Calibración tubo	0.0004236 cm/kp/cm²
Calibración en vacío	4.3 kp/cm²

INTERPRETACIÓN	
Coefficiente de Poisson	v 0.32
Presión inicial neta	P1 2.36 kp/cm²
Presión final neta	P2 16.37 kp/cm²
Radio inicial neta	r1 1.764 mm
Radio final neta	r2 5.289 mm
Radio camisa	ri 35.49 mm

Módulo de deformación Presiométrico	
$E_p = (1 + v) \cdot P \cdot D \cdot \Delta m / (\Delta P \cdot A_r)$	
E_p = 205 kp/cm²	

Presión de fluencia	16.6 kp/cm²
Presión límite	27.6 kp/cm²

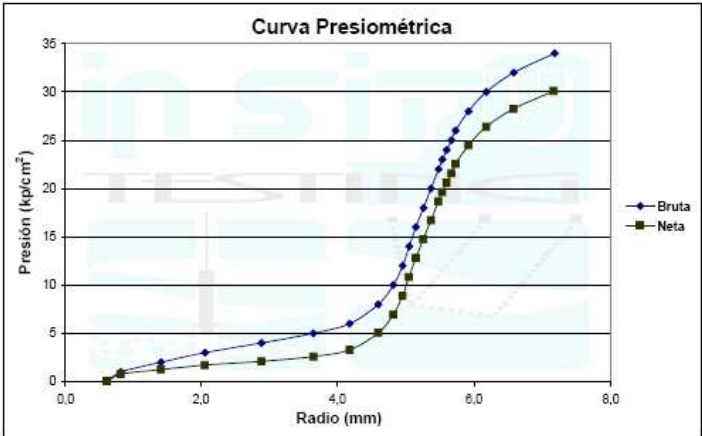
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kp/cm²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kp/cm²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.450	0.000	23.600
2	0.17	0.07	1.320	0.870	24.370
3	0.33	0.33	1.895	1.185	24.655
4	1.00	1.54	1.964	1.514	25.014
5	2.46	2.35	2.214	1.764	25.294
6	3.28	3.18	2.449	1.999	25.499
7	4.05	3.95	2.724	2.274	25.774
8	4.89	4.78	3.019	2.569	25.969
9	5.87	5.55	3.384	2.904	26.404
10	6.48	6.37	3.664	3.214	26.714
11	7.32	7.21	3.939	3.489	26.939
12	8.17	8.07	4.199	3.749	27.249
13	9.07	8.97	4.389	3.939	27.439
14	10.91	10.81	4.709	4.259	27.759
15	11.83	11.73	4.979	4.429	27.929
16	12.74	12.54	5.079	4.529	28.129
17	13.68	13.58	5.209	4.759	28.259
18	14.82	14.82	5.389	4.909	28.409
19	15.55	15.44	5.544	5.094	28.694
20	16.47	16.37	5.739	5.289	28.789
21	18.29	18.16	6.249	5.799	29.299
22	19.17	19.07	6.654	6.204	29.704
23	20.04	19.93	7.192	6.742	30.242



Sondeo : S-19
Litología: Limos arcillosos
Profundidad: 13,5m
Fecha: 25/11/08
Observaciones: 76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.830	0.830
2	1.00	0.77	0.77	0.830	0.829
3	2.00	1.24	1.24	1.420	1.420
4	3.00	1.72	1.72	2.060	2.060
5	4.00	2.10	2.10	2.890	2.890
6	5.00	2.80	2.80	3.640	3.649
7	6.00	3.28	3.28	4.190	4.179
8	8.00	5.06	5.06	4.600	4.598
9	10.00	6.95	6.95	5.900	4.918
10	12.00	8.88	8.88	4.955	4.953
11	14.00	10.84	10.84	5.050	5.048
12	16.00	12.79	12.79	6.160	6.148
13	18.00	14.74	14.74	7.400	6.388
14	20.00	16.69	16.69	6.370	6.368
15	22.00	18.65	18.65	6.480	6.479
16	23.00	19.62	19.62	6.535	6.534
17	24.00	20.60	20.60	6.600	6.599
18	25.00	21.57	21.57	6.670	6.669
19	26.00	22.64	22.64	6.730	6.729
20	28.00	24.47	24.47	6.900	6.918
21	30.00	26.38	26.38	6.118	6.118
22	32.00	28.26	28.26	6.680	6.679
23	34.00	30.08	30.08	7.180	7.167



ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

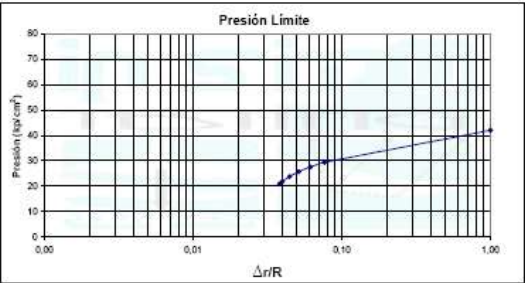
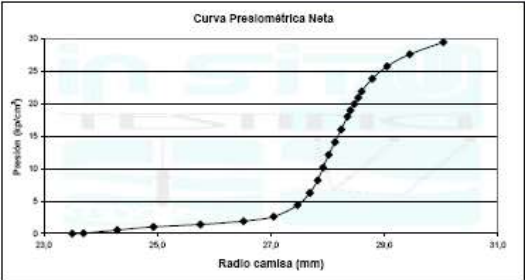
CALIBRACIÓN CAMISA		
N° camisa	38NBRT008	
Calibración tubo	0.0004236 cm/kg/cm²	
Calibración en vacío	4.3 kg/cm²	

INTERPRETACIÓN		
Coefficiente de Poisson	ν	0.33
PRESIÓN (KPa) REAL	P_1	4.38 kg/cm²
PRESIÓN FINAL NETA	P_2	23.77 kg/cm²
RADIO FINAL NETA	r_1	3.998 mm
RADIO FINAL NETA	r_2	5.288 mm
RADIO CAMISA	R	38.48 mm

Módulo de deformación Presiométrico
 $E_p = (1 + \nu) \cdot (R - \Delta r) \cdot (\Delta P / \Delta r)$
 $E_p = 785 \text{ kg/cm}^2$

PRESIÓN de fluencia 22.6 kg/cm²
PRESIÓN límite 38.0 kg/cm²

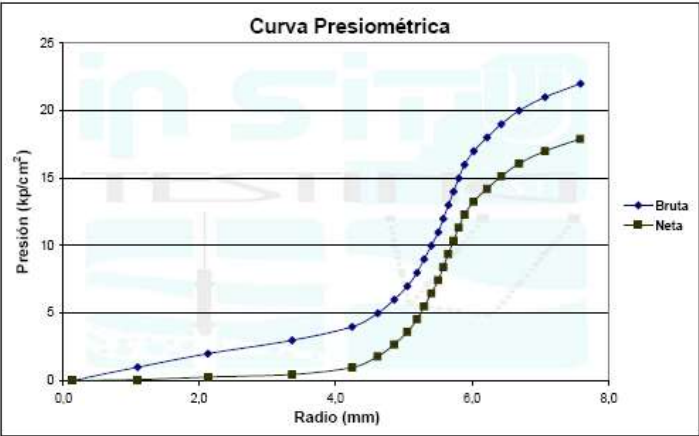
Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCORR.) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.00	0.00	0.830	0.830	23.630
2	0.77	0.07	0.829	0.189	23.699
3	1.24	0.54	1.420	0.790	24.290
4	1.72	1.03	2.060	1.430	24.930
5	2.10	1.40	2.890	2.280	25.780
6	2.80	1.90	3.640	3.019	26.519
7	3.28	2.39	4.179	3.549	27.049
8	5.06	4.36	4.598	3.968	27.468
9	6.95	6.33	4.918	4.188	27.888
10	8.88	8.18	4.953	4.323	27.923
11	10.84	10.14	5.048	4.418	27.918
12	12.79	12.09	6.148	4.618	28.018
13	14.74	14.04	6.388	4.828	28.128
14	16.69	15.99	6.368	4.738	28.238
15	18.65	17.95	6.479	4.849	28.349
16	19.62	18.92	6.534	4.904	28.404
17	20.60	19.90	6.599	4.969	28.469
18	21.57	20.87	6.669	5.039	28.539
19	22.64	21.85	6.729	5.099	28.599
20	24.47	23.77	6.918	5.288	28.788
21	26.38	25.68	6.118	5.548	29.048
22	28.26	27.65	6.679	6.548	29.448
23	30.08	29.59	7.167	6.537	30.037



Sondeo : 5-19
Litología: Limos arenosos
Profundidad: 16m
Fecha: 25/11/08
Observaciones: 76mm (NQ)

ASTM D 4719-87
DATOS DE CAMPO

Escalones	LECTURAS PRESIÓN BRUTA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN BRUTA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)
1	0.30	0.30	0.30	0.130	0.130
2	1.00	0.09	0.09	1.105	1.105
3	2.00	0.28	0.28	2.135	2.135
4	3.00	0.47	0.47	3.365	3.365
5	4.00	0.86	0.86	4.244	4.244
6	5.00	1.30	1.30	4.619	4.619
7	6.00	2.70	2.70	4.899	4.899
8	7.00	3.61	3.61	5.085	5.084
9	8.00	4.86	4.86	5.186	5.184
10	9.00	6.52	6.52	5.305	5.305
11	10.00	8.48	8.48	5.405	5.404
12	11.00	7.44	7.44	5.504	5.504
13	12.00	8.41	8.41	5.579	5.579
14	13.00	9.39	9.39	5.654	5.654
15	14.00	10.36	10.36	5.729	5.729
16	15.00	11.33	11.33	5.804	5.804
17	16.00	12.31	12.31	5.889	5.889
18	17.00	13.28	13.28	5.964	5.964
19	18.00	14.21	14.21	6.220	6.219
20	19.00	15.15	15.15	6.426	6.426
21	20.00	16.08	16.08	6.690	6.689
22	21.00	17.00	17.00	7.070	7.069
23	22.00	17.91	17.91	7.590	7.582



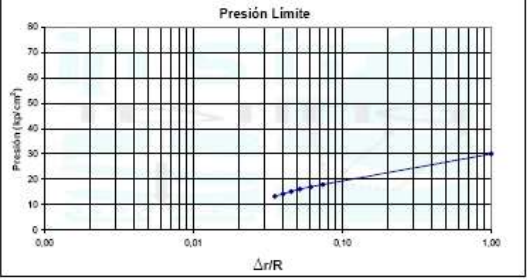
ASTM D 4719-87
INTERPRETACIÓN

CALIBRACIÓN CAMISA	
N° camisa	36NBR7308
Calibración tubo	0,0004236 cm/kg/cm ²
Calibración en vacío	4.3 kg/cm ²

INTERPRETACIÓN	
Coefficiente de Poisson ν	0.33
Presión inicial neta p_1	4.84 kg/cm ²
Presión final neta p_2	13.25 kg/cm ²
Radio final neta r_1	5.054 mm
Radio final neta r_2	5.684 mm
Radio camisa r_0	35.43 mm

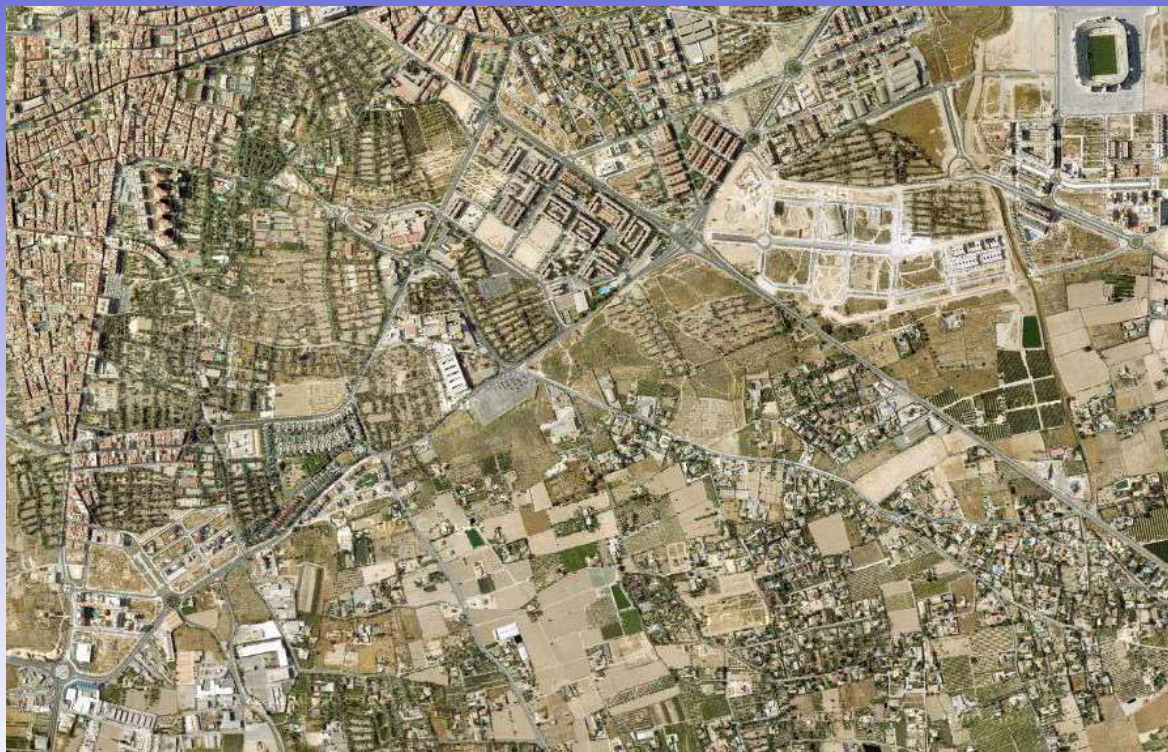
Módulo de deformación Presiométrico	
$E_p =$	572 kg/cm ²
Presión de fluencia	10.6 kg/cm ²
Presión límite	28.0 kg/cm ²

Escalones	LECTURAS PRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	PRESIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (mm)	DEFORMACIÓN CORREGIDA (AUTOCERO) (mm)	RADIO INT. CAMISA (mm)
1	0.30	0.30	0.130	0.000	33.500
2	0.09	0.07	1.105	0.975	34.475
3	0.28	0.26	2.135	2.005	35.505
4	0.47	0.45	3.365	3.235	36.735
5	0.86	0.87	4.244	4.114	37.614
6	1.30	1.28	4.619	4.489	37.589
7	2.70	2.68	4.899	4.729	38.229
8	3.61	3.60	5.085	4.924	38.424
9	4.86	4.84	5.186	5.054	38.554
10	6.52	6.50	5.305	5.165	38.665
11	8.48	8.46	5.405	5.274	38.774
12	7.44	7.42	5.504	5.374	38.874
13	8.41	8.40	5.579	5.449	38.949
14	9.39	9.37	5.654	5.524	39.024
15	10.36	10.34	5.729	5.599	39.099
16	11.33	11.32	5.804	5.674	39.174
17	12.31	12.29	5.889	5.769	39.269
18	13.28	13.26	5.964	5.854	39.354
19	14.21	14.18	6.220	6.089	39.589
20	15.15	15.13	6.426	6.299	39.799
21	16.08	16.07	6.690	6.569	39.969
22	17.00	16.98	7.070	6.939	39.439
23	17.91	17.90	7.590	7.452	39.552



APÉNDICE 3.IV:
INFORME RELATIVO A LOS ENSAYOS MEDIANTE
SÍSMICA DE REFRACCIÓN REALIZADOS

Estudio Geofísico mediante Sísmica de Refracción en Elche, **Alicante**



CLIENTE:



REALIZADO POR:



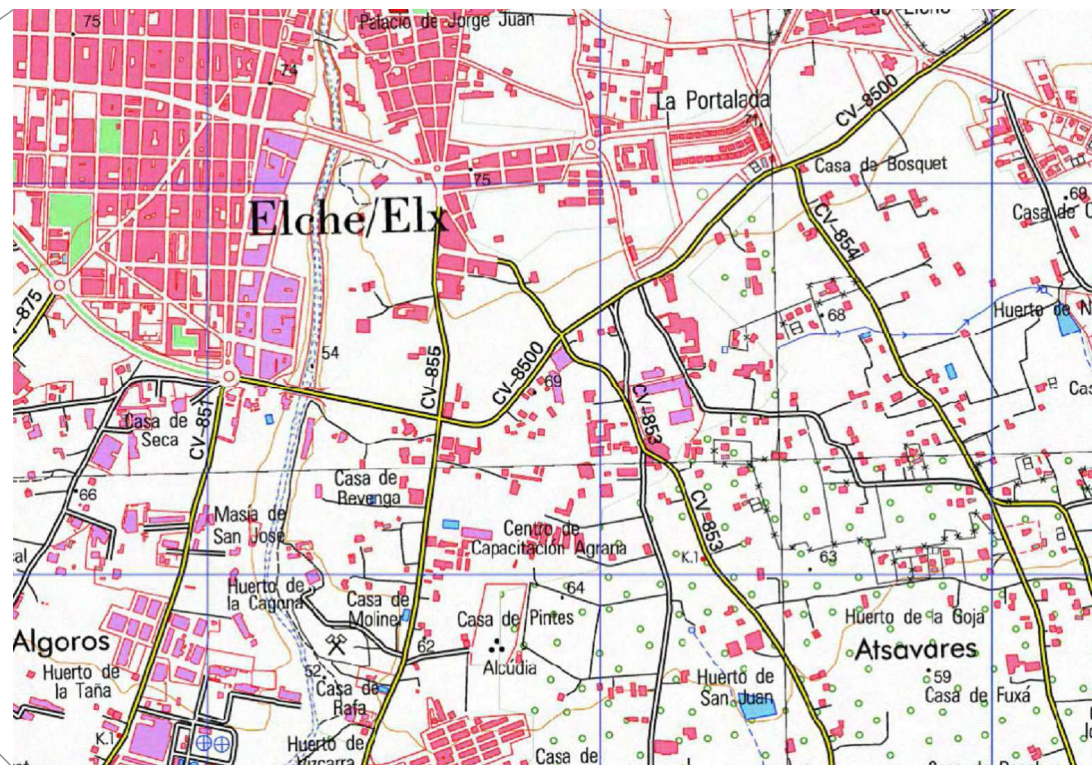
Valencia, Febrero de 2010

ÍNDICE

1. antecedentes	2
2. TRABAJOS REALIZADOS	3
Tratamiento de datos Software	3
3. METODOLOGÍA	3
4. Interpretación.....	4
4.1. Excavabilidad.....	4
Litologías	5
5. Resultados e interpretación	6
5.1. Perfil 1.....	6
5.2. Perfil 2.....	7
5.3. Perfil 4.....	8
5.4. Perfil 5.....	9
6. bibliografía	10

1. ANTECEDENTES

En Febrero de 2010, la empresa LabSureste, se pone en contacto con "AGCS Aplicaciones Geofísicas & Ciencias del Subsuelo S.L." para la realización de unos perfiles sísmicos para determinar la ripabilidad del terreno para una circunvalación prevista en la ciudad de Elche, Alicante.

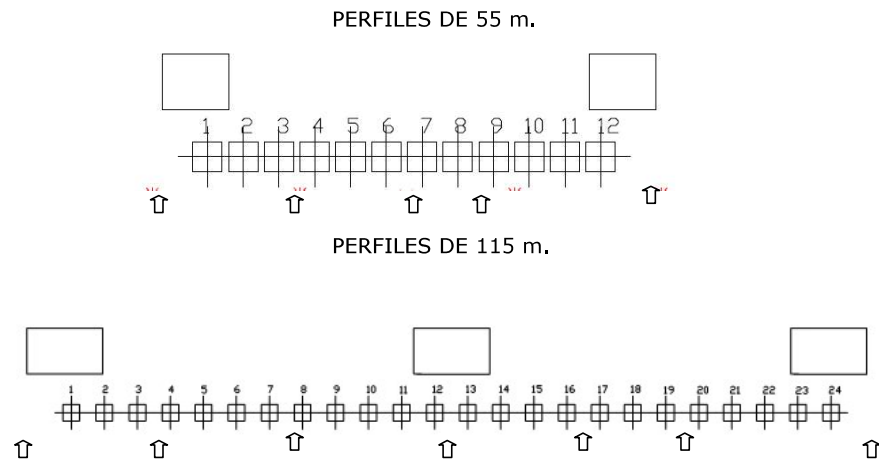


ZONA DE
ESTUDIO

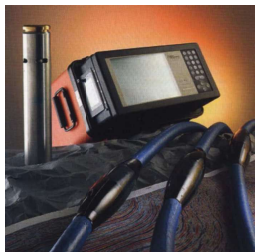
2. TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados han consistido en la realización de 4 perfiles de Sísmica de Refracción, de distintas longitudes. Se realizaron 5 disparos en el perfil de 55 m. y 7 disparos para los perfiles de 115 m. Los disparos se realizaron mediante el golpeo de una maza de 7 kg en una placa de aluminio en el suelo.

El esquema de golpeo se muestra a continuación:



El equipo utilizado fue un sismógrafo GEOMETRICS de 24 canales SMARTSEIS. Se utilizaron geófonos tipo P de 14 Hz.



Los datos sísmicos se trataron mediante el software SEISIMAGER RIMROCK.

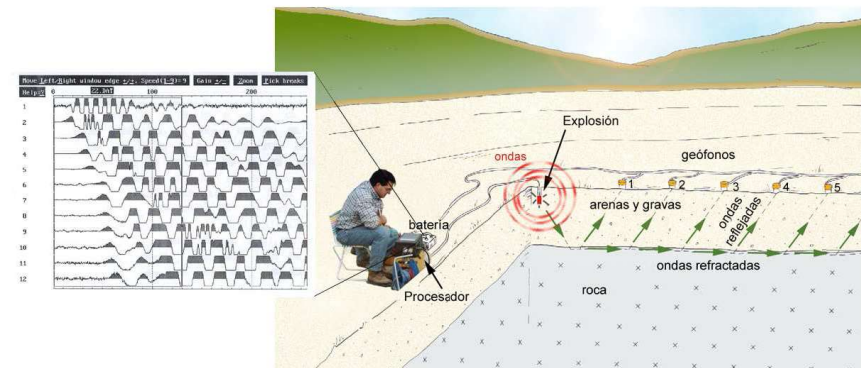
Tratamiento de datos Software

Los datos de campo se analizaron mediante el software Seisimager/2D versión 3.1 Rimrock de la casa Geometrics. Las primeras ondas de llegada se seleccionaron mediante el módulo Pickwin. Para el análisis de las ondas de llegada y cálculo de velocidades se utilizó el módulo Plotrefa mediante el método de Inversión de *Reciprocal Method*.

3. METODOLOGÍA

El método de sísmica de refracción se basa en la medición de velocidades de ondas sísmicas o vibraciones creadas por agentes externos como una explosión o un golpe seco en el suelo. Estas vibraciones a su vez son recogidas por unos receptores denominados geófonos. Estos geófonos son colocados en línea recta y separados generalmente a una distancia constante. Cuando el emisor actúa sobre la superficie del suelo, se generan 2 tipos de direcciones de ondas: ondas refractadas y ondas reflejadas que pueden ser ondas P y S.

En este proyecto se le ha prestado especial atención a las ondas refractadas P (ondas de primera) para la caracterización del subsuelo mediante el cálculo de velocidades sísmicas de las diferentes capas que lo conforman. La medición de las velocidades de propagación de las ondas longitudinales (P) y transversales (S) producidas por una fuente sísmica permiten determinar el grado de compactación, la dinámica y el estado de alteración de las diferentes formaciones geológicas.

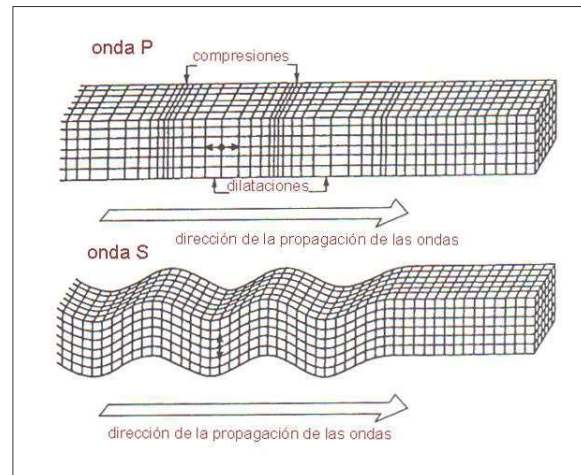


Los geófonos tipo P registran ondas longitudinales a la dirección del (wavefront) o propagación de la ondas generadas.



Geófono Clase P

A continuación se muestran los dos distintos tipos de ondas:



4. INTERPRETACIÓN

4.1. Excavabilidad

El término de ripabilidad, es un término que se debe considerar como un término cualitativo y no tanto cuantitativo, ya que existen varios criterios y opiniones que marcan la frontera entre lo que es ripable y de lo que no lo es. Generalmente la ripabilidad, es la habilidad que tiene un ripper arrastrado por un bulldozer, en arrancar y quebrantar la superficie del suelo o macizo rocoso. Esta ripabilidad también dependerá de la heterogeneidad de la roca.

El método más utilizado para determinar la ripabilidad del terreno, consiste en determinar la velocidad sísmica de propagación de las ondas de compresión (Ondas P) a través del macizo rocoso, mediante una prospección geofísica de sísmica de refracción.

La compañía Caterpillar publica de manera regular, valores de ripabilidad para sus distintos modelos existentes en el mercado. La ripabilidad queda caracterizada por medio de su velocidad sísmica Vp. Para cada clase de roca, se definen los márgenes de velocidad sísmica. Según el fabricante Caterpillar, para un **modelo D-9**, la facilidad de ripado queda definida según la tabla que se muestra a continuación.

- $V_p < 600$ m/s Materiales sueltos
- $V_p = 600-1300$ m/s Ripado fácil
- $V_p = 1300-1700$ m/s Ripado normal
- $V_p = 1700-1850$ m/s Ripado duro
- $V_p > 1850$ m/s No son ripables (voladura)

Lógicamente, los datos de ripabilidad suministrados por las compañías fabricantes de maquinaria sobre valoran las posibilidades de sus productos. Es habitual encontrar tablas de ripabilidad donde se recomienda ripar macizos rocosos con velocidades sísmicas mayores de 2500 m/s. Parece lógico, por tanto, reducir los límites superiores. Según el Colegio de Geólogos de Gran Bretaña, marcan como límite de ripabilidad, una Vp de 1850 m/s.

Sin embargo existen otros autores como Weaver, que utiliza márgenes de velocidades sísmicas que son más conservadores e interrelaciona el estado de la roca, con las velocidades sísmicas obtenidas. Al final de la tabla, se realiza una serie de recomendaciones del tipo de maquinaria a utilizar, siempre a modo orientativo.

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca Buena	Roca Media	Roca Mala	Roca Muy Mala
Velocidad Sísmica Vp (m/s)	> 2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
Valoración	26	24	20	12	5
Dureza	Roca ext. Dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Valoración	10	5	2	1	0
Alteración	Sana	Ligeramente sana	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Valoración	9	7	5	3	1
Espaciado de Juntas (mm)	> 3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50
Valoración	30	25	20	10	5
Continuidad de juntas	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continua con algún relleno	Continua con relleno
Valoración	5	5	3	0	0
Relleno de Juntas (mm)	Cerradas	Algo separadas	Separación <1mm	Relleno <5mm	Relleno >5mm
Valoración	5	5	4	3	1
Orientación de Dirección y Buzamiento	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco favorable	Favorable	Muy favorable
Valoración	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100-90	90-70(1)	70-50	50-25	<25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Ext. Difícil de ripar (voladura)	Muy difícil de ripar	Difícil de ripar	Fácilmente ripable
SELECCIÓN DE MAQUINARIA	***	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
POTENCIA(CV)	***	700/385	385/270	270/180	180
KW	***	575/290	290/200	200/135	135

(1) La puntuación por encima de 75 se considera no ripable sin prevoladura

Existen otras tablas de clasificación de materiales según su excavabilidad, como las publicadas por el IGME que se aproximan bastante a Weaver y a los datos proporcionados por el Colegio de Geólogos de Gran Bretaña.

VELOCIDAD (m/s)	CARACTERÍSTICAS DE EXCAVACIÓN
< 1500	Estratos excavables por grandes dragalinas, excavadoras o rotopalas sin voladuras
1500-2000	Ripado fácil. Excavación de estratos sin volar, algo difícil para dragalinas, excavadoras y rotopalas
2000-2500	Ripado algo costoso. Voladuras ligeras (e.g. Grandes esquemas, grandes longitudes de retacado, bajo consumos específicos) pueden ser necesarias para dragalinas, excavadoras y rotopalas
2500-3000	Se precisan voladuras ligeras
> 3000	Se precisan voladuras fuertes (e.g. Esquemas de perforación cerrados, pequeñas longitudes de retacado, altos consumos específicos)

Tabla de velocidades de ondas P (m/s)	
Suelo alterado	300-900
Suelo	250-600
Aluvión	500-2000
Arcilla	1100-2500
Arena Saturada	800-2200
Arena seca	200-1000
Arena y Grava Saturada	500-1500
Arena y Grava no saturada	400-500
Granito	5000-6000
Basalto	5400-6400
Rocas Metamórficas	3500-7000
Areniscas	2000-4500
Calizas	2000-6000
Agua	1400-1600
Aire	300

Velocity ranges compiled from Press (1966, P. 195-218)

Litologías

En nuestro caso, las velocidades detectadas entre los 300 m/s y 900 m/s, podrían corresponder a materiales y suelos alterados compuestos principalmente por arcillas, arcillas con cantos, y conglomerados mezclados con posibles rellenos antrópicos. Dichos materiales comprenderían la primera capa detectada. El espesor de esta primera capa varía entre 1m y los 8m aproximadamente.

Las velocidades registradas superiores a 900 m/s, podrían corresponder a materiales más consolidados, principalmente a lentejones de gravas y en algunos casos gravas más o menos cementadas con abundante matriz arcillosa. Dichos materiales comprenderían a la segunda capa detectada.

Por regla general los materiales detectados son ripables aunque según en que zonas dicho ripado puede resultar más costoso dependiendo de la cementación y concentración a niveles locales de gravas y rellenos antrópicos existentes.

Los datos obtenidos se muestran a continuación.

Valencia Febrero de 2010



JOSE LUIS BERMEJO
Bsc. Hidrogeología USA
Msc. Environmental Geophysics USA



PABLO E. CONDE
Ldo. Física

5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

5.1. Perfil 1

Perfil 1

Meteorología: *Soleado*

Equipo: *Geometrics Smartseis 24*

Fecha: *18/02/10*

Geófonos: *Clase P 14 Hz*

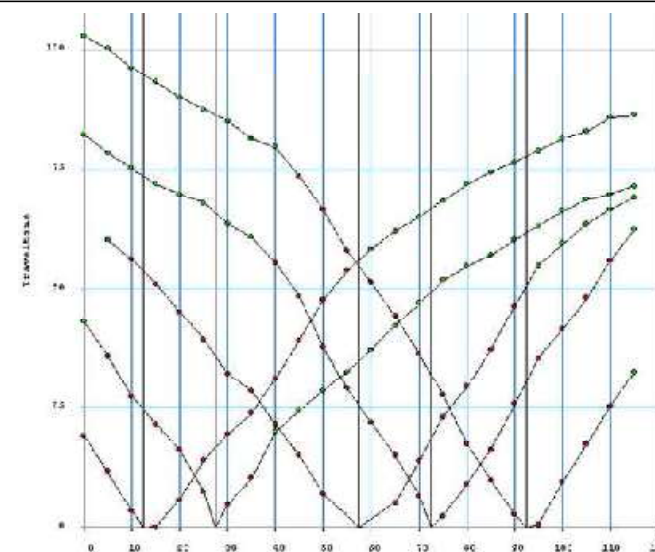
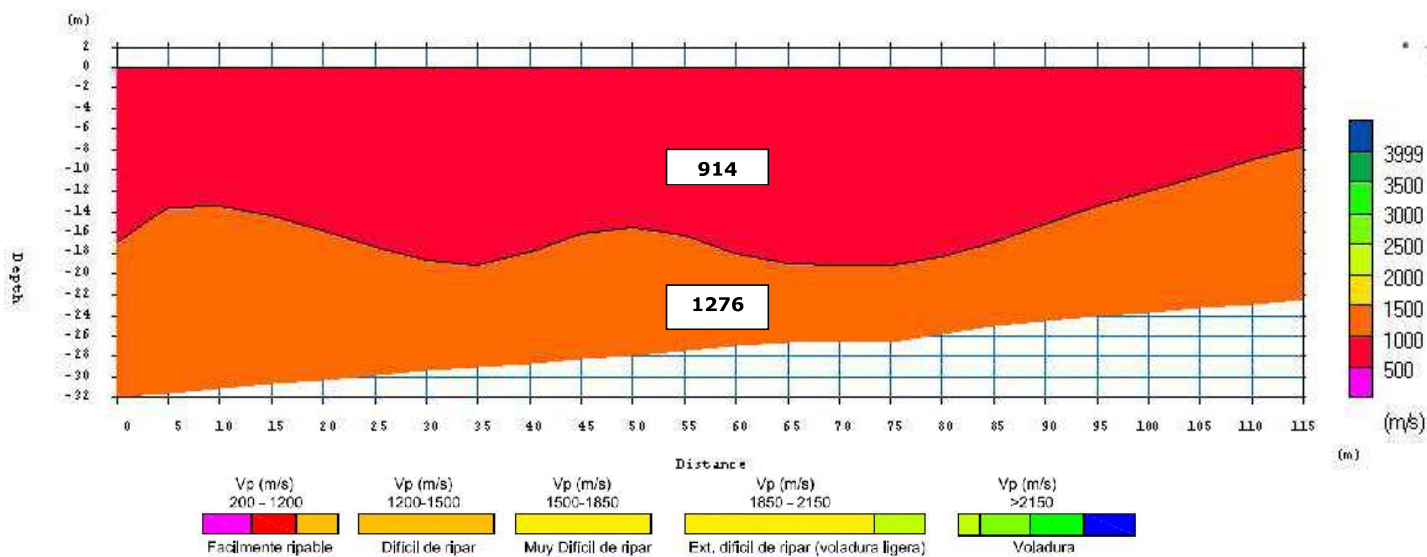
Norma: *ASTM D5777 - 00*

Separación entre Geófonos: *5 m*

Equipo: *Geometric Smartseis 24*

Longitud Perfil: *115m*

Operarios: *J.L. Bermejo, Pablo E. Conde*



Del metro 0m al 115m

5.2. Perfil 2

Perfil 2

Meteorología: *Soleado*

Equipo: *Geometrics Smartseis 24*

Fecha: *18/02/10*

Geófonos: *Clase P 14 Hz*

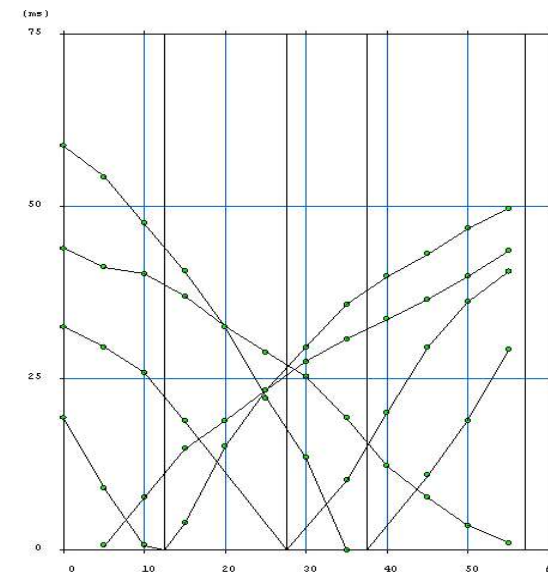
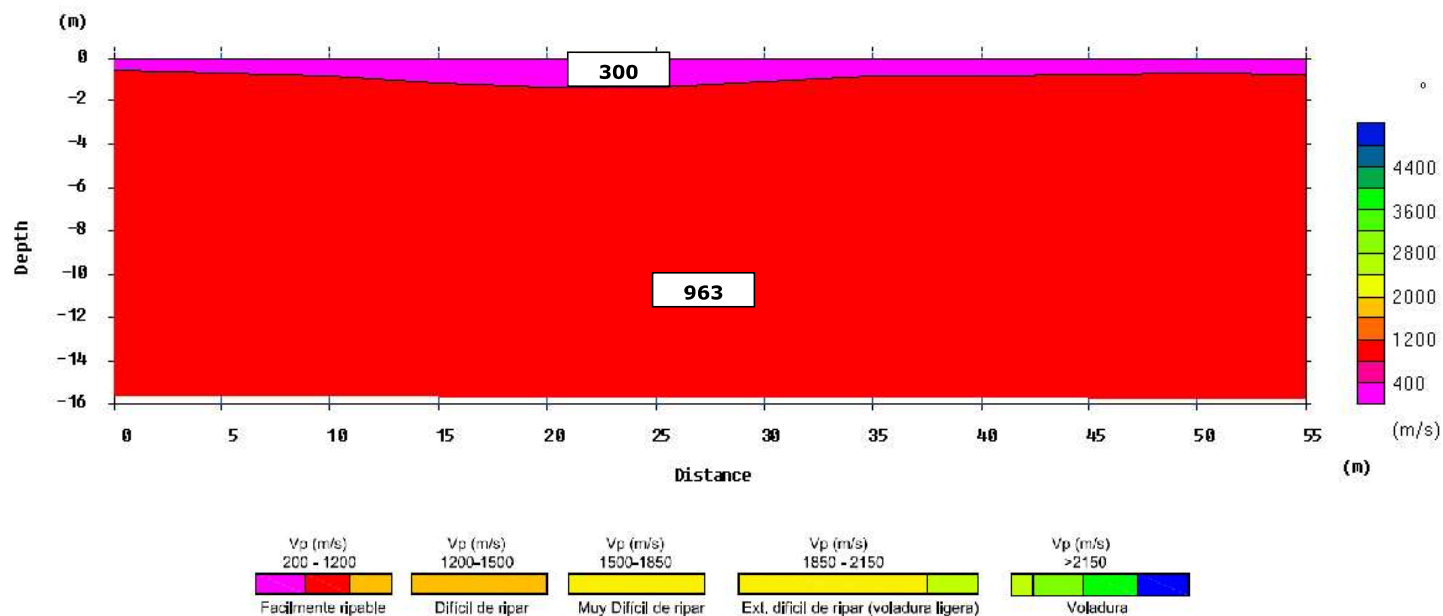
Norma: *ASTM D5777 - 00*

Separación entre Geófonos: *5 m*

Equipo: *Geometric Smartseis 24*

Longitud Perfil: *55m*

Operarios: *J.L Bermejo, Pablo E. Conde*



Del metro 0m al 55m

5.3. Perfil 4

Perfil 4

Meteorología: Soleado

Equipo: Geometrics Smartseis 24

Fecha: 18/02/10

Geófonos: Clase P 14 Hz

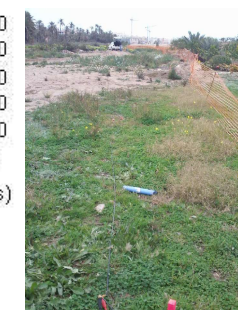
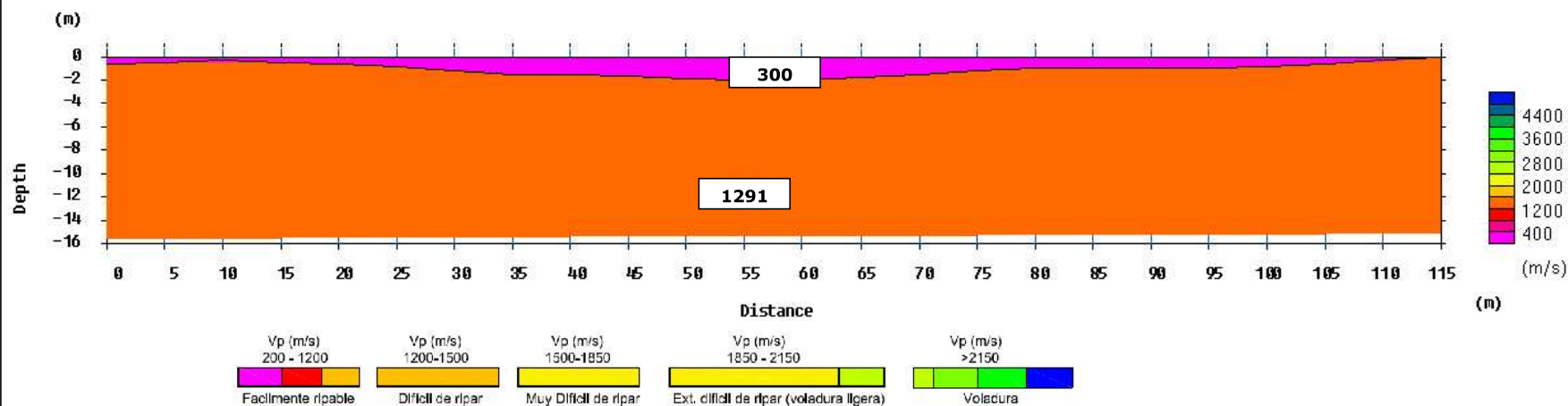
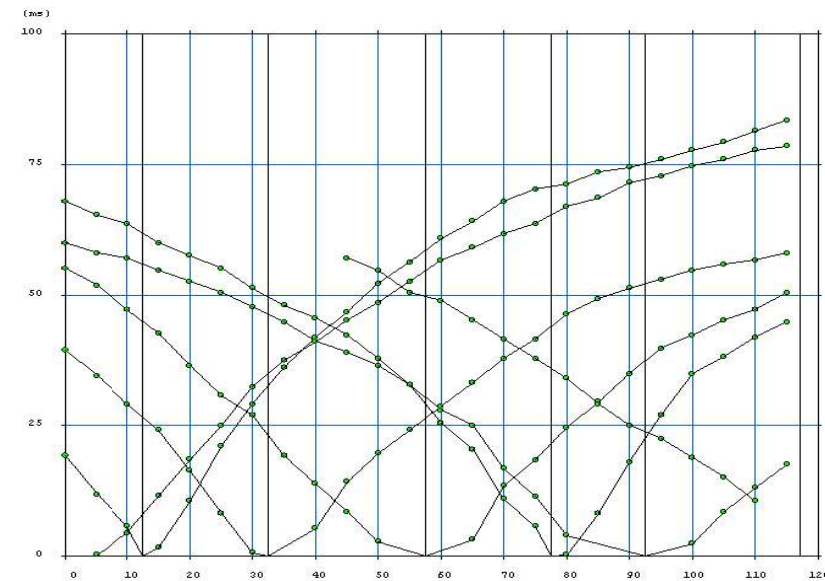
Norma: ASTM D5777 - 00

Separación entre Geófonos: 5 m

Equipo: Geometric Smartseis 24

Longitud Perfil: 115m

Operarios: J.L Bermejo, Pablo E. Conde



Del metro 0m al 115m

5.4. Perfil 5

Perfil 5

Meteorología: *Soleado*

Equipo: *Geometrics Smartseis 24*

Fecha: *18/02/10*

Geófonos: *Clase P 14 Hz*

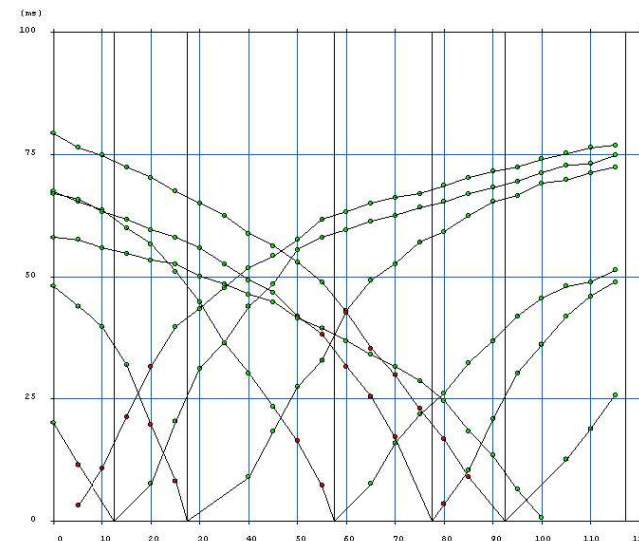
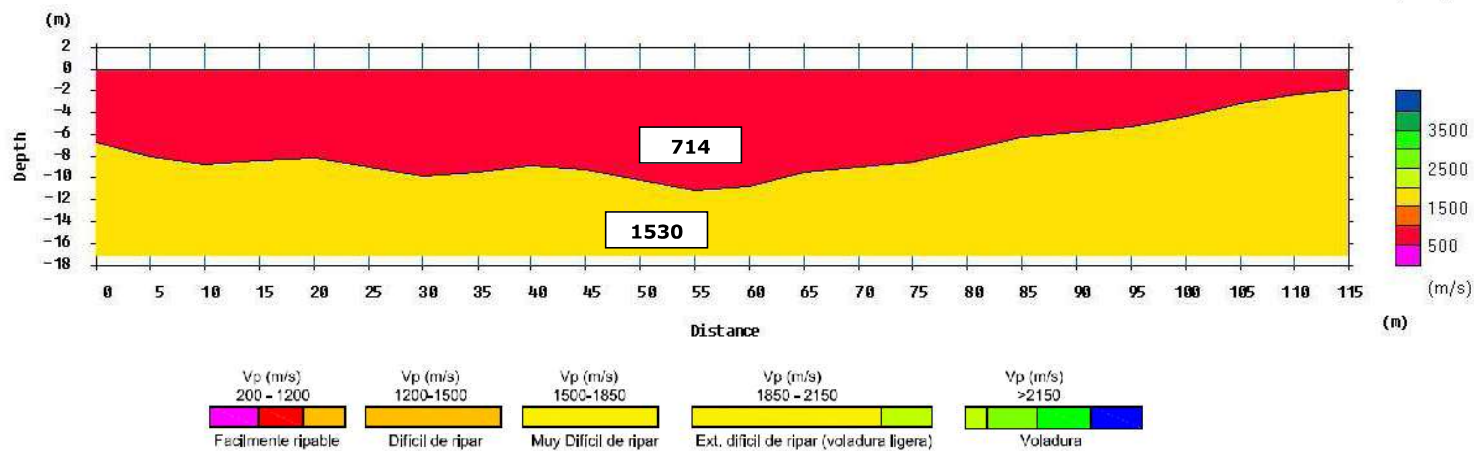
Norma: *ASTM D5777 - 00*

Separación entre Geófonos: *5 m*

Equipo: *Geometric Smartseis 24*

Longitud Perfil: *115m*

Operarios: *J.L Bermejo, Pablo E. Conde*



Del metro 0m al 115m

6. BIBLIOGRAFÍA

ASTM D5777 – 00 Standard Guide for using Refraction Method for Subsurface Investigation.

Sjogren, Bengt, *Shallow refraction Seismics*, Chapman and Hall, New York, 1984.

Lankston, Robert, " The Seismic Refraction Method : A viable Tool for Mapping Shallow Targets in the 1990's " *Geophysics*, Vol54 nº 2, 1989, pp 1-6.

Weaver, J. M., "Geological Factors Significant in the Assessment of Rippability," *The Civil Engineer in South Africa*, Vol. 17, No. 12, December 1975 .

Instituto Tecnológico Geominero de España. *Manual de arranque carga y transporte en minería a cielo abierto*, p.40

APÉNDICE 3.V: RESULTADOS DE LAS CATAS

REFERENCIAS					IDENTIFICACIÓN								COMPACTACIÓN			CBR (100%)	Hinchamiento libre (%)	Mat. Orgánica (%)	S. Solubles (%)	Clasif PG- 3
CATA	MUESTRA	PROF (m)	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD TIERRA VEGETAL (M)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA					TIPO	Wopt (%)	Dmax (g/cm3)					
					LL	LP	IP	# 0,08(%pasa)	# 0,4(%pasa)	# 2(%pasa)	# 5(%pasa)	# 20(%pasa)								
Z10	M1	2,5	PK 6+352	0,7	NP	NP	NP	4	44	81	85	95	PM	10,5	1,81	20,2	0	0,086	0,077	SS
Z10	M2	4,9	PK 6+352	0,7	19,7	12,5	7,2	49	87	95	96	97	PM	11	2	12	1,2	0,131	0,108	ST
Z10	M3	6,8	PK 6+352	0,7	NP	NP	NP	46	82	93	84	96	PM	8,9	2,01	33,5	0	0,128	0,103	ST