

ESTUDIO GEOTÉCNICO

REDACCIÓN: abril de 2006

PETICIONARIO: PROMOTORA SOCIAL CERCADO DE SANTA CRUZ

TRABAJO: Ampliación de gradas en campo de fútbol de Almuñecar

EXPEDIENTE: 2/5863/009 - PRESUPUESTO: 2006/01161



cemosa

Ingeniería y Control

Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra S A

Carretera de Pinos Puente Km 429, 18230 Granada

958 437 681

www.cemosa.es

ÍNDICE

MEMORIA

1	Introducción.....	1
2	Trabajo realizado	1
2.1	Trabajo de campo	1
2.2	Trabajo de laboratorio	2
3	Resultados	3
3.1	Geología.....	3
3.1.1	Localización geográfica.....	3
3.1.2	Encuadre geológico general	3
3.1.3	Encuadre geológico local	4
3.1.4	Sismicidad.....	5
3.2	Resultado de los sondeos a rotación	6
3.3	Resultados de los ensayos de laboratorio	8
4	Análisis de resultados	10
4.1	Propiedades geotécnicas del terreno.....	10
5	Carga admisible del terreno	12
5.1	Selección de los tipos de cimentación	12
5.2	Cimentación por losa	12
5.2.1	Hipótesis de cálculo	12
5.2.2	Carga admisible por hundimiento	13
5.2.3	Carga admisible por asientos.....	13
5.2.4	Carga admisible final.....	14
5.2.5	Coefficiente de balasto.....	14
5.2.6	Características del material de sustitución.....	14
5.3	Cimentación por pilotes.....	15
5.3.1	Hipótesis de cálculo	15
5.3.2	Selección de la tipología del pilote.....	16
5.3.3	Carga admisible	16
5.3.4	Potencial de licuefacción del terreno	18
6	Referencias	21
7	Resumen y recomendaciones.....	22
7.1	Resumen de los trabajos realizados y de las conclusiones alcanzadas.....	22

7.2	Recomendaciones generales.....	23
-----	--------------------------------	----

ANEJOS

- ANEJO 1. Planta de situación de prospecciones
- ANEJO 2. Encuadre geológico
- ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación
- ANEJO 4. Fotografías de testigos de sondeos a rotación
- ANEJO 5. Actas de ensayos de laboratorio
- ANEJO 6. Metodología de cálculo

MEMORIA

1 Introducción

El presente documento constituye el Estudio Geotécnico solicitado a CEMOSA por la PROMOTORA SOCIAL CERCADO DE SANTA CRUZ según presupuesto 2006/01161.

La zona en estudio se encuentra situada en el campo de fútbol de Almuñecar (Granada), donde está prevista la construcción de unas nuevas gradas.

El informe que a continuación se presenta recoge los siguientes aspectos:

- Características geotécnicas del terreno.
- Nivel freático.
- Tipo de cimentación recomendable y carga admisible.
- Sismicidad.
- Recomendaciones generales.

En el capítulo 2 se detalla el trabajo realizado tanto en campo como en laboratorio. En el capítulo 3 se presentan los resultados de los trabajos realizados, los cuales son analizados en el capítulo 4. En el capítulo 5 se proponen las tipologías de cimentación más recomendables, identificando los niveles de apoyo y las cargas admisibles. Por último, en el capítulo 7 se resumen las conclusiones obtenidas y se ofrecen recomendaciones generales de interés geotécnico.

En el anejo Nº 1 se presenta un plano de localización de prospecciones. En el anejo Nº 2 se presenta el encuadre geológico de la zona de estudio. En el anejo Nº 3 se presentan los registros de los sondeos a rotación con recuperación de testigo y en el anejo Nº 4 las fotografías de las cajas de testigo. En el anejo Nº 5 se presentan las actas de los ensayos de laboratorio y, por último, en el Nº 6 se presenta la metodología de cálculo.

2 Trabajo realizado

2.1 Trabajo de campo

Los trabajos de campo realizados se enumeran en la tabla Nº 1 y se describen en la tabla Nº 2.

TABLA 1. Trabajo de campo

<i>Tipo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Profundidad máxima alcanzada</i>
-	-	<i>m</i>
Sondeos a rotación con recuperación de testigo	2	18.00

TABLA 2. Sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo

<i>Denominación sondeo</i>	<i>Profundidad alcanzada</i>	<i>Perforación suelo</i>	<i>Perforación gravas</i>	<i>Perforación roca</i>	<i>PVC</i>	<i>Tapa</i>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	-
SR-1	18.00	12.95	5.05	0.00	18.00	-
SR-2	18.00	11.50	6.50	0.00	18.00	-
TOTAL	36.00	24.45	11.55	0.00	36.00	-

Maquinaria empleada: sonda TECOINSA modelo TP-50

Norma de aplicación XP P94-202

2.2 Trabajo de laboratorio

Los trabajos realizados en laboratorio se recogen en la tabla N° 3.

TABLA 3. Trabajo de laboratorio

<i>Ensayo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Norma</i>
Clasificación USCS	6	ISSMGE
Análisis granulométrico por tamizado	6	UNE 103101
Determinación de los límites de Atterberg	6	UNE 103103 - 104
Ensayo de corte directo con drenaje	2	UNE 103401
Determinación del contenido en sulfatos	2	UNE 103202
Determinación del grado de acidez Baumann-Gully	2	EHE
Determinación del contenido en materia orgánica	1	UNE 103204

3 Resultados

3.1 Geología

3.1.1 Localización geográfica

En la figura N° 1 se reproduce un detalle de la fotografía aérea de la parcela de acuerdo con el plano editado por la Junta de Andalucía a escala 1:10.000; en la figura mencionada la escala ha sido modificada.



Figura N° 1.- Topografía de la zona de estudio

3.1.2 Encuadre geológico general

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada dentro de las Cordilleras Béticas las cuales forman, junto con las Cordilleras del Rif del norte de África, el segmento más occidental del orógeno alpino mediterráneo. Estas dos cordilleras, separadas en la actualidad por la cuenca neógena de Alborán, se localizan entre dos zócalos hercínicos, el Ibérico al norte y el Africano al sur, de acuerdo con lo reproducido en la figura N° 2.

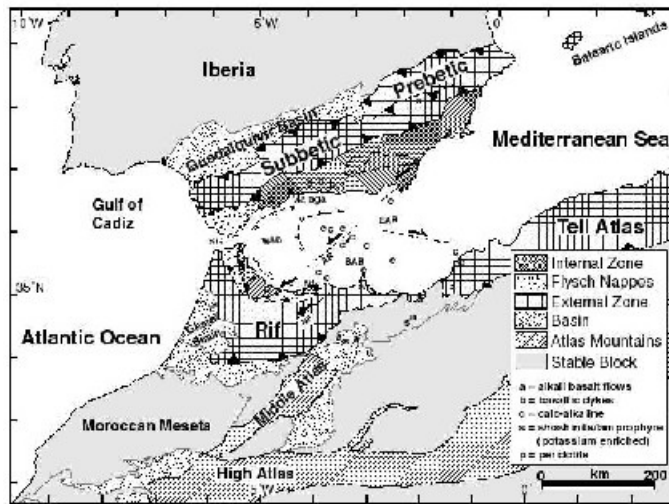


Figura Nº 2.- Encuadre geológico regional

Las Cordilleras Béticas se formaron como consecuencia del régimen compresivo que comenzó a finales del Cretácico y en ellas se pueden distinguir distintos dominios o zonas siendo las más importantes, ordenadas de norte a sur, las Zonas Externas y las Zonas Internas. Estas zonas, separadas y diferenciadas por un contacto tectónico, presentan además un origen paleogeográfico distinto.

Las Zonas Internas, en su sentido más estricto, se reducen a la denominada Zona Bética, caracterizada por una estructura tectónica muy complicada en la cual se reconoce un apilamiento de unidades alóctonas (mantos de corrimiento) vergentes hacia el exterior de la cordillera.

Tradicionalmente se han distinguido tres unidades que presentan ciertas diferencias litológicas y estructurales, y que en orden ascendente según su posición tectónica actual son:

- Complejo Nevado-Filábride
- Complejo Alpujárride
- Complejo Malaguide

La zona objeto de estudio se localiza en el denominado Complejo Alpujárride, que comprende varios mantos de corrimiento y está constituido por dos conjuntos: el inferior, mucho más potente, está constituido principalmente por esquistos y filitas de edad antetriásica y triásica inferior, y el superior por calizas y dolomías de edad triásica media – superior.

3.1.3 *Encuadre geológico local*

Los materiales que caracterizan la zona objeto de estudio son depósitos de playa interpenetrados con depósitos aluviales del Cuaternario, caracterizados por presentar una variada granulometría, desde gravas y arenas hasta limos y arcillas.

Estos depósitos se disponen de manera discordante sobre una formación de micaesquistos, cuarzoesquistos y cuarcitas con intercalaciones de anfibolitas y

epidotitas del Paleozoico, perteneciente al Manto de La Herradura, uno de los que conforman el Complejo Alpujarride de la zona.

3.1.4 Sismicidad

Con objeto de que pueda cumplirse lo reglamentado en la Norma Sismorresistente NCSE-02 en la tabla N° 4 se ofrece la siguiente caracterización del terreno en términos de sismicidad. Para ello se atiende a lo estipulado en dicha normativa y, en particular, al mapa de peligrosidad sísmica reproducido en la figura N° 3.

TABLA 4. Información sísmica del terreno según NCSE-02

<i>Variable</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>
Aceleración sísmica de cálculo	a_c / g	0.22
Coefficiente de contribución	K	1.0
Aceleración sísmica básica	a_b / g	0.16
Coefficiente adimensional de riesgo	ρ	1.0
Coefficiente de amplificación del terreno	S	1.36
Coefficiente del terreno	C	1.6
Municipio	Almuñécar	
Tipo de terreno	III	

Observaciones: según la NCSE-02: $a_c = S\rho a_b$

Para $\rho a_b \leq 0.1g$ $S = \frac{C}{1.25}$

Para $0.1g < \rho a_b < 0.4g$ $S = \frac{C}{1.25} + 3.333 \cdot (\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0.1) \cdot (1 - \frac{C}{1.25})$

Para $0.4g \leq \rho a_b$ $S = 1.0$

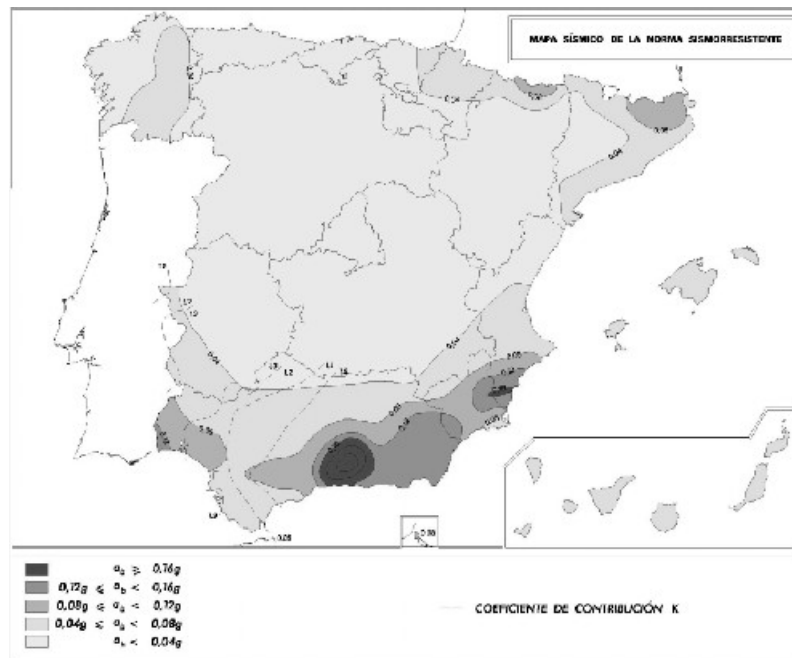


Figura Nº 3.- Mapa de peligrosidad sísmica según la NCSE-02

3.2 Resultado de los sondeos a rotación

En la tabla Nº 5 se recoge el resultado de la inspección realizada por personal técnico de CEMOSA sobre los testigos recuperados en los sondeos a rotación. En la tabla Nº 6 se reproducen los valores de golpeo registrados en los ensayos SPT, y en la tabla Nº 7 la medida del nivel freático.

TABLA 5. Testificación de los sondeos a rotación

Sondeo	Profundidad inicial	Profundidad final	Descripción litológica
-	m	m	-
SR-1	0.00	0.10	Solera de hormigón.
	0.10	2.60	Relleno antrópico. Arenas de color grisáceo con bastantes cantos heterométricos de naturaleza poligénica e indicios de restos de obra (ladrillos, azulejos).
	2.60	3.45	Arenas limosas de color marrón oscuro con indicios de cantos heterométricos de naturaleza metamórfica.
	3.45	8.50	Aluvial. Gravas de naturaleza metamórfica, subredondeada y heterométrica dentro de una matriz arenosa.
	8.50	13.50	Arenas de color marrón-grisáceo con algo de cantos subredondeados de naturaleza metamórfica.

TABLA 5. Testificación de los sondeos a rotación

<i>Sondeo</i>	<i>Profundidad inicial</i>	<i>Profundidad final</i>	<i>Descripción litológica</i>
	13.50	18.00	Arenas de playa de color marrón.
SR-2	0.00	0.25	Solera de hormigón.
	0.25	1.00	Relleno antrópico. Arenas de color grisáceo con bastantes cantos heterométricos de naturaleza poligénica.
	1.00	3.60	Arenas limosas de color grisáceo con algo de cantos heterométricos de naturaleza poligénica.
	3.60	6.00	Aluvial. Gravas de naturaleza metamórfica subredondeada y heterométrica dentro de una matriz arenosa.
	6.00	12.50	Arenas con indicios de cantos heterométricos de color marrón e indicios de vetas de limos de color negro con bastante materia orgánica (fango).
	12.50	16.10	Arenas de color marrón.
	16.10	18.00	Limos de color oscuro con bastante materia orgánica (fango).

TABLA 6. Ensayos SPT en los sondeos a rotación

<i>Sondeo</i>	<i>Cota inicio</i>	<i>Golpes / 15cm</i>	<i>N₃₀</i>
-	<i>m</i>	<i>m</i>	-
SR-1	1.50	3-2-3	5
	3.00	7-7-8	15
	6.00	6-6-5	11
	9.00	3-4-6	10
	12.00	4-4-5	9
	15.00	6-6-5	11
	18.00	7-7-8	15
SR-2	1.00	14-12-12	24

TABLA 6. Ensayos SPT en los sondeos a rotación

Sondeo	Cota inicio	Golpes / 15cm	N ₃₀
	3.00	6-7-6	13
	6.00	3-5-5	10
	9.00	4-5-5	10
	12.00	2-2-3	5
	15.00	3-3-4	7
	18.00	2-3-3	6

TABLA 7. Nivel freático

Sondeo	Nivel freático	Fecha
-	m	-
SR-1	3.50	16/03/06
SR-2	3.80	15/03/06

3.3 Resultados de los ensayos de laboratorio

En las tablas N° 8, 9, 10 y 11 se ofrece un resumen de los datos obtenidos.

TABLA 8. Resultados de ensayos de laboratorio: propiedades de estado

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Clasificación USCS	Tamiz 5mm	Tamiz 0.4mm	Tamiz 0.08mm	LL	LP	IP
-	m	m	-	%	%		%	%	%
SR-1	3.00	3.45	SP-SM	84	41	9	NP	NP	NP
SR-1	9.00	9.45	SM	74	31	21	NP	NP	NP
SR-1	12.00	12.45	SM	100	49	16	NP	NP	NP
SR-2	6.00	6.45	SW-SM	70	25	10	NP	NP	NP
SR-2	12.00	12.45	SP-SM	84	41	9	NP	NP	NP
SR-2	18.00	18.45	ML	100	98	66	NP	NP	NP

TABLA 8. Resultados de ensayos de laboratorio: propiedades de estado

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Clasificación USCS	Tamiz 5mm	Tamiz 0.4mm	Tamiz 0.08mm	LL	LP	IP
-	m	m	-	%	%		%	%	%

Abreviaturas:

USCS (Unified Soil Classification System), LL (límite líquido), LP (límite plástico), IP (índice de plasticidad), NP (no plástico)

TABLA 9. Resultados de ensayos de laboratorio: resistencia

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Tipo ensayo	Tipo muestra	Humedad de ensayo	Densidad de ensayo	Cohesión	Angulo de rozamiento
-	m	m	-	-	%	T/m ³	Kp/cm ²	°
SR-1	3.00	3.45	CD	R	17.8	1.68	0.0	37
SR-2	12.00	12.45	CD	R	17.7	1.65	0.2	35

Abreviaturas:

CD (corte directo), R (remoldeada)

TABLA 10. Resultados de ensayos de laboratorio: propiedades químicas

Prospección	Cota inicio	Cota fin	Materia orgánica
-	m	m	%
SR-2	18.00	18.45	0.8

Abreviaturas:

NC (no contiene)

TABLA 11. Resultados de ensayos de laboratorio: agresividad del suelo

<i>Prospección</i>	<i>Cota inicio</i>	<i>Cota fin</i>	<i>Sulfatos</i>	<i>Acidez Baumann Gully</i>	<i>Agresividad (EHE Artº 37.3.4)</i>
-	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>mg/Kg</i>	<i>ml/Kg</i>	-
SR-01	3.00	3.45	No contiene	No contiene	Débil
SR-02	6.00	6.45	No contiene	5	Débil

Abreviaturas: NC (no contiene)

Nota sobre agresividad: Según el Artº 37.3.4 de la EHE: "En el caso particular de existencia de sulfatos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la UNE 80303:96, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg, en el caso de suelos".

Baumann-Gully: débil si > 20 mg/Kg

Sulfatos: agresividad débil si > 2000 mg/Kg, media si > 6000 mg/Kg, fuerte si > 12000 mg/Kg

4 Análisis de resultados

4.1 Propiedades geotécnicas del terreno

Los ensayos realizados en la parcela objeto de estudio han permitido diferenciar los siguientes niveles geotécnicos:

I-Relleno

Se han encontrado rellenos antrópicos en el sondeo SR-1 hasta 2.6m y en el sondeo SR-2 hasta 1.0m de profundidad, cotas referenciadas respecto al emboquille de ambos sondeos.

Estos rellenos están formados por unas arenas de color grisáceo con bastantes cantos heterométricos de naturaleza poligénica e indicios de restos de obra (ladrillos, azulejos...) correspondientes a materiales vertidos en la zona.

Este nivel se considera inadecuado como nivel de apoyo de la cimentación debido entre otras causas a su heterogeneidad, escasa resistencia y potencial colapsable.

II-Aluvial: arenas con cantos y gravas

Este nivel ha sido detectado en los puntos de ejecución de los sondeos SR-1 y SR-2 hasta 8.5 m y 6.0 m de profundidad respectivamente. Consiste a techo en unas arenas limosas de color marrón oscuro con cantos heterométricos de naturaleza poligénica. A muro crece el tamaño de grano y su proporción, pasando a gravas de naturaleza metamórfica subredondeada y heterométrica dentro de una matriz arenosa.

Los ensayos SPT realizados han permitido clasificar la compacidad de este nivel como media, con valores de N_{30} entre 10 y 13.

Los ensayos de identificación realizados han permitido clasificar los materiales de este nivel como arenas bien graduadas y arenas limosas (SW-SM y SM) con contenidos medios en las distintas fracciones de: grava = 40%, arena gruesa = 40%, arena fina = 11% y finos (limos y/o arcillas) = 9%.

Dada la naturaleza granular del terreno no ha sido posible obtener muestras inalteradas. Es por ello que el ensayo de corte directo se ha realizado sobre una muestra remoldeada a una densidad seca de $1.7T/m^3$ (valor estimado a partir de los registros SPT), obteniéndose un ángulo de rozamiento interno de 37° y cohesión nula.

Se ha detectado la presencia del nivel freático en los reconocimientos realizados a profundidades de 3.5m en el sondeo SR-1 y a 3.8m en el sondeo SR-2.

III-Arenas

Este nivel ha sido detectado bajo el nivel geotécnico II y hasta la profundidad de finalización del sondeo SR-1 (18m), mientras que en el sondeo SR-2 se han detectado hasta los 16.1m.

Se trata de unas arenas finas con indicios de cantos heterométricos, subredondeados y de naturaleza metamórfica, con vetas de limos de color oscuro con bastante materia orgánica.

Los ensayos SPT realizados han permitido clasificar la compacidad de este nivel como suelta-media, con valores de N_{30} variables entre 5 y 15.

Los ensayos de identificación realizados han permitido clasificar los materiales de este nivel como arenas limosas y arenas mal graduadas, con contenidos medios en las distintas fracciones de: grava = 14%, arena gruesa = 46%, arena fina = 25% y finos (limos y/o arcillas) = 15%.

Al igual que en el nivel anterior, no ha sido posible obtener muestras inalteradas en este terreno. Es por ello que el ensayo de corte directo se ha realizado sobre una muestra remoldeada a una densidad seca de $1.7T/m^3$ (valor estimado a partir de los registros SPT), obteniéndose un ángulo de rozamiento interno de 35° y cohesión aparente de $2 T/m^2$.

III-Limos oscuros con materia orgánica (fangos)

Este material apareció en el sondeo SR-2 a una profundidad de 16.1m hasta el final del reconocimiento (18m), y está formado por limos de color oscuro con bastante materia orgánica (fangos). El golpeo SPT en esta formación fue de 6, lo que revela una consistencia blanda.

5 Carga admisible del terreno

5.1 Selección de los tipos de cimentación

De acuerdo con los resultados obtenidos, se consideran adecuadas dos tipologías de cimentación: cimentación directa por losa suficientemente rígida y cimentación profunda por pilotes. Corresponde al proyectista, en función de las características de la obra, decidir el tipo más adecuado para la misma.

A priori la cimentación por losa deberá tener un canto considerable debido a que el terreno es poco consistente y su coeficiente de balasto es reducido. Esto provocará un incremento en los asientos, ya que a las sobrecargas estructurales habrá que añadir un considerable peso propio; sin embargo al ser el terreno granular, estos asientos se disiparán rápidamente.

La existencia de rellenos antrópicos en el solar hace necesaria la retirada de una capa de al menos 0.5m bajo la losa y sustitución por un terreno granular de características y puesta en obra especiales, que se detallan en el apartado 5.2.6.

En cuanto a la cimentación profunda, ésta será de tipo flotante ya que de acuerdo con la geología de la zona no existe un substrato rígido donde empotrar la punta de los pilotes a una profundidad razonable (podrían sobrepasarse los 100m).

5.2 Cimentación por losa

5.2.1 Hipótesis de cálculo

Las hipótesis para el cálculo de carga admisible, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 12. Hipótesis de cálculo I: cimentación por losa

Tipología de cimentación	-	Losa	
Densidad sumergida del terreno bajo el plano de cimentación*	T/m ³	1.0	
Análisis para carga de hundimiento	-	Largo plazo	
Cohesión efectiva	Kp/cm ²	0	
Angulo de rozamiento	°	35	
Modelo constitutivo para estimación de asientos	-	Elástico – largo plazo	
Asiento admisible	cm	3.5	
Compresibilidad del terreno bajo la cimentación	Potencia	E'	v
-	m	Kp/cm ²	-

TABLA 12. Hipótesis de cálculo I: cimentación por losa

Capa de sustitución + relleno subyacente	2.5	65	0.3
Nivel I: Aluvial	7.5	75	0.3
Nivel II: Arenas	4	75	0.3
Nivel III: Limos blandos	Hasta la profundidad de influencia de la cimentación	50	0.35

(*) A efectos de cálculo se ha considerado el nivel freático a cota de la cimentación, del lado de la seguridad

5.2.2 Carga admisible por hundimiento

De acuerdo con las hipótesis de cálculo adoptadas se ofrece, en la tabla 13, el valor deducido de carga admisible por hundimiento en la cual se ha introducido el coeficiente de forma s_c^a (la aplicación del resto de coeficientes debe realizarse a nivel de Proyecto). La metodología de cálculo se incluye en el Anejo N°6.

TABLA 13. Carga admisible por hundimiento para losa

Ancho de losa	Losa
<i>m</i>	<i>Kp/cm²</i>
10	0.7
15	1.0
20	1.2
25	1.4
30	1.7

5.2.3 Carga admisible por asientos

De acuerdo con las hipótesis de cálculo adoptadas se ofrece, a continuación, la estimación de cargas admisibles por asientos.

TABLA 14. Carga admisible por asientos para losa

Ancho de losa	Losa
<i>m</i>	<i>Kp/cm²</i>
10	1.6

TABLA 14. Carga admisible por asientos para losa

Ancho de losa	Losa
15	1.2
20	1.0
25	0.9
30	0.7

5.2.4 Carga admisible final

Teniendo en cuenta las limitaciones de carga por hundimiento y por asientos se obtiene la carga admisible final recogida en la siguiente tabla.

TABLA 15. Carga admisible final para losa

Ancho de losa	Carga admisible	Criterio
<i>m</i>	<i>Kp/cm²</i>	-
10	0.7	HUNDIMIENTO
15	1.0	HUNDIMIENTO
20	1.0	ASIENTOS
25	0.9	ASIENTOS
30	0.7	ASIENTOS

5.2.5 Coeficiente de balasto

Se propone un coeficiente de balasto para placas de 0.3x0.3 m² de 1 kp/cm³. Para otras dimensiones se indica en el Anejo N^o 6 la metodología de cálculo a seguir.

5.2.6 Características del material de sustitución

En el apartado 5.1. se señala la necesidad de sustituir una capa de al menos 0.5m de rellenos antrópicos por un material de especiales características y puesta en obra. Se trata de una mejora del terreno que evite asientos diferenciales importantes bajo la losa, los cuales podrían llegar a causar sobreesfuerzos que agotarán su resistencia.

Los rellenos antrópicos son por naturaleza heterogéneos (en este caso se trata de restos de materiales de construcción vertidos junto con materiales de la zona) y se desconoce cómo han sido puestos en obra, aunque normalmente suelen verse en espesores considerables, siendo su única compactación la ejecutada por su propio peso y el de los camiones y/o retroexcavadoras al circular por encima.

Sería deseable la retirada del relleno en su totalidad (2.6m medidos en el sondeo SR-1), pero si ésto no resulta posible/conveniente, se pueden sustituir únicamente los 0.5m superiores siempre que, una vez ejecutada la losa, se coloque una sobrecarga sobre la misma cuyo peso sea igual a la carga que en el futuro se pretenda transmitir, sin olvidar los efectos dinámicos. Esta sobrecarga se mantendrá durante al menos 1 mes, plazo en el que se estiman generados los asientos correspondientes.

De acuerdo con la norma tecnológica NTE-Cimentaciones en su artículo ADE-2, el material a emplear en la sustitución de los 0.5m superiores debería cumplir las siguientes especificaciones:

- Carecer de elementos de tamaño superior a 10cm, con un cernido por el tamiz 0.08 UNE inferior al 35% en peso.
- LL<40
- CBR > 5 con hinchamiento <2%
- Materia orgánica (%) <0.2

Las tongadas presentarán un espesor uniforme en toda la anchura a sustituir, cuya dimensión vendrá determinada por el número de pasadas y la maquinaria de compactación a utilizar, tal y como se recoge en la Tabla 1 de la citada Norma en su artículo 1. *Compactación*.

La humedad óptima sería la correspondiente al ensayo Proctor Normal mientras que la densidad seca máxima no será inferior al 100% de dicho ensayo ni por debajo de 1.75 T/m³.

5.3 Cimentación por pilotes

5.3.1 Hipótesis de cálculo

Las hipótesis para el cálculo de carga admisible, tanto por hundimiento como por asientos, se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 16. Hipótesis de cálculo II: cimentación por pilotes

Tipología de cimentación	-	Pilotes
Longitud	m	En función de la carga de proyecto
Terreno de empotramiento de la cimentación	-	Arenas, gravas, limos blandos*
Golpeo SPT representativo	-	Entre 5 y 15
Angulo de rozamiento*	°	30
Resistencia unitaria última por fuste	T/m ²	En función de la profundidad
Resistencia unitaria última por punta	T/m ²	En función de la profundidad

TABLA 16. Hipótesis de cálculo II: cimentación por pilotes

Factor de seguridad	-	3
Método para estimación de asientos	-	Método elástico
Módulo elástico del terreno*	T/m ²	85

*A efectos de cálculo y ante la heterogeneidad del medio, se considera todo el terreno como uno solo de características globales

5.3.2 Selección de la tipología del pilote

Según el procedimiento constructivo, los pilotes podrán ser excavados y ejecutados in situ o pilotes prefabricados e hincados.

En el primer caso (pilotes in situ) deberá tenerse en cuenta la existencia de un nivel de gravas (el nivel I: Aluvial) de unos 7.5m, el cual deberá ser atravesado por la maquinaria, que deberá poseer la suficiente potencia. Así mismo la presencia de un nivel freático elevado (unos 3.5m) y la existencia de material no cohesivo hacen necesario el empleo de camisas durante la excavación y el hormigonado.

En el segundo caso (pilotes hincados) también deberá prestarse atención al nivel de gravas, que si bien han registrado valores SPT muy reducidos, podrían causar puntualmente alguna dificultad a la hinca. La presencia de arenas de granulometrías finas bajo el nivel freático expuestas a acciones dinámicas es así mismo un riesgo ante la posible licuefacción del terreno; este aspecto se estudia en el apartado 5.3.4.

5.3.3 Carga admisible

De acuerdo con la metodología expuesta en el Anejo N°6, se calculan las siguientes cargas de hundimiento:

TABLA 17. Carga admisible por hundimiento para pilotes excavados

Longitud del pilote (m)	Carga admisible final (T)							
	Diámetro del pilote (cm)							
-	30	35	45	55	65	85	100	125
5	9,9	12,8	19,8	28,1	37,9	61,9	83,6	127,1
6	12,7	16,4	24,9	35,2	47,3	76,6	103,1	156,0
7	15,8	20,2	30,5	42,9	57,2	92,1	123,5	186,0
8	19,2	24,4	36,5	51,0	67,8	108,3	144,8	217,1

TABLA 17. Carga admisible por hundimiento para pilotes excavados

Longitud del pilote (m)	Carga admisible final (T)							
	Diámetro del pilote (cm)							
	22,8	28,8	42,9	59,6	78,9	125,3	167,0	249,3
9	22,8	28,8	42,9	59,6	78,9	125,3	167,0	249,3
10	24,7	33,6	49,8	68,8	90,7	143,1	190,1	282,7
11	24,7	33,7	55,7	78,4	103,0	161,7	214,1	317,3
12	24,7	33,7	55,7	83,2	115,9	181,0	239,0	352,9
13	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	264,8	389,8
14	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	427,7
15	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5
Tope estructural (T)	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5

* Se recomienda emplear longitudes (no diámetros) ligeramente superiores a los estrictamente necesarios para hacer frente a un posible rozamiento negativo en los limos-fangos

TABLA 18. Carga admisible por hundimiento para pilotes hincados

Longitud del pilote (m)	Carga admisible final (T)							
	Diámetro del pilote (cm)							
	30	35	45	55	65	85	100	125
-	30	35	45	55	65	85	100	125
5	10,6	13,6	20,8	29,4	39,4	63,8	85,9	130,0
6	13,7	17,5	26,4	37,1	49,4	79,4	106,4	160,1
7	17,1	21,8	32,5	45,3	60,1	95,9	127,9	191,5
8	20,9	26,4	39,2	54,2	71,6	113,3	150,6	224,4
9	24,7	31,4	46,3	63,7	83,7	131,6	174,3	258,6
10	24,7	33,7	53,9	73,8	96,6	150,9	199,2	294,1
11	24,7	33,7	55,7	83,2	110,2	171,1	225,1	331,1

TABLA 18. Carga admisible por hundimiento para pilotes hincados

Longitud del pilote (m)	Carga admisible final (T)							
	Diámetro del pilote (cm)							
12	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	192,2	252,1	369,3
13	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	409,0
14	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5
15	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5
Tope estructural (T)	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5

* Se recomienda emplear longitudes (no diámetros) ligeramente superiores a los estrictamente necesarios para hacer frente a un posible rozamiento negativo en los limos-fangos.

Sombreadas aparecen las cargas correspondientes a las longitudes recomendadas para cada diámetro, que son aquellas a las que se alcanza el tope estructural.

Estas cargas se refieren exclusivamente a la carga vertical admisible a compresión; los valores pueden verse afectados por la combinación de efectos diferentes de los puramente axiales, tales como cargas laterales, etc.

Así mismo, los diámetros son orientativos, correspondiendo a una serie de valores comerciales usualmente utilizados en la práctica, pudiendo ser igualmente válidos otros inferiores o superiores.

Estas cargas admisibles por hundimiento deberán ser verificadas para que no se sobrepase el asiento máximo admisible. Una vez definida la cimentación en proyecto (número de pilotes por grupo, separación, longitud, material de construcción, etc), se calculará dicho asiento según lo especificado en el Anejo N°6, comparándose con el máximo admisible y limitando la carga en caso de excederse el mismo.

5.3.4 Potencial de licuefacción del terreno

La licuefacción sobreviene como resultado de un rápido incremento de la presión intersticial derivado de la acción de un esfuerzo cíclico. La presión del agua que ocupa los poros puede alcanzar un valor tal que anula la presión efectiva del terreno, el cual pasa a comportarse como un fluido.

El riesgo de licuefacción tiene lugar en suelos arenosos bajo el nivel freático y es tanto mayor cuanto más finas y homogéneas son las arenas y menor contenido en partículas de tamaño limo/arcilla presentan. También influye la compacidad de las mismas.

En este caso las arenas detectadas en la zona en estudio presentan contenidos en gravas y finos variables y una compacidad baja-media.

En cualquier caso, debido a que Almuñecar presenta una peligrosidad sísmica elevada (la intensidad local MSK es de VII para un periodo de retorno de 500 años según el Instituto Geográfico Nacional (2003)) se evaluará el riesgo existente a partir del método empírico basado en el SPT que recoge la ROM 0.5-94.

Para ello es necesario determinar el valor del índice SPT corregido, cuyo valor debe ser igual al que se hubiera obtenido si la presión vertical efectiva al nivel del ensayo hubiera sido igual a 1 Kg/cm². Para obtener dicho valor corregido se emplea la siguiente expresión:

$$N_{\text{corregido}} = f N_{\text{SPT}} \quad \text{con } f \text{ procedente del siguiente gráfico:}$$

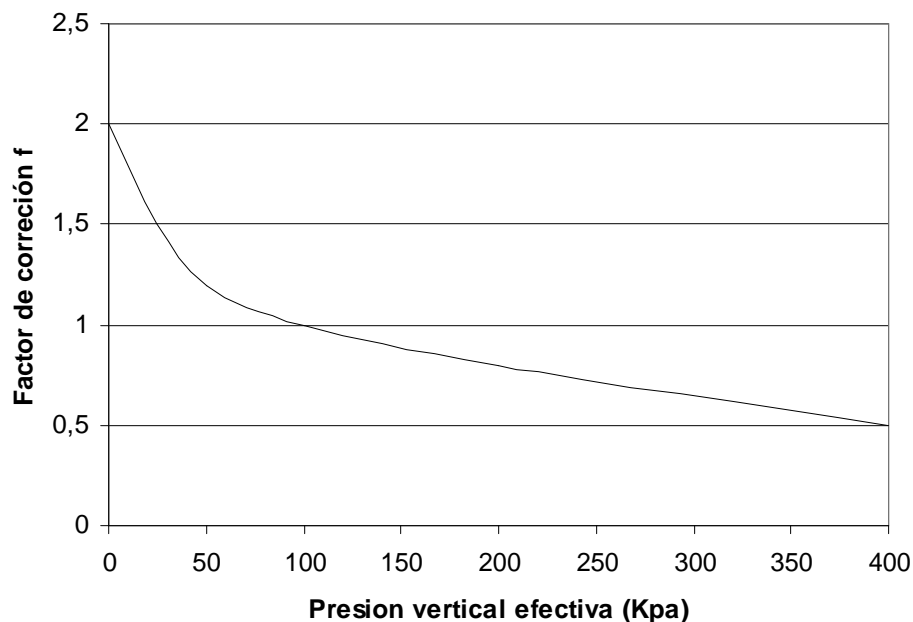


Figura Nº 4.- Factor de corrección f

Esta corrección corresponde a unas arenas situadas a una profundidad de 0 a 5 m, con contenido en finos entre 10 y 20% y nivel freático a menos de 2 m de profundidad. En otras condiciones, el valor del índice SPT corregido será:

- Un 10% menor por cada metro adicional de profundidad del estrato licuable respecto a los 5 m indicados.
- Un 20% mayor cuando el contenido en finos de las arenas sea inferior a 10%.
- Un 5% menor por cada 1% de aumento en el contenido en finos respecto al 20%.
- Un 5% menor por cada metro de profundidad adicional del nivel freático respecto a 2 m.

La licuefacción no se ha observado en depósitos naturales de suelos a profundidades superiores a los 15 m ya que las solicitaciones sísmicas se mantienen en niveles casi constantes o se reducen con la profundidad. Es por ello que no se considerarán en el cálculo los valores obtenidos a partir de esta profundidad.

A continuación se muestran los valores de SPT obtenidos, una vez realizadas todas las correcciones pertinentes:

TABLA 19. Valores SPT normalizados en arenas

<i>Sondeo</i>	<i>Cota inicio</i>	<i>N</i>	<i>N corregido</i>
-	<i>m</i>	-	-
SR-1	1.50	5	8
	3.00	15	24
	6.00	11	11
	9.00	10	6
	12.00	9	2
SR-2	1.00	24	41
	3.00	13	21
	6.00	10	10
	9.00	10	6
	12.00	5	1

Se observa que en los 3 primeros metros no existe riesgo de licuefacción, entre 3 y 6m el riesgo es *moderado*, mientras que por debajo de esta profundidad aumenta hasta llegar a *alto*.

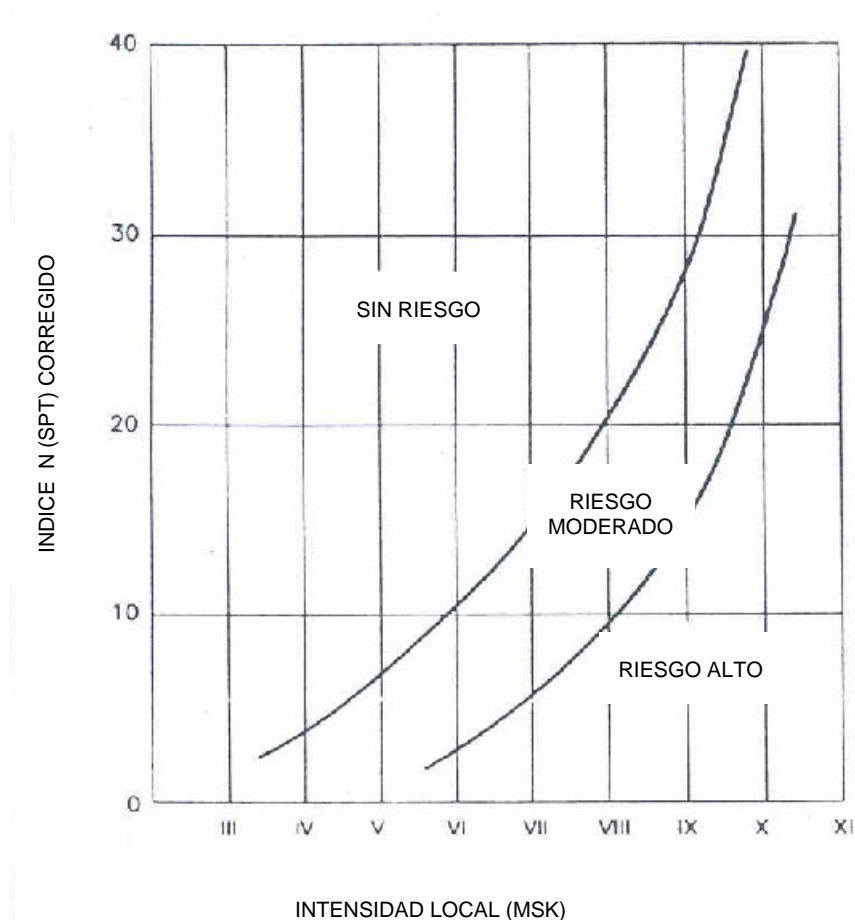


Figura Nº 5.- Calificación del riesgo de licuefacción

A la vista de estos resultados, se recomienda la ejecución de pilotes *por extracción* y que en el dimensionamiento de los mismos se tenga en cuenta la existencia de este riesgo.

6 Referencias

Para la redacción del presente informe se ha recurrido a las siguientes fuentes bibliográficas.

- Burland J B y Wroth C P (1974). Settlement of buildings and associated damage. State-of-the-art review. Proceedings Conference Settlement of Structures. Cambridge, Pentech Press, Londres, pp 661-654.
- Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Ministerio de Fomento (2003). Documento Básico SE-C – Seguridad Estructural, Cimentaciones; Código Técnico de la Edificación, 170pp.
- Dirección General para la Vivienda y Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1988). Norma Básica de la Edificación – Acciones en la Edificación (NBE-AE-88).

- Hansen, B J (1970). A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity. Danish Geotechnical Institute, Bulletin No 28.
- IGME. Hoja 1055 Motril del Mapa Geológico de España. E. 1:50.000.
- Jiménez Salas J A y Justo Alpañes, J L (1975). Geotecnia y Cimientos I : Propiedades de los suelos y de las rocas. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 466 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1981). Geotecnia y Cimientos II: Mecánica del suelo y de las rocas Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Jiménez Salas J A et al (1980). Geotecnia y Cimientos III. Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Editorial Rueda, Alcorcón (Madrid), 1188 pp.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, ROM 02-90, Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias.
- Rodríguez Ortiz, J M , Serra, J, & Oteo, C (1972): Curso aplicado de Cimentaciones. Colegio Oficial de de Arquitectos de Madrid. 4ª edición.
- Sanglerat G (1972). The Penetrometer and Soil Exploration. Amsterdam, Elsevier.
- Schmertman J H y Palacios A (1979). Energy Dynamics of the Standard Penetration Test. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105 GT-8.
- Steinbrenner W (1936). A Rational Method for the Determination of the Vertical Normal Stresses under Foundations. 1^{er} ICOSOMEF, Harvard, 2, 142-143.
- Terzaghi K (1955). Evaluation of coefficients of subgrade reaction. Geotechnique 5, 297.
- Winkler E (1867). Die Lehre von Elastizität und Festigkeit. Praga.

7 Resumen y recomendaciones

7.1 Resumen de los trabajos realizados y de las conclusiones alcanzadas

En el presente estudio geotécnico se han llevado a cabo los trabajos de campo y de laboratorio recogidos en las tablas 1 a 3.

Los resultados de las prospecciones de campo se resumen en las tablas 5 a 7.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se recogen en las tablas 8 a 11.

Los condicionantes sísmicos para proyecto vienen reflejados en la tabla 4.

El terreno presente en la parcela consiste básicamente en un nivel de rellenos antrópicos detectado hasta 2.6m en el sondeo SR-1 y 1m en el sondeo SR-2. A continuación se encuentra un nivel aluvial formado por arenas, cantos y gravas en

proporciones variables con depósitos marinos intercalados, hasta 8.5m en el sondeo SR-1 y 6m en el sondeo SR-2. Por debajo de este material se encuentran arenas de playa hasta la profundidad de finalización del sondeo SR-1 (18m), mientras que en el sondeo SR-2 se han detectado hasta los 16.1m. Y por último, en el sondeo SR-2 hasta el final del reconocimiento (18m) aparecieron limos oscuros con materia orgánica (fangos).

Se ha detectado la presencia del nivel freático en los reconocimientos realizados a profundidades de 3.5m en el sondeo SR-1 y a 3.8m en el sondeo SR-2.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los reconocimientos efectuados, se consideran adecuadas dos tipologías de cimentación: cimentación directa por losa y cimentación profunda por pilotes. Corresponde al proyectista, de acuerdo con las características de la obra, elegir la más adecuada a la misma.

En el caso de cimentación por losa, la existencia de rellenos antrópicos en el solar hace necesaria la retirada de una capa de al menos 0.5m bajo la losa y sustitución por un terreno granular de características y puesta en obra especiales, que se detallan en el apartado 5.2.6.

En cuanto a la cimentación profunda, ésta sería de tipo flotante y se recomienda que sea ejecutada in situ al abrigo de una contención.

La carga admisible para ambos tipos de cimentación viene recogida en las tablas 15 y 17.

De acuerdo con los ensayos realizados, el terreno no es agresivo al hormigón.

7.2 Recomendaciones generales

Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio geotécnico se basan en reconocimientos puntuales en campo y en análisis de laboratorio realizados sobre muestras, también puntuales, extraídas del terreno. De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias, en cuanto a las características geológicas y geotécnicas del terreno, entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.

Por estos motivos, antes de proceder a la realización de la estructura de cimentación un técnico competente deberá comprobar visualmente, o mediante las pruebas que juzgue oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con lo estimado en el presente estudio geotécnico. En particular se deberá comprobar lo siguiente:

- La estratigrafía coincide con la estimada en el presente estudio geotécnico.
- El nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas en dicho estudio.
- La resistencia y humedad del terreno encontrado al nivel de cimentación coinciden con las supuestas en el presente estudio geotécnico.

- No se detectan defectos evidentes tales como cavidades, fallas, galerías, pozos, etc.
- No se detectan corrientes subterráneas que puedan provocar socavación o arrastres.
- El agua y el terreno no son agresivos para los materiales de las zapatas o de la losa, y en caso de que lo sean se cumple lo estipulado al respecto en la normativa vigente.

El presente estudio geotécnico consta de una memoria de 24 páginas y de 6 anejos a la memoria.

En Granada, a 17 de abril de 2006.

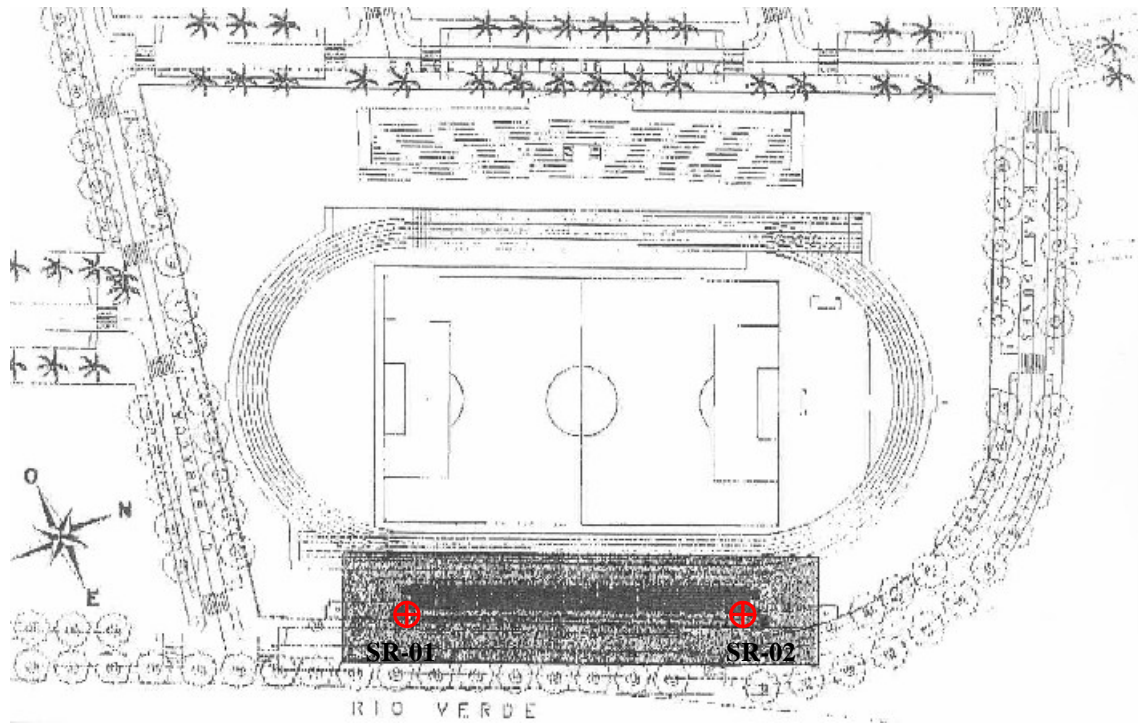
Fdo. María Megía Cardeñoso

Ingeniero de Caminos, C y P

Fdo. María del Mar Sáez Martínez

Licenciada en CC. Geológicas

ANEJO 1. Planta de situación de prospecciones



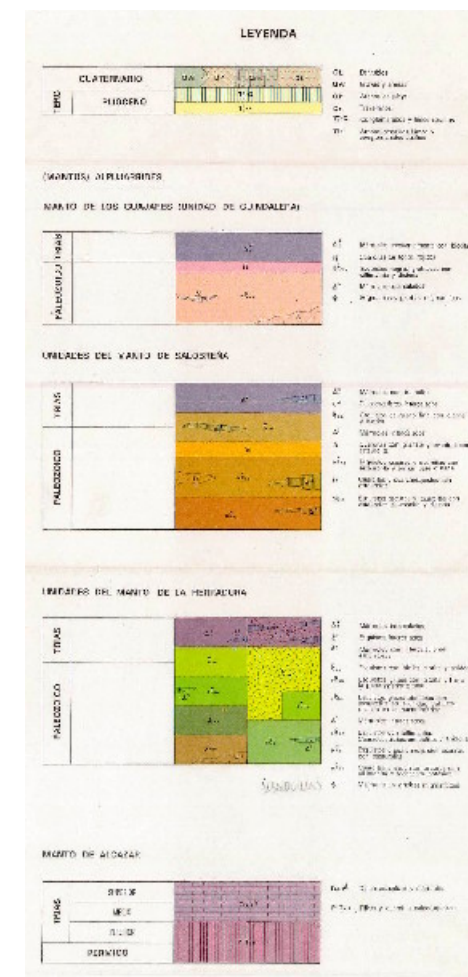
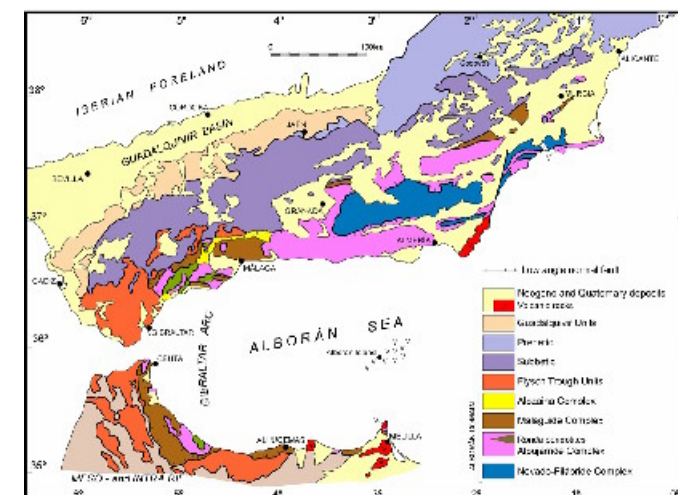
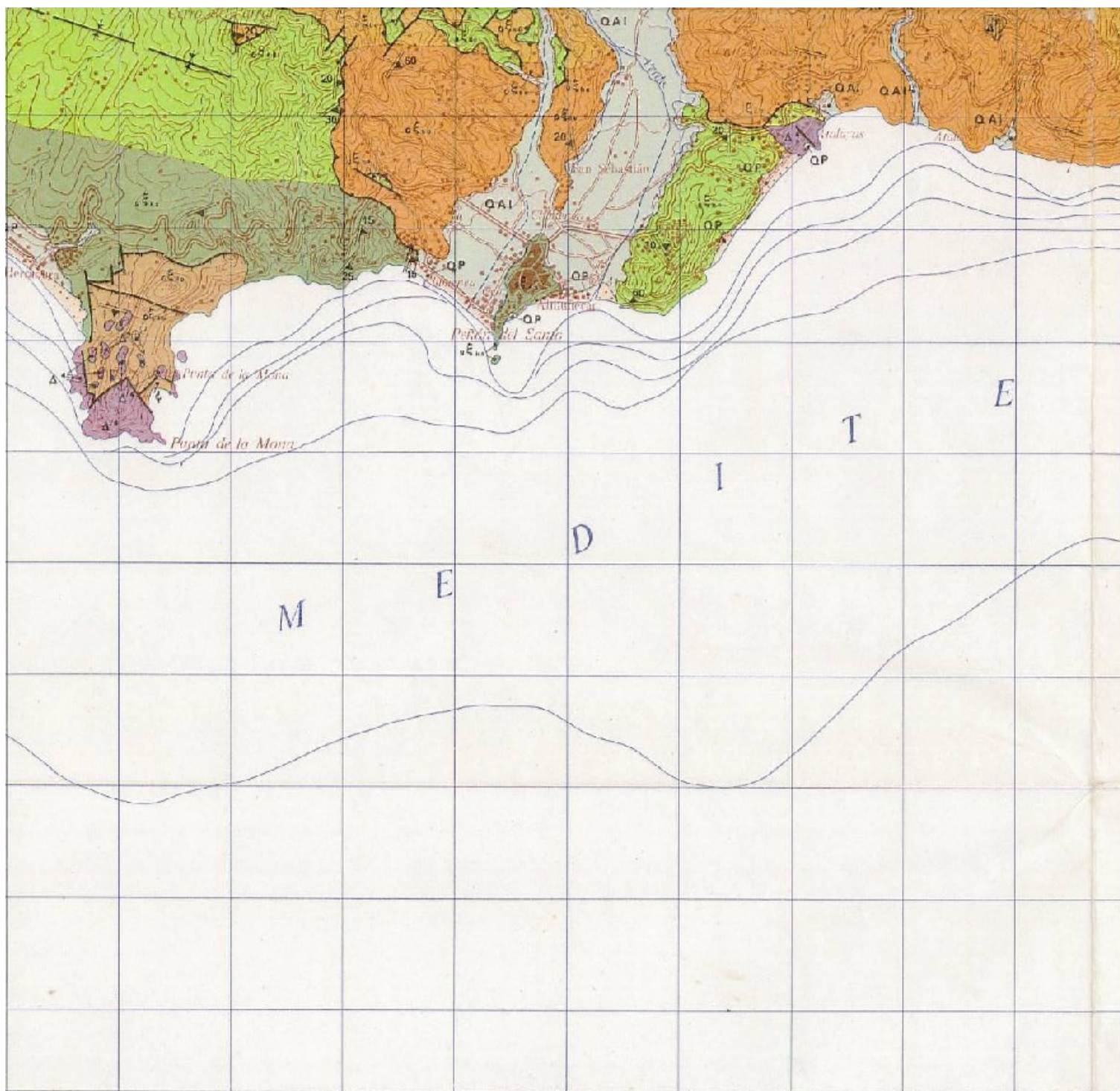
Leyenda



Sondeos a rotación

ANEJO 2. Encuadre geológico

MARCO GEOLÓGICO



ANEJO Nº 2

CONTEXTO GEOLÓGICO, PLANO Y LEYENDA DE LA ZONA EN ESTUDIO
HOJA MAGNA 1055/19-44 MOTRIL
 ESCALA ORIGINAL: 1.50.000



EXPEDIENTE: 2/5863/009
 PETICIONARIO: PROMOTORA SOCIAL CERCADO DE SANTA CRUZ
 OBRA: AMPLIACIÓN DE GRADAS EN CAMPO DE FÚTBOL DE ALMUÑECAR

ANEJO 3. Registro de sondeos a rotación

Hoja de resultados de testificación del sondeo

Cliente: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRU

Trabajo: I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Profundidad: 18,00 m

Fecha: 15/03/2006 (hasta 18,00 m)

Sondeo Nº: 1

Hoja 1 de 2

Profundidad (m)	Nivel Freático	Tipo perforación	Naturaleza del terreno	Corte litológico	Espesor estrato	Recuper. (%)	RQD (%)	Ensayos de campo									
								Tipo	Intervalo Prof. (m)	Resultados							
0,0			Solera de hormigón.		0,10												
0,1			Relleno antrópico. Arenas de color grisáceo con bastantes cantos heterométricos de naturaleza poligénica e indicios de restos de obra (ladrillos, azulejos).		2,50												
1,0																	
2,0																	
2,5								S.P.T.	1,5 - 1,95	3 - 2 - 3 -							
3,0			Arenas limosas de color marrón oscuro con indicios de cantos heterométricos de naturaleza metamórfica.		0,85												
3,5			Aluvial. Gravas de naturaleza metamórfica, de forma subredondeada y heterométrica dentro de una matriz arenosa.		5,05												
4,0																	
5,0																	
6,0																S.P.T.	6 - 6,45
7,0			Arenas de color marrón-grisáceo con algo de cantos subredondeados de naturaleza metamórfica.		1,50												
8,0																	
9,0																S.P.T.	9 - 9,45

M.I.: Muestra inalterada

S.P.T.: Ensayo penetrómetro estándar

T.P.: Testigo parafinado

Hoja de resultados de testificación del sondeo

Cliente: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRU

Trabajo: I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Profundidad: 18,00 m

Fecha: 15/03/2006 (hasta 18,00 m)

Sondeo Nº: 1

Hoja 2 de 2

Profundidad (m)	Nivel Freático	Tipo perforación	Naturaleza del terreno	Corte litológico	Espesor estrato	Recuper. (%)	RQD (%)	Ensayos de campo						
								Tipo	Intervalo Prof. (m)	Resultados				
10,0			Arenas de color marrón-grisáceo con algo de cantos subredondeados de naturaleza metamórfica.		3,50									
11,0														
12,0												S.P.T.	12 - 12,45	4 - 4 - 5 -
13,0			Arenas de playa de color marrón.		4,50									
14,0														
15,0												S.P.T.	15 - 15,45	6 - 6 - 5 -
16,0														
17,0														
18,0								S.P.T.	18 - 18,45	7 - 7 - 8 -				
19,0														

M.I.: Muestra inalterada

S.P.T.: Ensayo penetrómetro estándar

T.P.: Testigo parafinado

Hoja de resultados de testificación del sondeo

Cliente: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRU



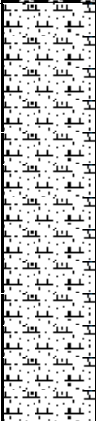

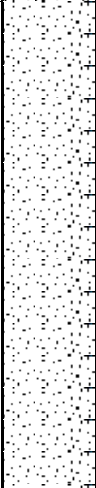
Trabajo: I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Profundidad: 18,00 m

Fecha: 14/03/2006 (hasta 18,00 m)

Sondeo N°: 2

Hoja 1 de 2

Profundidad (m)	Nivel Freático	Tipo perforación	Naturaleza del terreno	Corte litológico	Espesor estrato	Recuper. (%)	RQD (%)	Ensayos de campo		
								Tipo	Intervalo Prof. (m)	Resultados
0,0			Solera de hormigón.		0,25					
			Relleno antrópicos. Arenas de color grisáceo con bastantes cantos heterométricos de naturaleza poligénica.		0,75					
1,0			Arenas limosas de color grisáceo con algo de cantos heterométricos de naturaleza poligénica.		2,60			S.P.T.	1 - 1,45	14 - 12 - 12 -
2,0										
3,0										
3,8			Aluvial. Gravas de naturaleza metamórfica, subredondeada y heterométrica dentro de una matriz arenosa.		2,40					
4,0										
5,0										
6,0			Arenas con indicios de cantos heterométricos, de color marrón con indicios de vetas de limos de color negro con bastante materia orgánica.		4,00			S.P.T.	6 - 6,45	3 - 5 - 5 -
7,0										
8,0										
9,0								S.P.T.	9 - 9,45	4 - 5 - 5 -

M.I.: Muestra inalterada

S.P.T.: Ensayo penetrómetro estándar

T.P.: Testigo parafinado

Hoja de resultados de testificación del sondeo

Cliente: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRU

Trabajo: I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Profundidad: 18,00 m

Fecha: 14/03/2006 (hasta 18,00 m)

Sondeo N°: 2

Hoja 2 de 2

Profundidad (m)	Nivel Freático	Tipo perforación	Naturaleza del terreno	Corte litológico	Espesor estrato	Recuper. (%)	RQD (%)	Ensayos de campo		
								Tipo	Intervalo Prof. (m)	Resultados
10,0			Arenas con indicios de cantos heterométricos, de color marrón con indicios de vetas de limos de color negro con bastante materia orgánica.		2,50					
11,0										
12,0								S.P.T.	12 - 12,45	2 - 2 - 3 -
13,0			Arenas de playa de color marrón.		3,60					
14,0										
15,0								S.P.T.	15 - 15,45	3 - 3 - 4 -
16,0										
17,0			Limos de color oscuro con bastante materia orgánica.		1,90					
18,0								S.P.T.	18 - 18,45	2 - 3 - 3 -
19,0										

M.I.: Muestra inalterada

S.P.T.: Ensayo penetrómetro estándar

T.P.: Testigo parafinado

ANEJO 4. Fotografías de testigos de sondeos a rotación



SONDEO SR-1 CAJA 1



SONDEO SR-1 CAJA 2



SONDEO SR-1 CAJA 3



SONDEO SR-1 CAJA 4



SONDEO SR-1 CAJA 5



SONDEO SR-1 CAJA 6



SONDEO SR-2 CAJA 1



SONDEO SR-2 CAJA 2



SONDEO SR-2 CAJA 2



SONDEO SR-2 CAJA 3



SONDEO SR-2 CAJA 4



SONDEO SR-2 CAJA 5

ANEJO 5. Actas de ensayos de laboratorio

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA
A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº DE
INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo: 2-5863-009-001
Peticionario:
Contratista:
Dirección Técnica:

Obra: 2/60 I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Informe de Identificación

Material:

Referencia 2522613
Descripción Gravas limosas.
Procedencia SPT-1 PRF.3.00-3.45

Clasificación :

Unified GW-GM
H.R.B. A-1-a
Indice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg): NO PLASTICO

Límite líquido :

Límite plástico :

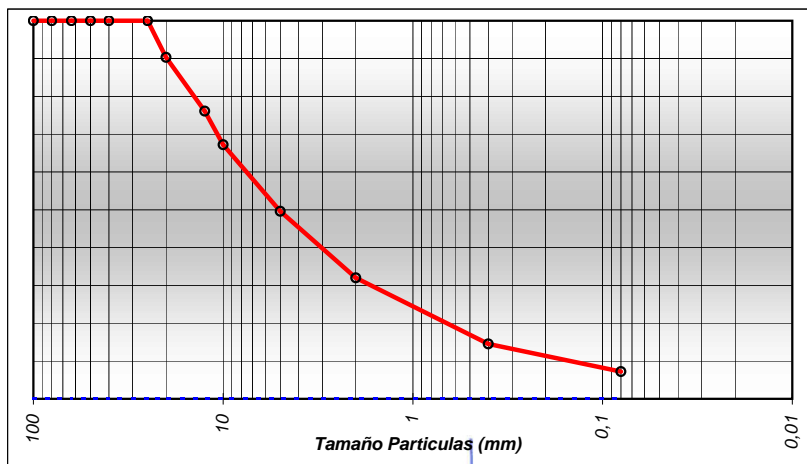
Indice de plasticidad :

Analisis Químico

Sulfatos (% SO₃) No contiene
Materia Orgánica (% MO)

Analisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,3	76,1	67,2	49,6	32,0	14,5	7,2



(Firma)

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

(Firma)

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

(Firma)

Fdo: Inmaculada Ariza Camacho
Responsable de ensayo físicos
I.C.C.P

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

Trabajo: 4-5863-009-001
 Peticionario: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Contratista: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Dirección Técnica:
 Obra: **AMPLIACION GRADAS DE FUTBOL, ALMUÑECAR**

Informe de Identificación

Material:

Referencia 60818
 Descripción
 Procedencia SR-1 9-9.45

Arenas limosas.

Clasificación :

Unified SM
 H.R.B. A-1-b
 Índice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

NO PLASTICO

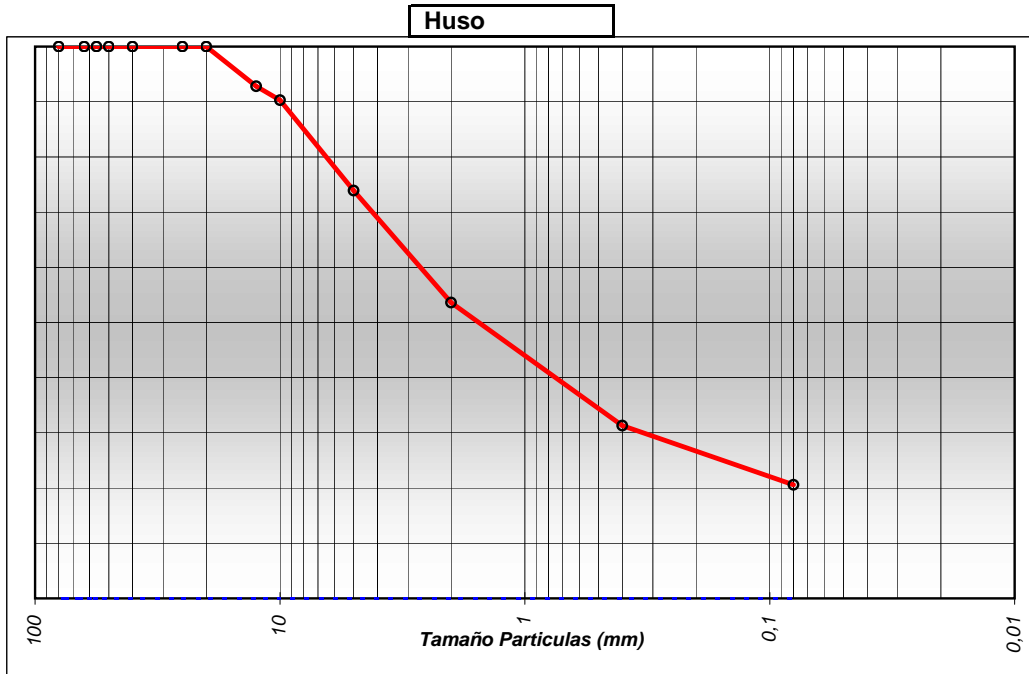
Límite líquido : Límite plástico : Índice de plasticidad :

Analisis Químico

Sales solubles (%)
 Materia Orgánica (% MO)

Analisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,8	90,3	73,9	53,6	31,3	20,6



Fdo: Antonio Martos López
 Ldo. Ciencias Químicas
 Director Técnico/Responsable ensayos químicos

31/03/2006

Fdo: Eduardo Ortiz Molero
 Ldo. Ciencias Geológicas
 Responsable ensayos físicos

Laboratorio acreditado para la realización de ensayos de control de calidad de la construcción. **Nº RLEA : LEO19-GR04.** Consejería de OO PP y TT, Junta de Andalucía. BOJA Nº 17, 26/01/05, en las siguientes **AREAS DE ACREDITACIÓN :**
EHC: << Área de control del hormigón y sus componentes>> **VSG:** <<Área de suelos,áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales.>>
VSF: <<Área de control de firmes flexibles y bituminosos en viales.>> **AFC:** <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas>>
AFH:<<Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormuqón>> **AMC:** << Área de control de morteros para albañilería.>>
CEMOSA. Cra de Córdoba, km 429. 18230 Atarfe (Granada) 958 436762 **e-mail:** laboratorio.granada@cemosa.es

Trabajo: 4-5863-009-001
 Peticionario: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Contratista: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Dirección Técnica:
 Obra: **AMPLIACION GRADAS DE FUTBOL, ALMUÑECAR**

Informe de Identificación

Material:

Referencia 60819
 Descripción
 Procedencia **SR-1 15-15.45**

Arenas limosas.

Clasificación :

Unified SM
 H.R.B. A-1-b
 Índice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

NO PLASTICO

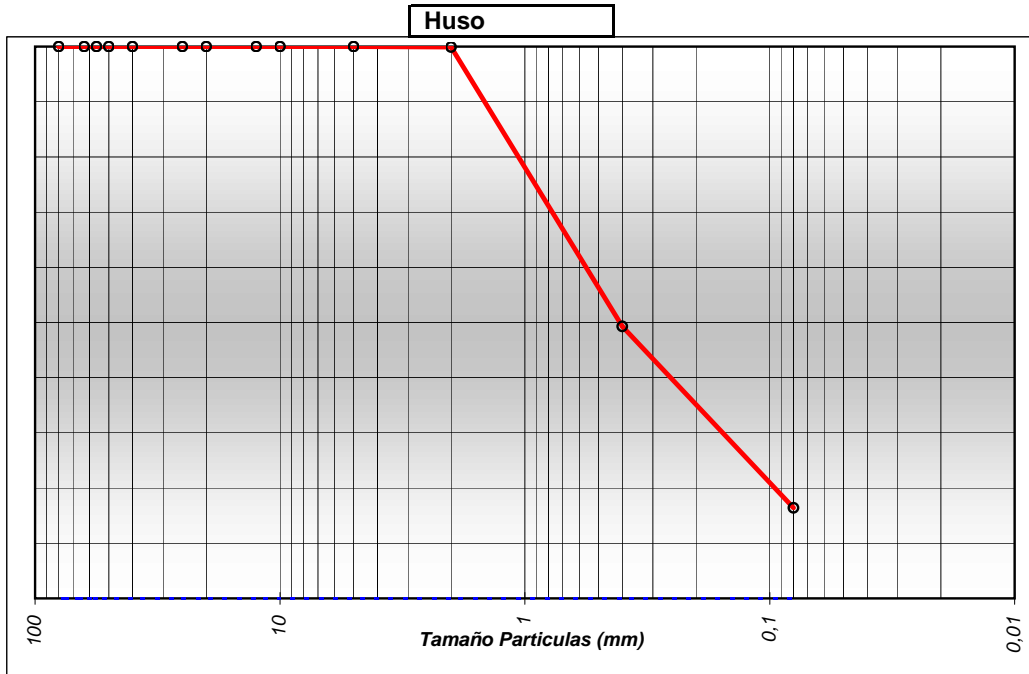
Límite líquido : **Límite plástico :** **Índice de plasticidad :**

Analisis Químico

Sales solubles (%)
 Materia Orgánica (% MO)

Analisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	49,3	16,4



Fdo: Antonio Martos López
 Ldo. Ciencias Químicas
 Director Técnico/Responsable ensayos químicos

31/03/2006

Fdo: Eduardo Ortiz Molero
 Ldo. Ciencias Geológicas
 Responsable ensayos físicos

Laboratorio acreditado para la realización de ensayos de control de calidad de la construcción. **Nº RLEA : LEO19-GR04.** Consejería de OO PP y TT, Junta de Andalucía. BOJA Nº 17, 26/01/05, en las siguientes **AREAS DE ACREDITACIÓN :**
EHC: << Área de control del hormigón y sus componentes>> **VSG:** <<Área de suelos,áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales.>>
VSF: <<Área de control de firmes flexibles y bituminosos en viales.>> **AFC:** <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas>>
AFH:<<Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormuqón>> **AMC:** << Área de control de morteros para albañilería.>>
CEMOSA. Cra de Córdoba, km 429. 18230 Atarfe (Granada) 958 436762 **e-mail:** laboratorio.granada@cemosa.es

Trabajo: 4-5863-009-001
 Peticionario: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Contratista: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Dirección Técnica:
 Obra: **AMPLIACION GRADAS DE FUTBOL, ALMUÑECAR**

Informe de Identificación

Material:

Referencia 60820
 Descripción
 Procedencia SR-2 6-6.45

Arenas limosas.

Clasificación :

Unified SW-SM
 H.R.B. A-1-b
 Índice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

NO PLASTICO

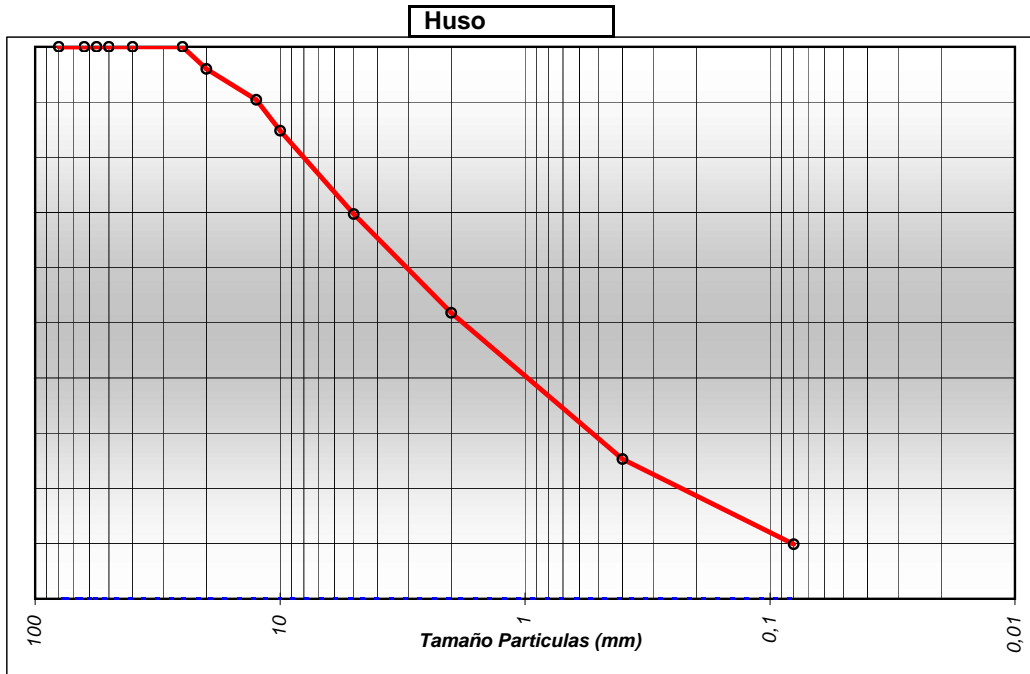
Límite líquido : Límite plástico : Índice de plasticidad :

Análisis Químico

Sulfatos Solubles (%) **No contiene** Acidez Bauman-Gully **5 ml/kg**
 Materia Orgánica (% MO)

Análisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,0	90,4	84,8	69,7	51,8	25,3	9,9



Fdo: Antonio Martos López
 Ldo. Ciencias Químicas
 Director Técnico/Responsable ensayos químicos

31/03/2006

Fdo: Eduardo Ortiz Molero
 Ldo. Ciencias Geológicas
 Responsable ensayos físicos

Laboratorio acreditado para la realización de ensayos de control de calidad de la construcción. **Nº RLEA : LEO19-GR04.** Consejería de OO PP y TT, Junta de Andalucía. BOJA Nº 17, 26/01/05, en las siguientes **AREAS DE ACREDITACIÓN :**
EHC: << Área de control del hormigón y sus componentes>> **VSG:** <<Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales.>>
VSF: <<Área de control de firmes flexibles y bituminosos en viales.>> **AFC:** <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas>>
AFH: <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón>> **AMC:** << Área de control de morteros para albañilería.>>
CEMOSA. Cra de Córdoba, km 429. 18230 Atarfe (Granada) 958 436762 **e-mail:** laboratorio.granada@cemosa.es

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA TECNICA
A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº DE
INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo: 2-5863-009-001
Peticionario:
Contratista:
Dirección Técnica:

Obra: 2/60 I.G. AMPLIACION DE GRADAS EN CAMPO DE FUTBOL DE ALMUÑECAR.

Informe de Identificación

Material:

Referencia 2522614
Descripción Arenas limosas.
Procedencia SPT-2 PRF.12.00-12.45

Clasificación :

Unified SP-SM
H.R.B. A-1-b
Indice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg): NO PLASTICO

Límite líquido :

Límite plástico :

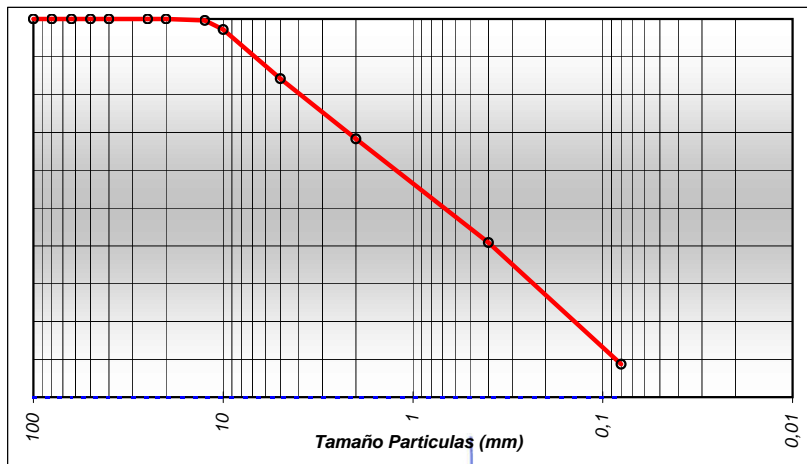
Indice de plasticidad :

Analisis Químico

Sulfatos (% SO₃)
Materia Orgánica (% MO)

Analisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	97,2	84,2	68,3	40,9	8,7



(Firma manuscrita)

Fdo: Elena Frade Viano
Director Técnico
Licenciada en Ciencias Químicas

(Firma manuscrita)

Fdo: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Licenciada en Ciencias Químicas

(Firma manuscrita)

Fdo: Inmaculada Ariza Camacho
Responsable de ensayo físicos
I.C.C.P

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

Trabajo: 4-5863-009-001
 Peticionario: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Contratista: PROMOT. SOCIAL CERCADO DE STA. CRUZ
 Dirección Técnica:
 Obra: **AMPLIACION GRADAS DE FUTBOL, ALMUÑECAR**

Informe de Identificación

Material:

Referencia 60821
 Descripción
 Procedencia SR-2 18-18.45

Limos poco plásticos.

Clasificación :

Unified ML
 H.R.B. A-4
 Índice de Grupo 0

Plasticidad (Límites de Atterberg):

NO PLASTICO

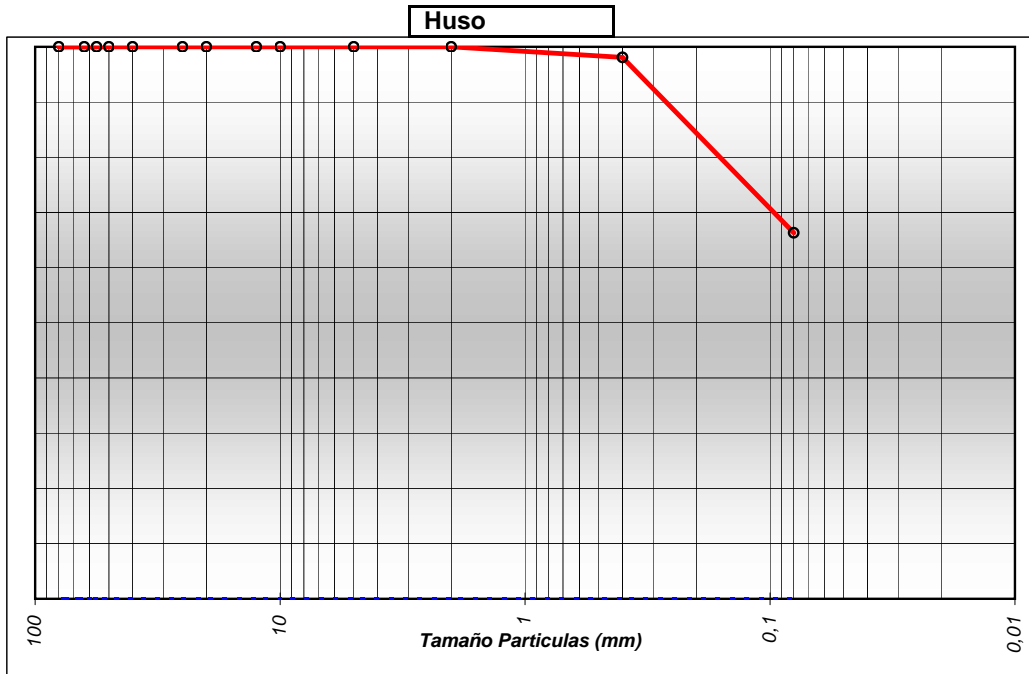
Límite líquido : Límite plástico : Índice de plasticidad :

Analisis Químico

Sales solubles (%)
 Materia Orgánica (% MO) **0,8**

Analisis Granulométrico

TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	0,4	0,08
% PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	66,3



Fdo: Antonio Martos López
 Ldo. Ciencias Químicas
 Director Técnico/Responsable ensayos químicos

31/03/2006

Fdo: Eduardo Ortiz Molero
 Ldo. Ciencias Geológicas
 Responsable ensayos físicos

Laboratorio acreditado para la realización de ensayos de control de calidad de la construcción. **Nº RLEA : LEO19-GR04.** Consejería de OO PP y TT, Junta de Andalucía. BOJA Nº 17, 26/01/05, en las siguientes **AREAS DE ACREDITACIÓN :**
EHC: << Área de control del hormigón y sus componentes>> **VSG:** <<Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales.>>
VSF: <<Área de control de firmes flexibles y bituminosos en viales.>> **AFC:** <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas>>
AFH: <<Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón>> **AMC:** << Área de control de morteros para albañilería.>>
CEMOSA. Cra de Córdoba, km 429. 18230 Atarfe (Granada) 958 436762 **e-mail:** laboratorio.granada@cemosa.es

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89 Nº DE
INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

EXPEDIENTE : **2/5863/009/001**
OBRA : **I.G.AMPLIACIÓN DE GRADAS EN CAMPO DE FÚTBOL DE ALMUÑECAR**
PETICIONARIO : **PROM.S.DEL CERCADO DE STA. CRUZ, S.L.**
CONTRATISTA :
D.TECNICA :

DETERMINACION DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD EN SUELOS
(UNE 103 300 Y UNE 103 301)

R/L	S/ REFERENCIA	DENSIDAD g/cc	HUMEDAD %
2522613	SPT-1 PRF. 3,00-3,45		6,4
2522614	SPT-2 PRF. 12,00-12,45		17,5

Málaga, 7 de abril de 2006



Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Ldo. Ciencias Químicas



Fdo: Inmaculada Ariza Camacho
Responsable ensayos físicos
I.C.C.P.

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero **EHC:** Área de control del hormigón y componentes **GTC:** Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos **GTL:** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia **VSG:** Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales **VSF:** Área de control de firmes y bituminosos en viales **EAP:** Área de control de perfiles de acero para estructuras **EAS:** Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero **AFC:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas **AFH:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón **ACH:** Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón **APH:** Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón **AMC:** Área de control de morteros para albañilería

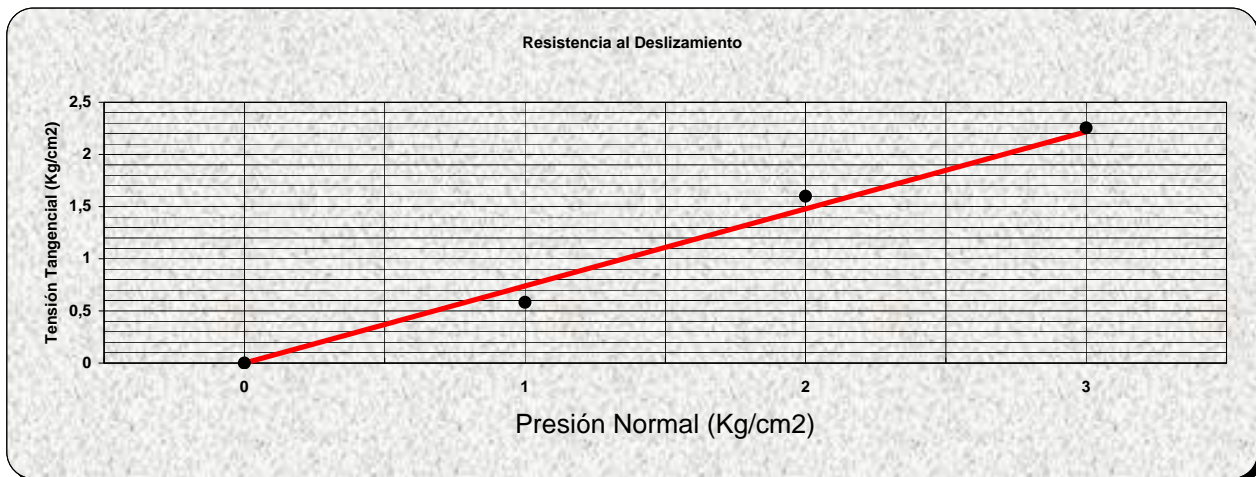
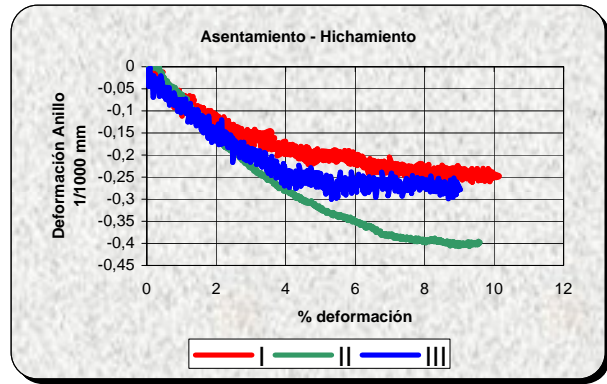
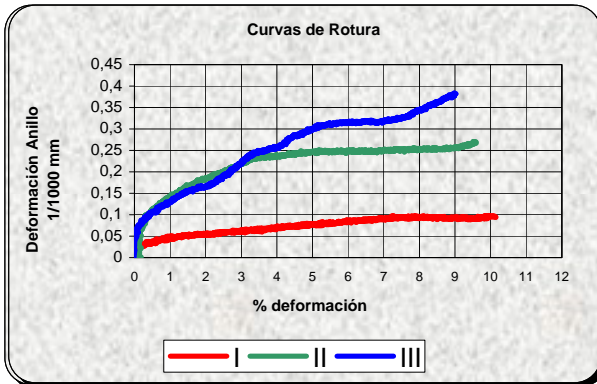
ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 2/5863/009/001
Peticionario : PROM.S.DEL CERCADO DE STA. CRUZ, S.L.
Obra : I.G.AMPLIACIÓN DE GRADAS EN CAMPO DE FÚTBOL DE ALMUÑECAR
Ref. Muestra: SPT-1 PRF. 3,00-3,45

Ensayo de Corte Directo (UNE 103 401:98)

Probeta Nº	I	II	III	Datos de Ensayo	
Tensión tang. (Kg/cm2)	0,58	1,60	2,25	Estado Muestra :	REMOLDEADA
Humedad Inicial (%)	6,33	6,33	6,33	Naturaleza del Suelo :	
Humedad Final (%)	18,74	17,81	17,81	Caja :	CILINDRICA
Densidad (gr/cm3)	1,69	1,68	1,68	Tipo :	CYD



Angulo de Rozamiento =	36,5	°
Cohesión =	0,00	Kg/cm2

Fdo: Elena Frade Viano
Director técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo: Inmaculada Ariza Camacho
Responsable ensayos físicos
I.C.C.P.

ÁREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero EHC: Área de control del hormigón y componentes GTC: Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos GTL: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia VSG: Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales VSF: Área de control de firmes y bituminosos en viales EAP: Área de control de perfiles de acero para estructuras EAS: Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero AFC: Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas AFH: Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón ACH: Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón APH: Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón AMC: Área de control de morteros para albañilería

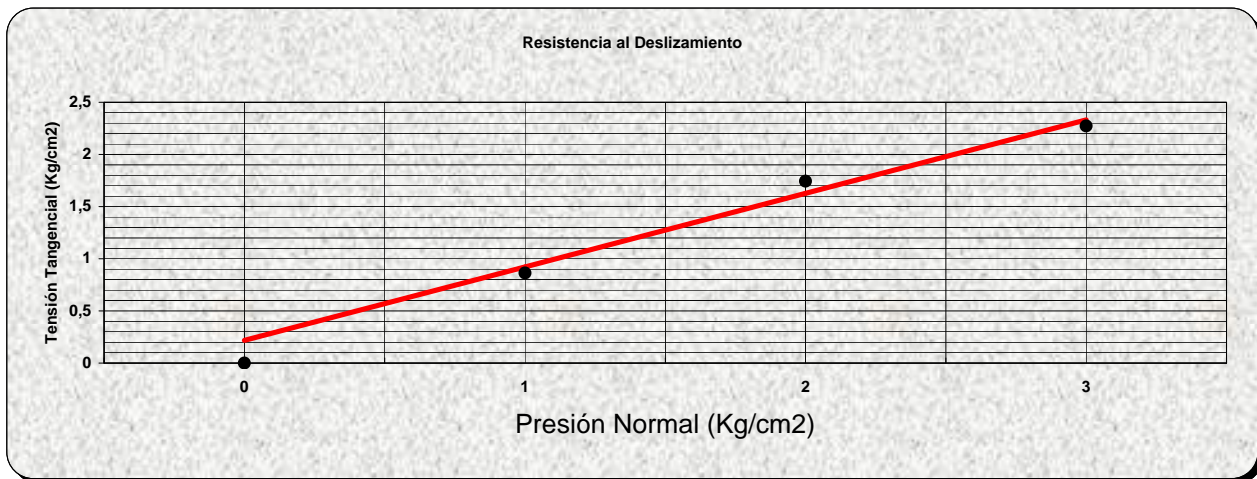
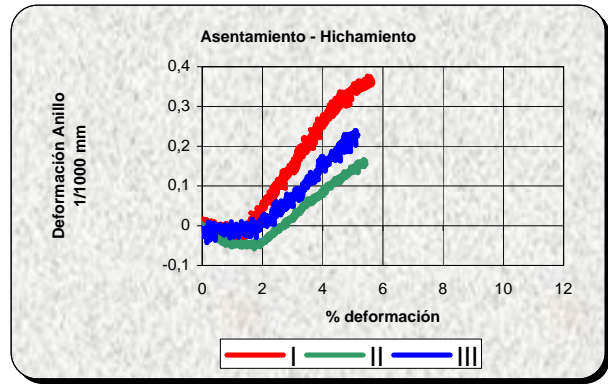
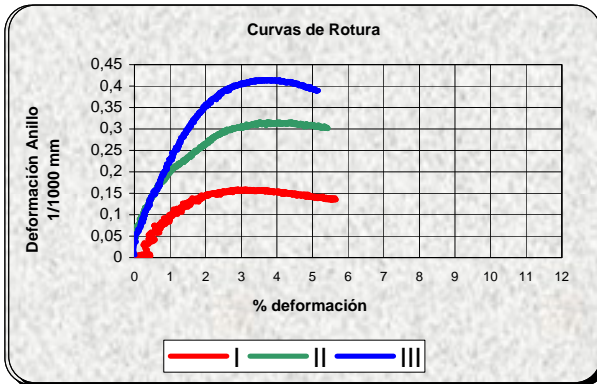
ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
 TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
 Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
 Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
 FAX 952 23 12 14
 URL: www.cemosa.es
 E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Trabajo : 2/5863/009/001
 Peticionario : PROM.S.DEL CERCADO DE STA. CRUZ, S.L.
 Obra : I.G.AMPLIACIÓN DE GRADAS EN CAMPO DE FÚTBOL DE ALMUÑECAR
 Ref. Muestra: SPT-2 PRF. 12,00-12,45

Ensayo de Corte Directo (UNE 103 401:98)

Probeta N°	I	II	III	Datos de Ensayo	
Tensión tang. (Kg/cm2)	0,86	1,74	2,27	Estado Muestra :	<i>REMOLDEADA</i>
Humedad Inicial (%)	17,13	17,13	17,13	Naturaleza del Suelo :	
Humedad Final (%)	18,10	17,70	17,67	Caja :	<i>CILINDRICA</i>
Densidad (gr/cm3)	1,65	1,65	1,66	Tipo :	<i>CYD</i>



Angulo de Rozamiento =	35,2	°
Cohesión =	0,22	Kg/cm2

Fdo: Elena Frade Viano
 Director técnico laboratorio
 Lda. Ciencias Químicas

Fdo: Inmaculada Ariza Camacho
 Responsable ensayos físicos
 I.C.C.P.

AREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero **EHC:** Área de control del hormigón y componentes **GTC:** Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos **GTL:** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia **VSG:** Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales **VSF:** Área de control de firmes y bituminosos en viales **EAP:** Área de control de perfiles de acero para estructuras **EAS:** Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero **AFC:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas **AFH:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón **ACH:** Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón **APH:** Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón **AMC:** Área de control de morteros para albañilería

ENTIDAD ACREDITADA PARA LA PRESTACION DE ASISTENCIA
TECNICA A LA CONSTRUCCION Y OBRA PUBLICA RD. 1230/89
Nº DE INSCRIPCION DEL R.E.A. LE025-MA05 BOJA 24/02/05

C/ BENAQUE Nº 9 29004 MALAGA
Tel. 952 23 08 42 (6 Líneas)
FAX 952 23 12 14
URL: www.cemosa.es
E-Mail: laboratorio@cemosa.es

Agresividad del suelo frente al hormigón. EHE.

NORMA DE ENSAYO EHE ANEJO 5

Expediente: 2/5863/009/001	Peticionario: PROM.S.DEL CERCADO DE STA. CRUZ, S.L.
Obra: I.G.AMPLIACIÓN DE GRADAS EN CAMPO DE FÚTBOL DE ALMUÑECAR	
Contratista:	
Dirección técnica:	

INFORME DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DEL SUELO

1: INFORMACIÓN GENERAL

Nº de la muestra del suelo: SPT-1 PRF. 3.00-3.45

Tipo de suelo:

Denominación del suelo:

Puntos de recogida (perforación, calicata de ensayo...):

Profundidad de extracción (m):

Hora del día:

Día del muestreo:

2: INFORMACIÓN ADICIONAL.

Descripción de las condiciones locales(área residual, zona industrial, zona de descarga, inclinación, tierra cultivable, bosque):

Lugar y fecha de muestreo:

Tomamuestras:

3: ANÁLISIS DEL SUELO

4: GRADO DE AGRESIVIDAD

Parámetro comprobado	Resultado ensayo (ml/kg)	Débil	Medio	Fuerte
Acidez Baumann-Gully	N.C.	>20		
Contenido en sulfato Mg / Kg Muestra	N.C.	2000 a 6000	6000 a 12000	>12000

5: EVALUACIÓN

El suelo es de agresividad débil/media/fuerte para el hormigón	Débil		El suelo no es agresivo para el hormigón	X
	Media			
	Fuerte			
Lugar y día del análisis: 04/04/06	Analista: Ro	Laboratorio: CEMOSA		

Observaciones: Art. 37.3.4. EHE: El cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos siempre que su contenido sea igual o mayor que 3000 mg/kg en el caso de suelos

Fdo.: Elena Frade Viano
Director Técnico laboratorio
Lda. Ciencias Químicas

Fdo.: Victoria Almadana Abón
Responsable de ensayos químicos
Lda. Ciencias Químicas

Página 1 de 1

ÁREAS DE ACREDITACION

EHA: Área de control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero **EHC:** Área de control del hormigón y componentes **GTC:** Área de sondeos, toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos **GTL:** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia **VSG:** Área de suelos, áridos mezclas bituminosas y materiales constituyentes en viales **VSF:** Área de control de firmes y bituminosos en viales **EAP:** Área de control de perfiles de acero para estructuras **EAS:** Área de control de la soldadura de perfiles estructurales de acero **AFC:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas cerámicas **AFH:** Área de control de los materiales de fábricas de piezas de hormigón **ACH:** Área de control de los materiales de cubiertas de piezas de hormigón **APH:** Área de control de los materiales de pavimentos de piezas de hormigón **AMC:** Área de control de morteros para albañilería

ANEJO 6. Metodología de cálculo

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PRESIÓN ADMISIBLE PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Concepto de presión de hundimiento

Se define la presión de hundimiento de una cimentación como aquella que provoca la rotura del terreno de apoyo.

Aunque se han descrito diversos mecanismos del hundimiento de cimentaciones gran parte de las teorías existentes parten del modelo estudiado por Prandtl (1920) en el cual se considera al suelo como un medio perfectamente plástico. En la siguiente figura se reproduce la rotura de un suelo, sobre el cual se apoya una cimentación, y se puede observar la formación de posibles líneas de fractura en el terreno.

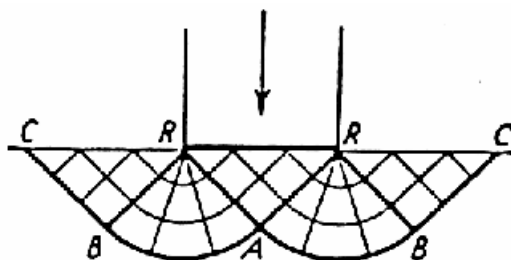


Figura Nº 6.- Mecanismo de rotura por hundimiento de una cimentación en medio plástico (Prandtl 1920)

Concepto de presión admisible frente al hundimiento

Se define la presión admisible frente al hundimiento como aquella que mantiene un nivel de seguridad adecuado frente a la rotura del terreno. Se obtiene la presión admisible frente al hundimiento al dividir la presión de hundimiento por un coeficiente de seguridad. Dicho coeficiente depende de diversos factores como el grado de conocimiento de la geología local, la calidad alcanzada en la parametrización de materiales y la precisión de los métodos de cálculo utilizados. Sin embargo, es una práctica habitual considerar un coeficiente de seguridad frente al hundimiento de tres.

Concepto de presión admisible por asientos

La carga que transmite la estructura a la cimentación genera un campo de deformaciones en el terreno lo cual supone un asiento o descenso vertical de la propia cimentación y de la estructura soportada.

Se define la presión admisible por asientos como aquella que genera deformaciones en el terreno que pueden ser asumidas por la estructura. Lógicamente, la primera cuestión a resolver es cuál es el asiento que pueden soportar las estructuras a cimentar.

A título orientativo la norma NBE-AE-88 fija los asientos admisibles según se indica en la siguiente tabla.

TABLA 20. Asientos generales admisibles según NBE-AE-88

<i>Características del edificio</i>	<i>Asiento general máximo (mm)</i>	
	<i>Terrenos sin cohesión</i>	<i>Terrenos cohesivos</i>
Obras de carácter monumental	12	25
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez	35	50
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez		
Estructuras metálicas hiperestáticas	50	75
Edificios con muros de fábrica		
Estructuras metálicas isostáticas		
Estructuras de madera	50 *	75 *
Estructuras provisionales		

(*) : comprobando que no se produce desorganización en la estructura ni en los cerramientos

Por otra parte, los daños en la estructura están asociados a los asientos diferenciales entre los distintos apoyos. Los criterios más habituales de limitación de asientos diferenciales se recogen en la siguiente tabla.

TABLA 21. Asientos admisibles en función de la distorsión angular

<i>Características del edificio</i>	<i>Distorsión angular β *</i>
Límite de seguridad frente a la fisuración	1 / 500
Aparición de fisuras en muros y tabiques	1 / 300
Fisuras y daños en elementos estructurales	1 / 150

(*) : diferencia de asientos entre dos puntos dividida por la distancia en planta entre dichos puntos

Para realizar un estudio más profundo de los asientos admisibles puede consultarse la propuesta realizada por Burland y Wroth (1974).

Una vez que se defina en Proyecto la tipología de las estructuras será necesario que se establezcan los asientos que admite cada una de las estructuras contempladas. En el presente Estudio Geotécnico se ofrece una metodología de cálculo para la determinación del asiento de las cimentaciones de tal modo que pueda posteriormente comprobarse que generan deformaciones admisibles para la estructura.

Concepto de presión admisible

Se define la presión admisible como aquélla que cumple el criterio de seguridad frente al hundimiento y que no genera asientos inadmisibles. En definitiva, la presión admisible de la cimentación es el menor valor de entre la presión admisible frente al hundimiento y la presión admisible por asientos.

Efectos de la carga transmitida sobre el terreno: respuesta a corto y largo plazo

Supóngase, por simplicidad, que la cimentación transmite repentinamente una determinada presión sobre el terreno y que éste se encuentra saturado (por ejemplo, porque el nivel freático se encuentra en superficie). Inicialmente, la totalidad de la presión aplicada es transmitida al agua de los poros del suelo; se genera, de este modo, lo que se denomina un exceso de presión intersticial o presión neutra (u_e).

Inmediatamente después de la aplicación de la carga se inicia un proceso de consolidación consistente en la disipación paulatina de presiones neutras en exceso y la generación consecuente de presiones efectivas en el esqueleto de partículas sólidas del suelo. La disipación de presiones neutras en exceso se debe a la filtración de agua, que es expulsada parcialmente de la zona cargada del suelo. Este proceso de expulsión de agua tiene dos efectos simultáneos: la generación de asientos y el aumento de la resistencia al corte del terreno.

El proceso de consolidación descrito arranca con un ritmo considerable para ir atenuándose poco a poco con el paso del tiempo; la velocidad con que se lleva a cabo depende fundamentalmente de la permeabilidad del suelo y de su compresibilidad. A medida que se aplican cargas sucesivas (colocación de la zapata, construcción de la estructura, cargas de servicio, etc) se generan nuevos procesos de consolidación que se van superponiendo unos a otros y, en definitiva, se van generando asientos y el terreno va mejorando sus propiedades resistentes.

Resulta extremadamente difícil reproducir dichos procesos mediante modelos de cálculo analíticos sencillos. Por este motivo es tradicional obtener la presión admisible por hundimiento mediante dos teorías distintas, una de ellas se aplica a suelos cohesivos (limos y arcillas) y otra a suelos granulares (arenas y gravas).

En el caso de terrenos cohesivos el coeficiente de permeabilidad del terreno es bajo y, por lo tanto, el proceso de consolidación tiene lugar en largos periodos de tiempo que, en general, son muy superiores al tiempo de ejecución de la obra y puesta en carga de la cimentación. De este modo, dado que el terreno no va a tener tiempo para consolidar, resulta conveniente asegurarse de que el suelo tiene, antes de colocar la cimentación, la resistencia necesaria para recibir la carga de la cimentación sin romperse. Por este motivo se caracteriza al suelo mediante parámetros de resistencia a corto plazo (ángulo de rozamiento sin drenaje [ϕ_u] y cohesión sin drenaje [c_u]) los cuales se obtienen en ensayos de rotura sin drenaje o se deducen de ensayos in situ.

Los suelos granulares tienen una permeabilidad muy superior a la de los suelos cohesivos. El ritmo con el que, por ejemplo, una arena disipa las presiones neutras en exceso es muy superior al ritmo de ejecución de la propia obra. De esta forma, en el

momento en que se aplica la totalidad de la carga el terreno ha drenado casi toda el agua que desea expulsar y ha mejorado sus propiedades de resistencia. Así, en el caso de terrenos granulares se utilizan modelos de cálculo a largo plazo los cuales usan parámetros drenados del suelo (ángulo de rozamiento interno efectivo $[\phi']$ y cohesión efectiva $[c']$).

En cuanto a la limitación de asientos es evidente que la situación más desfavorable se produce a largo plazo, independientemente del tipo de terreno y del ritmo con que se vayan generando las deformaciones.

TABLA 22. Definiciones para el estudio de cimentaciones superficiales

<i>Símbolo</i>	<i>Variable y definición</i>
q_b	Presión de carga total bruta Presión vertical en el plano de cimentación debida a todas las cargas sobre dicho plano.
$q_{neta} = q_b - p_o$	Presión de carga neta Diferencia entre la presión de carga bruta y la presión vertical total en el terreno adyacente en el plano de cimentación
$q_b' = q_b - u$	Presión de carga efectiva bruta Diferencia entre la presión de carga bruta y la presión neutra en el plano de cimentación
$q'_{neta} = q_b' - p'_{o} =$ $= q_b - p_o = q_{neta}$	Presión de carga efectiva neta Diferencia entre la presión de carga efectiva bruta y la presión vertical efectiva en el terreno adyacente en el plano de cimentación
q_f	Presión de carga de hundimiento Presión de carga para la cual el terreno rompe por plastificación provocando el hundimiento o fallo de la cimentación. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta (ejemplo: $q'_{net,f}$ es la presión de carga efectiva neta que produce la rotura del terreno)
q_s	Presión de carga segura máxima Es la presión de carga para la cual el riesgo de hundimiento es adecuadamente pequeño. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta
q_{adm}	Presión de carga admisible Es la presión de carga admisible desde el punto de vista del hundimiento y del asentamiento. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta
q_w	Presión de carga de trabajo Presión de carga a la que se somete la cimentación. Puede ser expresada en términos totales o efectivos, como presión de conjunto o como presión neta.

TABLA 22. Definiciones para el estudio de cimentaciones superficiales

Símbolo	Variable y definición
q	Presión de carga de conjunto Presión vertical en el plano de cimentación debida a todas las cargas sobre dicho plano.

Cálculo de la presión de hundimiento en suelos granulares (largo plazo)

En este caso, la expresión general de presión de hundimiento propuesta por Hansen (1970) adopta la siguiente expresión:

$$q'_f = s_c d_c i_c b_c g_c c' N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p'_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma \frac{B}{2} \gamma' N_\gamma$$

En la tabla siguiente se recoge el significado de cada una de las variables presentes en dicha expresión así como las fórmulas de los coeficientes correctores.

TABLA 23. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	
q' _f	Presión efectiva de carga de hundimiento	
B	Longitud menor en planta de la cimentación	
L	Longitud mayor en planta de la cimentación	
D	Profundidad del plano de cimentación	
N _c	Coeficiente de capacidad de carga para la cohesión efectiva	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$
N _q	Coeficiente de capacidad de carga para la presión de tierras en el plano de cimentación	$N_q = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \exp(\pi \tan \phi')$
N _γ	Coeficiente de capacidad de carga para el peso propio del terreno	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi'$
s _c	Coeficiente de forma	$s_c = 1 + \frac{BN_q}{LN_c}$
s _q	Coeficiente de forma	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi'$

TABLA 23. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

Variable	Definición	
s_g	Coeficiente de forma	$s_g = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
d_c	Coeficiente de profundidad	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \tan \phi'}$
d_q	Coeficiente de profundidad	$d_q (D < B) = 1 + \frac{2D}{B} \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$ $d_q (D > B) = 1 + 2 \arctan \left(\frac{D}{B} \right) \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$
d_g	Coeficiente de profundidad	$d_g = 1$
i_c	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \phi'}$
i_q	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + BLc' \cot \phi'} \right)^m ; m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
i_g	Coeficiente de inclinación de la carga	$i_g = \left(1 - \frac{H}{V + BLc' \cot \phi'} \right)^{m+1}$
b_c	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_q = e^{-2.7 v \tan \phi'}$
b_q	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_g = e^{-2.7 v \tan \phi'}$
b_g	Coeficiente de inclinación del plano de cimentación	$b_c = 1 - \frac{2v}{2 + \pi}$
g_c	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_c = 1 - \frac{2\beta}{2 + \pi}$
g_q	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_q = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$
g_g	Coeficiente de inclinación del terreno de cimentación	$g_g = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$

Por otra parte, Hansen (1970) define el concepto de área efectiva de cimentación; en el caso de que el centro de la planta de cimentación no coincida con la vertical de la resultante de las cargas al nivel de cimentación deberá considerarse que la zapata tiene una superficie reducida o efectiva de tal modo que su centro geométrico coincida con la resultante de cargas. La figura siguiente esquematiza tal situación mediante tres ejemplos gráficos.

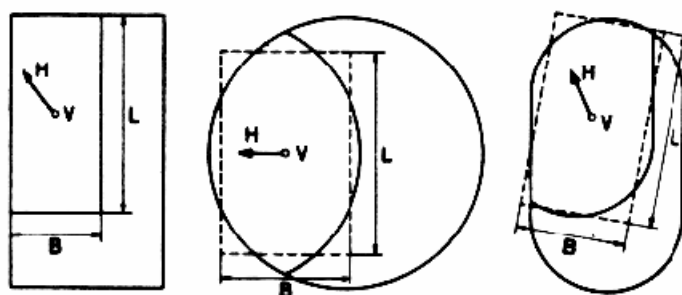


Figura Nº 7.- Aplicación del concepto de área efectiva de cimentación (Hansen 1970)

Determinación de la carga admisible por asientos

Para la estimación del asiento total se va a emplear el método aproximado de Steinbrenner (1936), que considera el terreno situado bajo la cimentación como un semiespacio elástico. Según este método, el asiento viene dado por la siguiente expresión:

$$S_z = \frac{q_b \cdot B}{2 \cdot E} (A \cdot N_1 \cdot (a, b, c) - B \cdot N_2 \cdot (a, b, c))$$

En la tabla siguiente se recoge el significado de cada una de las variables presentes en dicha expresión.

TABLA 24. Variables para el estudio de cimentaciones superficiales a largo plazo

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>
q_b	Presión bruta (efectiva) transmitida por la cimentación al terreno
B	Longitud menor en planta de la cimentación
E	Módulo de elasticidad
A y B	Coefficientes dependientes del módulo de Poisson considerado
N_1 y N_2	Funciones dependientes de las dimensiones de la cimentación y de la profundidad estimada

Coefficiente de balasto

El semiespacio de Winkler (1867) es un medio elástico sin rigidez transversal en el que los desplazamientos verticales (s) son proporcionales a la presión vertical efectiva (σ'_v), con un coeficiente de proporcionalidad K llamado coeficiente de balasto que tiene unidades de peso específico.

El modelo de Winkler permite estudiar, de una forma sencilla, la interacción entre el terreno y los elementos de cimentación. De este modo pueden obtenerse leyes de

presiones en el contacto de la cimentación con el suelo y, finalmente, dimensionar adecuadamente los elementos estructurales.

El coeficiente de balasto puede estimarse a partir de tablas publicadas en la bibliografía, las cuales consideran la naturaleza y otras propiedades del terreno de apoyo. También es posible ajustar su valor mediante ensayos in situ.

La principal dificultad de este modelo estriba en que el coeficiente de balasto no es un parámetro intrínseco del terreno ya que también depende de las dimensiones en planta de la cimentación. Por este motivo en las tablas aparece el coeficiente de balasto (K_{30}) para una placa de 30 x 30 cm (dimensiones habituales de una placa de carga). Algunos autores han propuesto fórmulas para ajustar este coeficiente de balasto (K_{30}) a las dimensiones de la cimentación. Por ejemplo, para zapatas cuadradas de ancho b en terrenos granulares se puede estimar el coeficiente de balasto operativo, según Terzaghi (1955), mediante la siguiente expresión:

$$K = K_{30} \left(\frac{b + 0,30}{2b} \right)^2$$

Para terrenos cohesivos Terzaghi (1955) sugiere la siguiente relación:

$$K = K_{30} \left(\frac{0,30}{b} \right)$$

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PRESIÓN ADMISIBLE PARA CIMENTACIÓN POR PILOTES

Carga de hundimiento o carga última de un pilote aislado

Para determinar la capacidad de carga por hundimiento de un pilote aislado, se tienen en cuenta dos sumandos: el primero debido a la transmisión de presiones por la punta del pilote y el segundo debido a la transmisión por el fuste, despreciando la pequeña diferencia existente entre el peso del terreno extraído y el del pilote.

$$Q_h = Q_p + Q_f = A_p * r_p + \sum_i A_{fi} * r_{fi}$$

Siendo:

Q_p : Carga de hundimiento por punta

Q_f : Carga de hundimiento por fuste

r_p : Resistencia unitaria en punta

r_{fi} : Resistencia unitaria en el fuste en el estrato i

A_p : Area de la punta

A_{fi} : Area del fuste en contacto con el estrato i

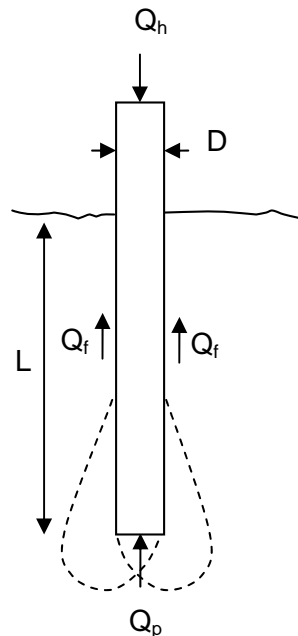


Figura Nº 8.- Esquema del funcionamiento de un pilote

Resistencia unitaria última por punta en suelos granulares

Para calcular la resistencia por punta se empleará la siguiente expresión, procedente del Código Técnico de la Edificación SE-C:

$$r_f = \sigma_v' K_f f \operatorname{tg} \phi \leq 12 \text{ T/m}^2$$

Donde:

r_f : resistencia unitaria última (o por hundimiento) por punta

σ_v' : tensión vertical efectiva al nivel de la punta

K_f : coeficiente de empuje horizontal, de valor 1 para pilotes hincados y 0.75 para pilotes perforados

f : factor de reducción del rozamiento del fuste, de valor 0.9 para pilotes prefabricados y 1 para pilotes ejecutados in situ

ϕ : ángulo de rozamiento interno del terreno

Resistencia unitaria última por fuste

Para calcular la resistencia por fuste se empleará la siguiente expresión, procedente del Código Técnico de la Edificación SE-C:

$$r_p = 3 \sigma_v' N_q \leq 2000 \text{ T/m}^2$$

Donde:

r_p : resistencia unitaria última (o por hundimiento) por fuste

σ_v' : tensión vertical efectiva al nivel considerado

N_q : factor de capacidad de carga dependiente del ángulo de rozamiento interno del terreno

Concepto de carga admisible por hundimiento

Se define la carga admisible por hundimiento como aquella que mantiene un nivel de seguridad adecuado frente a la rotura del terreno. Se obtiene la carga admisible al dividir la carga por hundimiento por un coeficiente de seguridad. Dicho coeficiente depende de diversos factores como el grado de conocimiento de la geología local, la calidad alcanzada en la parametrización de materiales, la precisión de los métodos de cálculo utilizados y la ejecución de la propia cimentación (limpieza, maquinaria empleada, etc). En cimentaciones por pilotes, es una práctica habitual considerar un coeficiente de seguridad frente al hundimiento de valor igual a 3 tanto en punta como en fuste cuando se emplean métodos de determinación de las resistencias en función de los resultados SPT.

Concepto de carga admisible por asientos

La carga que transmite la estructura a la cimentación genera un campo de deformaciones en el terreno lo cual supone un asiento o descenso vertical de la propia cimentación y de la estructura soportada.

Se define la presión admisible por asientos como aquella que genera deformaciones en el terreno que pueden ser asumidas por la estructura. Los criterios a adoptar son idénticos a los comentados en el caso de cimentación por losa.

Una vez que se defina en proyecto la tipología de las estructuras, será necesario que se establezcan los asientos que admite cada una de ellas. En el presente Estudio Geotécnico se ofrece una metodología de cálculo para la determinación del asiento de las cimentaciones de tal modo que pueda posteriormente comprobarse que generan deformaciones admisibles para la estructura.

En el caso concreto de cimentación por pilotes, el asiento total de un pilote aislado se pueden estimar como la suma de la deformación por compresión elástica del fuste del pilote y el asiento elastoplástico del terreno por debajo de su base, utilizando la siguiente expresión:

$$S = \frac{Q_{adm} \cdot L}{A E_p} + \frac{Q_{adm} \cdot I_0}{D \cdot E}$$

Donde:

Q_{adm} = Carga admisible del pilote, $Q_{adm}=1/3(Q_p+Q_f)$

Q_p = Carga de hundimiento por punta

Q_f = Carga de hundimiento por fuste

L = Longitud del pilote.

A = Area de la sección transversal del pilote.

E_p = Módulo de elasticidad del hormigón.

D = Diámetro del pilote.

E = Módulo de deformación del terreno.

I_p = Factor de influencia, función de la longitud resistente del pilote (L) y el diámetro del pilote (D), a estimar según el siguiente gráfico:

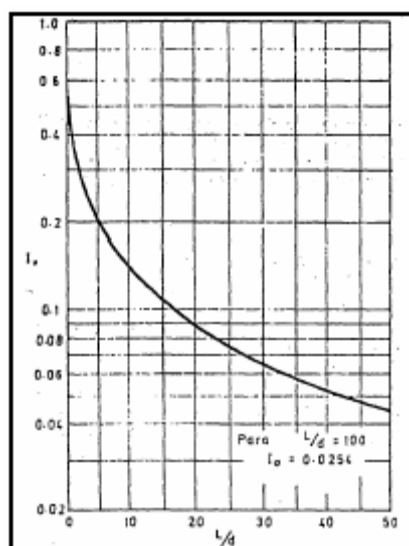


Figura Nº 9.- Factor de influencia del pilote

Tope estructural del pilote

En cualquier caso, la carga admisible final del pilote quedará limitada por el tope estructural del mismo, el cual dependerá de la sección transversal del pilote, el material del que está compuesto y el procedimiento de ejecución. En general se acepta un tope estructural en pilotes excavados de 350 T/m² para cimentación bajo el agua y 400 T/m² para cimentación en seco.

Concepto de carga admisible final

Se define la carga admisible final como aquella que cumple el criterio de seguridad frente al hundimiento, no genera asentamientos inadmisibles y no excede el tope estructural del pilote. En definitiva, la carga admisible final de la cimentación se obtiene como el menor valor de entre la carga admisible frente al hundimiento y la carga admisible por asentamientos, limitada por dicho tope estructural.

Rozamiento Negativo

El efecto de rozamiento negativo podría producirse por consolidación natural en el nivel de limos blandos de baja densidad. Cuando se produce este efecto, el terreno actúa como si se “colgara” del pilote, transmitiéndole esfuerzos tangenciales de valor máximo igual a la adherencia pilote-terreno.

Si el rozamiento negativo supusiera una parte importante en relación con la carga admisible del pilote, podría reducirse su efecto mediante recubrimientos bituminosos, protección con bentonita, entubado, etc...