

# Anejo n<sup>o</sup>3 Geología y geotecnia

---

## Índice

---

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
	<b>Anexo I. Plano de planta de referencia de cimentaciones. ....</b>	<b>4</b>
	<b>Anexo II. Informe geotécnico de 4 estaciones depuradoras de aguas residuales en Eivissa y Formentera .....</b>	<b>5</b>
	<b>Anexo III Estudio geológico-geotécnico para el emplazamiento de la balsa de regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares .....</b>	<b>6</b>

---

## 1 Introducción.

---

En la redacción del presente proyecto constructivo y dado el alcance de las actuaciones a proyectar, no se ha realizado un análisis específico, toda vez que las actuaciones se desarrollan en la actual EDAR, de la que se dispone información suficiente para abordar el presente proyecto.

Se toman como base para los distintos cálculos y dimensionamientos los estudios geológicos y geotécnicos realizados con anterioridad sobre la parcela de la actual EDAR de Formentera, siendo la documentación de referencia los textos: "INFORME GEOTÉCNICO DE 4 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES EN EIVISSA Y FORMENTERA", elaborado por Laboratorio Balear para la Construcción S.L. para el Institut Balear de Sanejament en marzo de 2003, documento que se aporta en el Anexo II, y ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES, elaborado en 2004 por INFOGEO Soluciones Técnicas a petición de TRAGSA, SA, el cual se aporta en el Anexo III.

Las nuevas estructuras proyectadas se plantean situadas sobre las mismas ubicaciones de los elementos demolidos, de modo que se considera que el terreno sobre el que cimentaban los anteriores elementos, se encontrarán en las mismas condiciones en las que trabajaban las anteriores estructuras en cuanto a condiciones mecánicas y estabilidad. Se incluye como Anexo I un plano en el que se identifican las nuevas estructuras proyectadas respecto a las que se encontraban en la situación previa a su demolición.



---

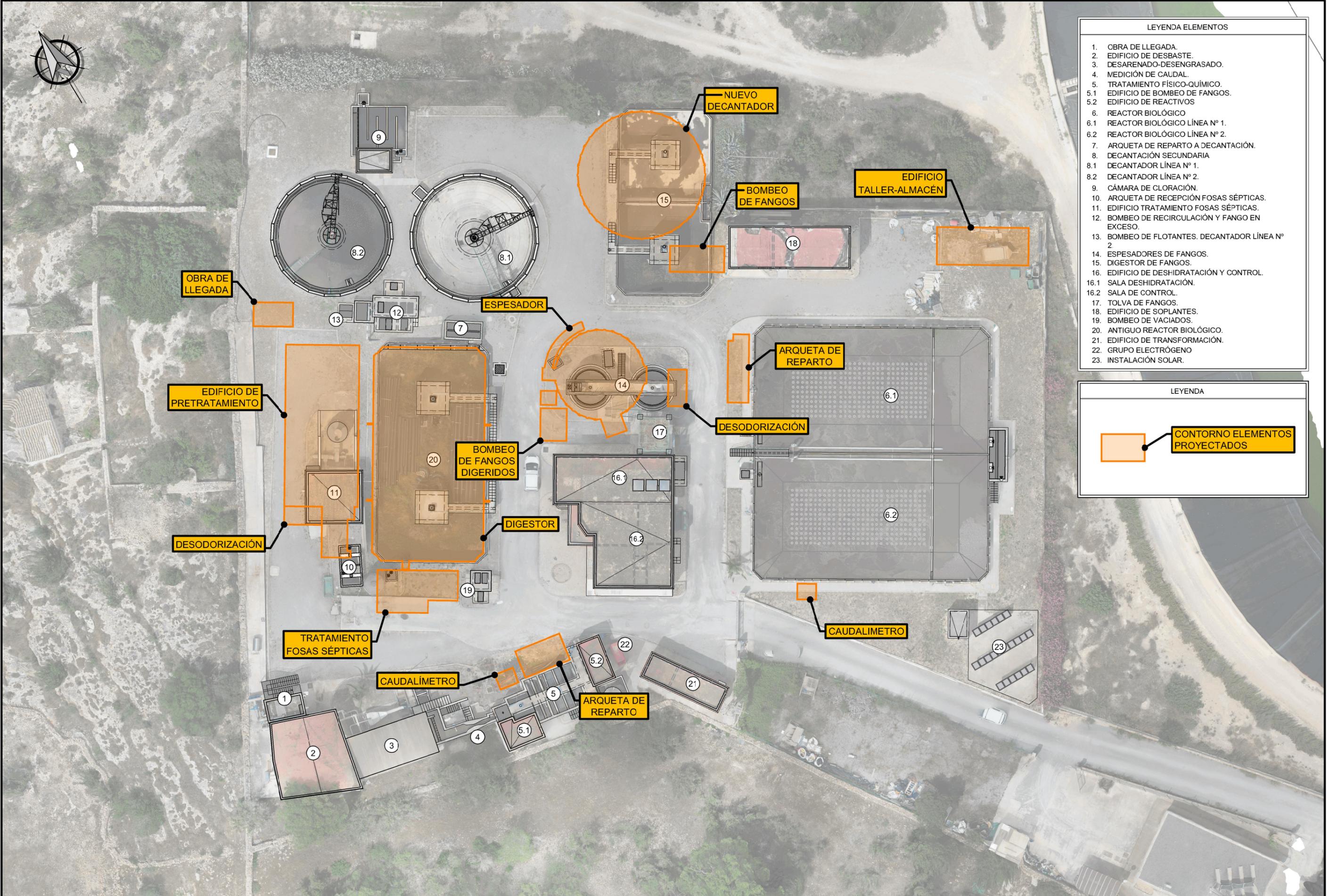
## **Anexo I. Plano de planta de referencia de cimentaciones.**

---



- LEYENDA ELEMENTOS**
1. OBRA DE LLEGADA.
  2. EDIFICIO DE DESBASTE.
  3. DESARENADO-DESENGRASADO.
  4. MEDICIÓN DE CAUDAL.
  5. TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.
  - 5.1 EDIFICIO DE BOMBEO DE FANGOS.
  - 5.2 EDIFICIO DE REACTIVOS
  6. REACTOR BIOLÓGICO
  - 6.1 REACTOR BIOLÓGICO LÍNEA Nº 1.
  - 6.2 REACTOR BIOLÓGICO LÍNEA Nº 2.
  7. ARQUETA DE REPARTO A DECANTACIÓN.
  8. DECANTACIÓN SECUNDARIA
  - 8.1 DECANTADOR LÍNEA Nº 1.
  - 8.2 DECANTADOR LÍNEA Nº 2.
  9. CÁMARA DE CLORACIÓN.
  10. ARQUETA DE RECEPCIÓN FOSAS SÉPTICAS.
  11. EDIFICIO TRATAMIENTO FOSAS SÉPTICAS.
  12. BOMBEO DE RECIRCULACIÓN Y FANGO EN EXCESO.
  13. BOMBEO DE FLOTANTES. DECANTADOR LÍNEA Nº 2
  14. ESPESADORES DE FANGOS.
  15. DIGESTOR DE FANGOS.
  16. EDIFICIO DE DESHIDRATACIÓN Y CONTROL.
  - 16.1 SALA DESHIDRATACIÓN.
  - 16.2 SALA DE CONTROL.
  17. TOLVA DE FANGOS.
  18. EDIFICIO DE SOPLANTES.
  19. BOMBEO DE VACIADOS.
  20. ANTIGUO REACTOR BIOLÓGICO.
  21. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN.
  22. GRUPO ELECTRÓGENO
  23. INSTALACIÓN SOLAR.

- LEYENDA**
-  **CONTORNO ELEMENTOS PROYECTADOS**



---

## **Anexo II. Informe geotécnico de 4 estaciones depuradoras de aguas residuales en Eivissa y Formentera**

---

# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



**INFORME GEOTECNICO DE 4 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS  
RESIDUALES EN EIVISSA Y FORMENTERA.**



**INSTITUT BALEAR DE SANEJAMENT  
MARZO DE 2003**



página 1 de 23

## INDICE

1.	INTRODUCCION	3
2.	OBJETIVOS Y ALCANCE	4
3.	METODOLOGIA Y ENSAYOS REALIZADOS	5
3.1.	Ensayos de campo	
4.	RESULTADOS DE ENSAYO	7
5.	NIVEL FREATICO Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL	10
6.	CARACTERES GEOLÓGICOS	11
7.	CARACTERES GEOTECNICOS	12
8.	CONCLUSIONES	22

## ANEXOS

- A.1. Plano de situación.
- A.2. Perfil estratigráfico de las calicatas y ensayos de penetración dinámica tipo Borros.
- A.3. Estaciones geotecnicas por EDAR
- A.4. Ensayos de laboratorio.



## 1. INTRODUCCION

A petición del IBASAN (Institut Balear de Sanejament), el Laboratorio Balear para la Construcción S.L. ha realizado el estudio geotécnico del substrato de 4 estaciones E.D.A.R. en Eivissa, y de una estación E.D.A.R. en la isla de Formentera.

Las estaciones depuradoras donde está prevista la remodelación son las siguientes:

- 1- San Francesc Xavier de Formentera.
- 2- Santa Eularia del Riu de Eivissa.
- 3- Sant Antonio de Portmany de Eivissa.
- 4- Platja d'en Bossa Ses Salinas de Eivissa.

La nueva estación depuradora se realizará en Cala Tarida, en el término municipal de San Josep.

Se construirán un conjunto de estructuras (depósitos, piscinas y edificaciones), con cimentación por losa o zapatas, según el caso. Así mismo está prevista la construcción de las tuberías o canalizaciones de saneamiento y evacuación, de la EDAR de Cala Tarida.

Para la realización del estudio geotécnico se procedió a la recopilación de información, la inspección geotécnica, y la realización de trabajos y ensayos de campo y de laboratorio.

El peticionario nos ha facilitado el plano de ubicación general de cada EDAR a escala 1:1.000, así como el acceso y permisos de la maquinaria a los puntos estudiados.



## 2. OBJETIVOS Y ALCANCE

Los objetivos que se concretan en el presente informe, consisten básicamente en caracterización geotécnica del substrato. Para alcanzar este objetivo se plantea la realización del estudio en base a la inspección geotécnica de visu de cada EDAR, los conocimientos geotécnicos de LBC, y la realización de una jornada de penetraciones dinámicas tipo Borros, y calicatas. Los ensayos de laboratorio han permitido la caracterización geotécnica.

Los objetivos que se concretan en el presente estudio geotécnico son los siguientes.

- 1- Replanteo de los ensayos a realizar.
- 2- Ensayos de campo.
- 3- Ensayos de laboratorio.
- 4- Perfil litológico del substrato.
- 5- Ensayos de penetración dinámica.
- 6- Tensión admisible.
- 7- Recomendaciones y conclusiones.
- 8- Elaboración de la presente memoria.
- 9- Anexos.

El alcance de la presente campaña de investigación geotécnica está limitado al número de ensayos y trabajos de campo realizados, así como los datos de proyecto suministrados por el peticionario. La ampliación de la investigación, de manera puntual, reduce la incertidumbre de los resultados.





### 3. METODOLOGIA Y ENSAYOS REALIZADOS

#### 3.1. Inspección geotécnica.

Se ha procedido a la inspección geotécnica, y coordinación de los trabajos de campo de cada una de las estaciones EDAR por el geólogo Feliu Calafat Colom en los días 28 a 30 de enero de 2003.

#### 3.2. Ensayos de penetración dinámica.

Los ensayos de penetración dinámica se realizaron mediante el penetrómetro Rolatec, que permite la realización de ensayos continuos de penetración dinámica D.P.S.H. y Borros. Las penetraciones y el sondeo se inician a la cota de explanada, y las mediciones efectuadas se refieren siempre a dichas cotas. En el cuadro siguiente se recoge la fecha de inicio de las penetraciones dinámicas, la profundidad alcanzada en cada uno de ellos.

Penetración	Fecha de inicio	Profundidad	Zona
P-1	30.1.2003	5.0	EDAR Platja d'en Bossa
P-2	30.1.2003	5.0	
P-3	30.1.2003	5.0	

El número total de metros penetrados es de 15 m.

Se han realizado penetraciones dinámicas tipo Borros, con un total de 15 m. Las penetraciones Borros han sido realizadas mediante el penetrómetro Rolatec. El ensayo continuo de penetración dinámica consiste en la hincada de una varilla con puntaza en el terreno mediante golpes de maza (63.5 Kg) con una altura de caída constante y automática (50 cm).

El ensayo se inicia situando la máquina perfectamente asentada en el punto de ensayo. Se coloca la primera varilla con la puntaza maciza acoplada al extremo y apoyada en el

terreno. En la parte superior de la varilla se coloca el yunque, que sirve de cabeza de golpeo. Ponemos el cuentagolpes a cero e iniciamos el ensayo progresando en tramos de 1 m de penetración, contando los golpes necesarios para introducir cada una de las divisiones de 20 cm del varillaje. Se dará por finalizado el ensayo cuando dadas dos andanadas de 100 golpes cada una, la penetración sea igual o inferior a 5 cm. Siempre que la penetración sea inferior a 20 cm, el número de golpes que se considera será el proporcional correspondiente. Las penetraciones se iniciaron a cota de explanada. Las gráficas de los resultados de ensayo de penetración dinámica son recogidas en el anexo.

### 3.3. Realización de calicatas.

Las calicatas han sido realizadas por medio de una excavadora mixta JCB con un brazo extensible de hasta 4 m. Las calicatas han permitido definir el perfil estratigráfico del substrato a cota de cimentación de la EDAR de Cala Tarida y de la EDAR de Can Bossa de Eivissa, y la toma de muestras representativas para su ensayo.

### 3.4. Ensayos de laboratorio.

A las muestras previamente identificadas y numeradas, se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYOS	CALICATA		
	Platja d'en Bossa		Cala Tarida
	C-1	C-2	C-1
Análisis granulométrico UNE 7-376-75	2,5 m	2,0 m	
- Límites de Atterberg UNE 103-103-94,	2,5 m	2,0 m	
- UNE 103-104-93			
- Contenido en humedad UNE 103-300-93	2,5 m	2,0 m	
- Compresión simple UNE 103-400-93			0,8 m

## 4. RESULTADOS DE ENSAYO

### 4.1. Ensayos de campo

#### 4.1.1. Inspección geotécnica.

La inspección geotécnica realizada en cada EDAR es recogida en el anexo por estaciones geotécnicas. En ella se describen los caracteres de visu más significativos para la caracterización geotécnica.

#### 4.1.2. Penetración dinámica tipo Borros.

En la estación de aguas residuales de la Platja d'en Bossa, se han realizado tres ensayos de penetración dinámica tipo Borros. Las gráficas de penetración se recogen en el anexo.

La fórmula de los holandeses que relaciona la energía de golpeo y la superficie sobre la que percute, permite deducir la resistencia dinámica en punta.

$$R_p = \frac{P_m^2 \times H}{(P_m + P_v) \times S \times D}$$

- R<sub>p</sub>= Resistencia dinámica en punta Kp/cm<sup>2</sup>
- P<sub>m</sub>= Peso de la maza de golpeo.
- P<sub>v</sub>= Peso del varillaje, de la cabeza de golpeo y puntaza.
- S= Superficie de la puntaza (16 cm<sup>2</sup>).
- D= Penetración por golpe cm.

De los resultados de resistencia en punta (R<sub>p</sub>) se deduce la resistencia aproximada del terreno, multiplicando por un factor variable según el tipo de terreno. Así mismo podemos estimar la cota más adecuada de cimentación, los posibles cambios laterales y la potencia del estrato competente.



Las gráficas de ensayo de cada penetración, indicando el número de golpes cada 20 cm, se recogen en el anexo. Las gráficas de ensayo permiten deducir varias zonas en vertical resistente, diferenciadas hasta alcanzar el rechazo.

Seguidamente se resumen los resultados de ensayo de penetración dinámica.

Penetración N°	Profundidad m	N° de golpes		Resistencia dinámica en punta	
		N20 mínimo	N20 máximo	mínimo	máximo
P-1	0.0-3.6	3	7	26	52
P-1	3.6-5.0	9	20	74	139
P-2	0.0-1.6	5	9	44	78
P-2	1.6-2.2	10	23	80	185
P-2	2.2-3.8	3	7	24	56
P-2	3.8-5.0	12	17	83	118
P-3	0.0-1.0	6	7	52	61
P-3	1.0-1.8	13	24	113	209
P-3	1.8-2.6	4	7	32	56
P-3	2.6-4.6	10	23	74	171

A partir de los resultados obtenidos podemos afirmar:

- 1- La existencia de cobertera vegetal y/o rellenos antrópicos de espesor irregular, de potencia métrica.
- 2- La presencia de una zona de comportamiento resistente, desde los 3.6 m de profundidad en la zona de las penetraciones P-1 y P-2, y en la penetración P-3 a partir de los 2.6 m de profundidad.
- 3- Los irregulares valores obtenidos de resistencia dinámica en punta, reflejan la alternancia de estratos de gravilla en estratos dominantes de arcillas y limos.



#### 4.1.3. Realización de calicatas.

Las calicatas realizadas han permitido definir el perfil estratigráfico y la toma de muestras para su identificación. Los resultados del perfil estratigráfico de las calicatas realizadas en la EDAR de Cala Tarida y de Platja d'en Bossa se recogen en el anexo.

#### 4.2. Ensayos de laboratorio

##### 4.2.1. Identificación de muestras

Los resultados de ensayo de identificación de las muestras analizadas son los siguientes:

Muestra	Granu. % pasa # 0.080	L. Atterberg			Humedad %
		Li	Lp	Ip	
C-1 a 2,5 m	90	31,6	15,3	16,3	25,6
C-2 a 2,0 m	24	29,8	13,6	16,2	9,4

Siendo: LI = Límite líquido  
Lp = Límite plástico  
Ip = Índice de plasticidad

Según el Índice de Plasticidad las muestras se clasifican:

0 - 5 No plástico.  
5 - 15 Poco plástico.  
15 - 40 Plástico.  
> 40 Muy Plástico.

Las muestras anteriores son clasificadas según los criterios de Arthur Casagrande (1942) y también es calificada su plasticidad.

Muestra	Clasificación de A. Casagrande	Calificación de la plasticidad
C-1 a 2,5 m	CL arcilla	Plástico
C-2 a 2,0 m	GC grava arcillosa	Plástico

#### 4.2.4. Ensayo de compresión no confinada

UNE 103-400-93.

Una muestra de la calicata nº 1 a 0,8 m de profundidad, procedente de la EDAR de Cala Tarida se ha realizado el ensayo de compresión no confinada, y calificada su resistencia según Deere-Miller y resumido en la tabla siguiente.

Calicata nº	Litología m	qu Kp/cm <sup>2</sup>	Densidad T/m <sup>3</sup>	Deere-Miller
C-1 a 0,8 m	caliza	166	2,28	muy baja

### 5. ESCORRENTIA SUPERFICIAL Y NIVEL FREATICO

Durante el tiempo de ejecución de los ensayos de campo no se ha detectado el nivel freático, y así mismo no son detectadas afluencias de agua durante el periodo de realización de los mismos.

Seguidamente se determina la situación del nivel freático y escorrentía superficial en cada zona.

#### EDAR

- 1- San Francesc Xavier.
- 2- Santa Eularia del Riu.
- 3- Sant Antonio de Portmany
- 4- Platja d'en Bossa, Ses Salinas.
- 5- Cala Tarida, San Josep.

#### Nivel freático

- Cota nivel del mar
- Cota nivel del mar
- Cota nivel del mar
- Cota del nivel del mar  
aflora a +/- 2,3 m
- Cota del nivel del mar

#### Escorrentía

Torrent S' Argentera



## 6. CARACTERES GEOLOGICOS

Por las implicaciones geotécnicas en la metodología de ensayos de campo, consideramos oportuno realizar una breve introducción geológica, una descripción general de los caracteres litológicos del substrato de cada EDAR y su disposición estructural.

La Isla de Eivissa

Esta formada por tres unidades morfoestructurales solapadas de orientación SE NO, (ver situación en el anexo) estas son: La unidad de Ibiza, la unidad de Llentrisca, y la unidad Eubarca.

La unidad de Ibiza. Se encuentra situada al Sur Sureste de la isla, Formada por materiales que van desde el Muschelkalk al Mioceno. Los estratos se orientan en dirección SO-NE y los flancos de los pliegues se hunden hacia el SE. La unidad de Llentrisca. En general los terrenos triásicos y jurásicos cabalgan a los depósitos del mioceno. Se encuentran afectados por una tectónica tangencial. La unidad de Eubarca. Es la unidad más occidental formada por materiales del Jurásico recubiertos por materiales miocenos. Deformados por pliegues tumbados hacia el NO, o cabalgamientos de dirección NO.

La EDAR de Santa Eularia del Riu se encuentra en la unidad geológica de Ibiza. Se encuentra sobre un substrato de limos y gravas de origen aluvial coluvial, de edad cuaternaria.

La EDAR de Sant Antonio de Portmany se encuentra sobre un substrato rocoso de calizas y calcarenitas, parcialmente carstificadas.

La EDAR de Platja d'en Bossa Ses Salinas se encuentra sobre un substrato de limos arcillas con estratos de gravilla y arenas de edad cuaternaria.

La EDAR de Cala Tarida en el término municipal de San Josep, se encuentra sobre un substrato rocoso formado por calizas y calizas arenosas, brechadas.

La isla de Formentera está formada por calizas de edad miocena, y dunas de edad cuaternaria. La EDAR de San Francesc Xavier de Formentera se encuentra situado sobre un substrato de dunas de calcarenitas de edad cuaternaria.

## 7. CARACTERES GEOTECNICOS

A partir de los ensayos de campo, de los ensayos del laboratorio y de la experiencia de LBC definimos los caracteres geotécnicos y una estimación de la tensión admisible para cada una de las estaciones de depuración de aguas residuales.

### 1- EDAR San Francesc Xavier de Formentera.

El único horizonte geotécnico definido está formado por calcarenitas o calizas arenosas irregular cementadas y/o meteorizadas. Podemos estimar un índice R.Q.D. conservador, para este tipo de materiales, y según la experiencia de LBC, del 40 - 50%, pudiéndose calificar la calidad de la roca como de mala a regular. En este tipo de materiales, los valores de compresión simple suelen estar comprendidos entre 25 y 150 kp/cm<sup>2</sup>, en función del grado de meteorización y/o cementación.

Su ripabilidad (facilidad de excavación) es baja y estará en función del grado de cementación, haciendo necesario el empleo de martillo neumático.

De los resultados obtenidos podemos afirmar:

- 1- En el sector estudiado se diferencia, en función de la litología y propiedades geotécnicas, un único horizonte geotécnico de calizas arenosas.

- 2- El nivel freático cabe esperar a cota del nivel del mar o ligeramente superior.
- 3- No existen litologías susceptibles de ser expansivas, ni sulfatos solubles agresivos al hormigón.

Para cota de cimentación sobre el substrato de roca, único horizonte geotécnico definido, y para calcular la presión de hundimiento en roca, Jiménez Salas et al. 1981 aceptan que sea tres veces la resistencia a compresión simple, siendo la carga admisible un sexto de la presión de rotura,  $q_a = 0.5 \times q_u$ . De manera aún más conservadora, el Uniform Building Code 1961, fija de manera orientativa la carga admisible en un 20 % de la presión de rotura,  $q_a = 0.2 \times q_u$ .

Para una cimentación por zapatas cuadradas, con un coeficiente de Poisson en calizas arenosas de  $\nu = 0.23$ , considerando una relación de forma  $L/B = 1$  y para una cimentación rígida un  $B_z = 1.08$ . Si consideramos una relación  $E_r/q_u$  para calizas arenosas de 300, y para una presión de rotura conservadora de  $q_u = 25 \text{ Kp/cm}^2$ , el módulo de elasticidad estimado es  $E_r = 7.500 \text{ Kp/cm}^2$ . Si consideramos la rigidez de las discontinuidades del lado conservador  $K_n = 3 \times 10^5 \text{ T/m}^3$  y un R.Q.D. del 40 %, el factor de reducción para pasar del módulo de elasticidad de la roca, al módulo del macizo rocoso es 0.2 por lo que  $E_m = 15.000 \text{ T/m}^2$ .

El asiento estimado para una zapata de hormigón armado cuadrada o corrida para una **tensión de trabajo entorno a  $2.5 \text{ Kp/cm}^2$**  sería despreciable. Este valor sólo puede considerarse de forma estimativa, reduciendo su incertidumbre con ensayos de campo in situ y/o de laboratorio.



## 2-Santa Eularia del Riu.

A partir de las observaciones realizadas, y de la recopilación de información en el entorno del solar, podríamos definir en planta una zona geotécnica, de distribución por toda la superficie del solar.

De cara a cualquier tipo de cimentación es aconsejable eliminar los horizontes litológicos nº1 y nº2 de rellenos antrópicos y tierra vegetal, dada su mala calidad geotécnica. Su ripabilidad es elevada pudiéndose realizar por medio de excavadora convencional.

El único horizonte geotécnico definido estaría formado básicamente de gravas y gravillas limosas y estratos de arcillas y limos. Dado el carácter granular de estos materiales se puede considerar, a efectos de cálculo, una cohesión nula,  $c_u=0 \text{ kp/cm}^2$ , y un ángulo de fricción interna de  $30^\circ$  a  $38^\circ$ . Se puede estimar un módulo de deformación E entre  $120 \text{ kp/cm}^2$  y  $380 \text{ kp/cm}^2$ , en función del dominio sea de limos o de gravas.

La ripabilidad de estos materiales es elevada, si bien la presencia de materiales irregular cementados puede hacer necesario el empleo de martillo neumático.

Para el cálculo de la presión de trabajo y el cálculo del asiento elástico instantáneo total, suponiendo un terreno homogéneo, uniforme e isótropo en profundidad se puede utilizar la fórmula siguiente:

$$s = \frac{B \times P \times (1 - \nu^2) \times K_0}{E}$$

Siendo: s = asiento elástico total en cm.  
 B = ancho de la cimentación cm.  
 P = presión de la cimentación,  $\text{Kg/cm}^2$ .  
 $\nu$  = coeficiente de Poisson.  
 E = módulo de deformación,  $\text{Kg/cm}^2$ .  
 $K_0$  = factor de forma dependiendo del tipo de zapata y de la posición en la zapata.





El asiento elástico instantáneo es calculado teniendo presente las siguientes premisas: consideramos un coeficiente de Poisson  $\nu = 0.3$ , y un módulo de deformación conservador de  $E = 150 \text{ Kp/cm}^2$ , transmitidos mediante zapatas cuadradas con un coeficiente de forma  $K_0 = 0.95$ . El asiento instantáneo es recogido seguidamente en el cuadro siguiente.

Para una zapata cuadrada ( $m=b/a=1$ )					
B	P	$\nu$	E	$K_0$	s
80	2	0.3	150	0.95	1,0 cm
100	2	0.3	150	0.95	1,1 cm
150	2	0.3	150	0.95	1,7 cm

Por todo ello para una cimentación de zapatas de hormigón armado, encajadas en el substrato natural, que cabe esperar de gravas y gravillas con niveles de limos y arcillas, y para una tensión admisible de  $2.0 \text{ kp/cm}^2$ , estaríamos del lado de la seguridad, y los asientos son admisibles según la N.B.E.

Por los caracteres litológicos y estratigráficos, no cabe esperar arcillas de carácter expansivo, ni sulfatos solubles agresivos al hormigón.

El agua de escorrentía superficial puede afectar la cimentación en función de la proximidad del cauce torrencial.

### 3-Sant Antonio de Portmany.

El único horizonte geotécnico definido está formado por calizas arenosas irregular cementadas y/o meteorizadas. Podemos estimar un índice R.Q.D. conservador, para este tipo de materiales, y según la experiencia de LBC, del 20 - 50%, pudiéndose calificar la calidad de la roca como de mala a regular. En este tipo de materiales, los valores de

compresión simple suelen estar comprendidos entre 100 y 300  $\text{kp/cm}^2$ , en función del grado de meteorización y/o cementación y discontinuidades.

Su ripabilidad (facilidad de excavación) es baja y estará en función del grado de cementación, haciendo necesario el empleo de martillo neumático.

De los resultados obtenidos podemos afirmar:

- 1- En el sector estudiado se diferencia, en función de la litología y propiedades geotécnicas, un único horizonte geotécnico de calizas.
- 2- El nivel freático no ha sido detectado. Cabe esperarlo a cota del nivel del mar o ligeramente superior.
- 3- No existen litologías susceptibles de ser expansivas, ni sulfatos solubles agresivos al hormigón.

Para cota de cimentación sobre el substrato de roca, único horizonte geotécnico definido, y para calcular la presión de hundimiento en roca, Jiménez Salas et al. 1981 aceptan que sea tres veces la resistencia a compresión simple, siendo la carga admisible un sexto de la presión de rotura,  $q_a = 0.5 \times q_u$ . De manera aún más conservadora, el Uniform Building Code 1961, fija de manera orientativa la carga admisible en un 20 % de la presión de rotura,  $q_a = 0.2 \times q_u$ .

Para una cimentación por zapatas cuadradas, con un coeficiente de Poisson en calizas arenosas de  $\nu = 0.23$ , considerando una relación de forma  $L/B = 1$  y para una cimentación rígida un  $B_z = 1.08$ . Si consideramos una relación  $E_r/q_u$  para calizas de 300, y para una presión de rotura conservadora de  $q_u = 100 \text{ Kp/cm}^2$ , el módulo de elasticidad estimado es  $E_r = 30.000 \text{ Kp/cm}^2$ . Si consideramos la rigidez de las discontinuidades del lado conservador  $K_n = 3 \times 10^5 \text{ T/m}^3$  y un R.Q.D. del 40 %, el factor de reducción para pasar del

módulo de elasticidad de la roca, al módulo del macizo rocoso es 0.2 por lo que  $E_m = 60.000 \text{ T/m}^2$ .

El asiento estimado para una zapata de hormigón armado cuadrada para una **tensión de trabajo entorno a  $2,5 \text{ Kp/cm}^2$**  sería despreciable. Este valor sólo puede considerarse de forma estimativa, reduciendo su incertidumbre con ensayos de campo in situ y/o de laboratorio.

Es recomendable eliminar los rellenos antrópicos, y la cobertera vegetal, y encajar la cimentación en el substrato.

#### 4-Platja d'en Bossa, Ses Salinas.

Seguidamente son descritos los caracteres geotécnicos en alzado y en planta. De las penetraciones dinámicas se desprende que existe una cierta uniformidad en el comportamiento y distribución de las mismas en superficie, aumentando la capacidad portante en profundidad.

Se definen dos zonas de comportamiento geotécnico diferenciado, la unidad superficial hasta los 2,6 o 3,6 m de profundidad, y la semiprofunda a partir de los 3,6 m de profundidad.

De cara a cualquier tipo de cimentación es aconsejable eliminar el suelo vegetal y/o rellenos antrópicos, dada su mala calidad geotécnica. La potencia es irregular. La ripabilidad de éste horizonte (facilidad de excavación) es elevada, por lo que su excavación puede realizarse fácilmente mediante uso de excavadora.

El horizonte geotécnico superficial determinado, tiene valores de golpeo comprendidos entre los 3 y los 23 golpes, determinando un valor característico de 7 golpes y una resistencia en punta Rp de 52 Kp/cm<sup>2</sup>.

Dos muestras han sido identificadas a 2,5 m y 2,0 m, y calificadas según Casagrande respectivamente como CL arcilla plástica, y GC grava de matriz arcillosa, ambas son calificadas de plástica.

El horizonte geotécnico semiprofundo, tiene valores de golpeo comprendidos entre 9 y 23 golpes, determinando un valor característico de 10 golpes y una resistencia en punta media Rp de 74 Kp/cm<sup>2</sup>, con valores extremos de 74 Kp/cm<sup>2</sup> y 171 Kp/cm<sup>2</sup>.

De todo lo anterior mencionado podemos afirmar:

- 1- La existencia de cobertera vegetal y/o rellenos antrópicos con un espesor irregular.
- 2- La presencia de dos horizontes geotécnicos uno superficial hasta los - 3,6 m de profundidad, y uno semiprofundo.
- 3- La resistencia en punta estimada para el horizonte superficial sobre las arcillas es de 52 Kp/cm<sup>2</sup>, y para el horizonte geotécnico semiprofundo 74 kp/cm<sup>2</sup>.
- 4- **La tensión admisible para una cimentación de zapatas de hormigón armado superficial entorno a 2,5 m de profundidad es 1,2 Kp/cm<sup>2</sup>, y entorno a 3,6 m de profundidad es de 1,5 Kp/cm<sup>2</sup>.**

La ripabilidad en la EDAR hasta los 4,0 m de profundidad es elevada, siendo ripable por medio de excavadora convencional.

El nivel freático es muy superficial requiriéndose el empleo de bombas para la ejecución de la obra a a partir de los 2,3 m de profundidad.

En el caso de realizar una losa de hormigón debe de tenerse en cuenta la subpresión realizada por el empuje del agua y que será de unos  $0.1 \text{ kg/cm}^2$  por metro sumergido.

### 5-Cala Tarida, San Josep.

El único horizonte geotécnico definido está formado por calizas arenosas irregular cementadas y/o meteorizadas. Podemos estimar un índice R.Q.D. conservador, para este tipo de materiales, y según la experiencia de LBC, del 20 - 50%, pudiéndose calificar la calidad de la roca como de mala a regular. En este tipo de materiales, los valores de compresión simple suelen estar comprendidos entre 100 y 200  $\text{kp/cm}^2$ , en función del grado de meteorización y/o cementación.

Su ripabilidad (facilidad de excavación) es baja y estará en función del grado de cementación, haciendo necesario el empleo de martillo neumático.

De los resultados obtenidos podemos afirmar:

- 1- En el sector estudiado se diferencia, en función de la litología y propiedades geotécnicas, un único horizonte geotécnico de calizas.
- 2- El nivel freático no ha sido detectado. Cabe esperarlo a cota del nivel del mar o ligeramente superior.
- 3- No existen litologías susceptibles de ser expansivas, ni sulfatos solubles agresivos al hormigón.

Para cota de cimentación sobre el substrato de roca, único horizonte geotécnico definido, y para calcular la presión de hundimiento en roca, Jiménez Salas et al. 1981 aceptan que sea tres veces la resistencia a compresión simple, siendo la carga admisible un sexto de la presión de rotura,  $q_a = 0.5 \times q_u$ . De manera aún más conservadora, el Uniform Building Code 1961, fija de manera orientativa la carga admisible en un 20 % de la presión de rotura,  $q_a = 0.2 \times q_u$ .

Para una cimentación por zapatas cuadradas, con un coeficiente de Poisson en calizas arenosas de  $\nu = 0.23$ , considerando una relación de forma  $L/B = 1$  y para una cimentación rígida un  $B_z = 1.08$ . Si consideramos una relación  $E_r/q_u$  para calizas arenosas de 300, y para una presión de rotura conservadora de  $q_u = 100 \text{ Kp/cm}^2$ , el módulo de elasticidad estimado es  $E_r = 30.000 \text{ Kp/cm}^2$ . Si consideramos la rigidez de las discontinuidades del lado conservador  $K_n = 3 \times 10^5 \text{ T/m}^3$  y un R.Q.D. del 40 %, el factor de reducción para pasar del módulo de elasticidad de la roca, al módulo del macizo rocoso es 0.2 por lo que  $E_m = 60.000 \text{ T/m}^2$ .

El asiento estimado para una zapata de hormigón armado cuadrada o corrida para una **tensión de trabajo entorno a  $3,0 \text{ Kp/cm}^2$**  sería despreciable. Este valor sólo puede considerarse de forma estimativa, reduciendo su incertidumbre con ensayos de campo in situ y/o de laboratorio.

### 7.1. Recomendaciones constructivas.

Es recomendable eliminar la cobertera vegetal y limpiar el fondo de la cimentación.

Es recomendable, una vez alcanzada la cota de cimentación, la inspección geotécnica de la excavación por un técnico de LBC a fin de evaluar posibles anomalías en el substrato del solar, o cambios litológicos superficiales en la obra.

E.D.A.R.	Nivel freático	Substrato	Tensión admisible
San Francesc Xavier.	Nivel del mar	Calcarenita	2,5 kp/cm <sup>2</sup>
Santa Eularia del Riu.	Nivel del mar Torrent S'Argentera	Granular	2,0 kp/cm <sup>2</sup>
Sant Antonio de Portmany	Nivel del mar	Caliza	2,5 kp/cm <sup>2</sup>
Platja d'en Bossa, Ses Salinas.	Nivel del mar afllora a +/- 2,3 m	Granular	1,2 kp/cm <sup>2</sup>
Cala Tarida, San Josep.	Nivel del mar	Caliza	3,0 kp/cm <sup>2</sup>



## 8. CONCLUSIONES

La inspección geotécnica realizada en cada estación depuradora de aguas residuales, y los ensayos de campo y de laboratorio han permitido definir los caracteres geotécnicos del sustrato.

La carga admisible estará en función del tipo de cimentación a adoptar y de los caracteres estructurales de la construcción a realizar. Seguidamente se realiza la estimación de la tensión admisible de cada E.D.A.R.

E.D.A.R.	Nivel freático	Sustrato	Tensión admisible
San Francesc Xavier.	Nivel del mar	Calcarenita	2,5 kp/cm <sup>2</sup>
Santa Eularia del Riu.	Nivel del mar Torrent S'Argentera	Granular	2,0 kp/cm <sup>2</sup>
Sant Antonio de Portmany	Nivel del mar	Caliza	2,5 kp/cm <sup>2</sup>
Platja d'en Bossa, Ses Salinas.	Nivel del mar aflora a +/- 2,3 m	Granular	1,2 kp/cm <sup>2</sup>
Cala Tarida, San Josep.	Nivel del mar	Caliza	3,0 kp/cm <sup>2</sup>

La ripabilidad es diferente en cada EDAR, siendo necesario el empleo de martillo neumático en función de la cota de cimentación en San Francesc Xavier, Sant Antoni de Portmany, y Cala Tarida.

En general el nivel freático cabe esperararlo profundo y no afectará la cimentación, con la excepción del EDAR de Platja d'en Bossa, que es muy superficial entorno a 2,3 m de profundidad.

No han sido observadas arcillas susceptibles a la expansividad, ni detectados sulfatos solubles agresivos al hormigón.

Este informe consta de 23 páginas numeradas y de un anexo.

Palma de Mallorca, a 10 de marzo de 2003

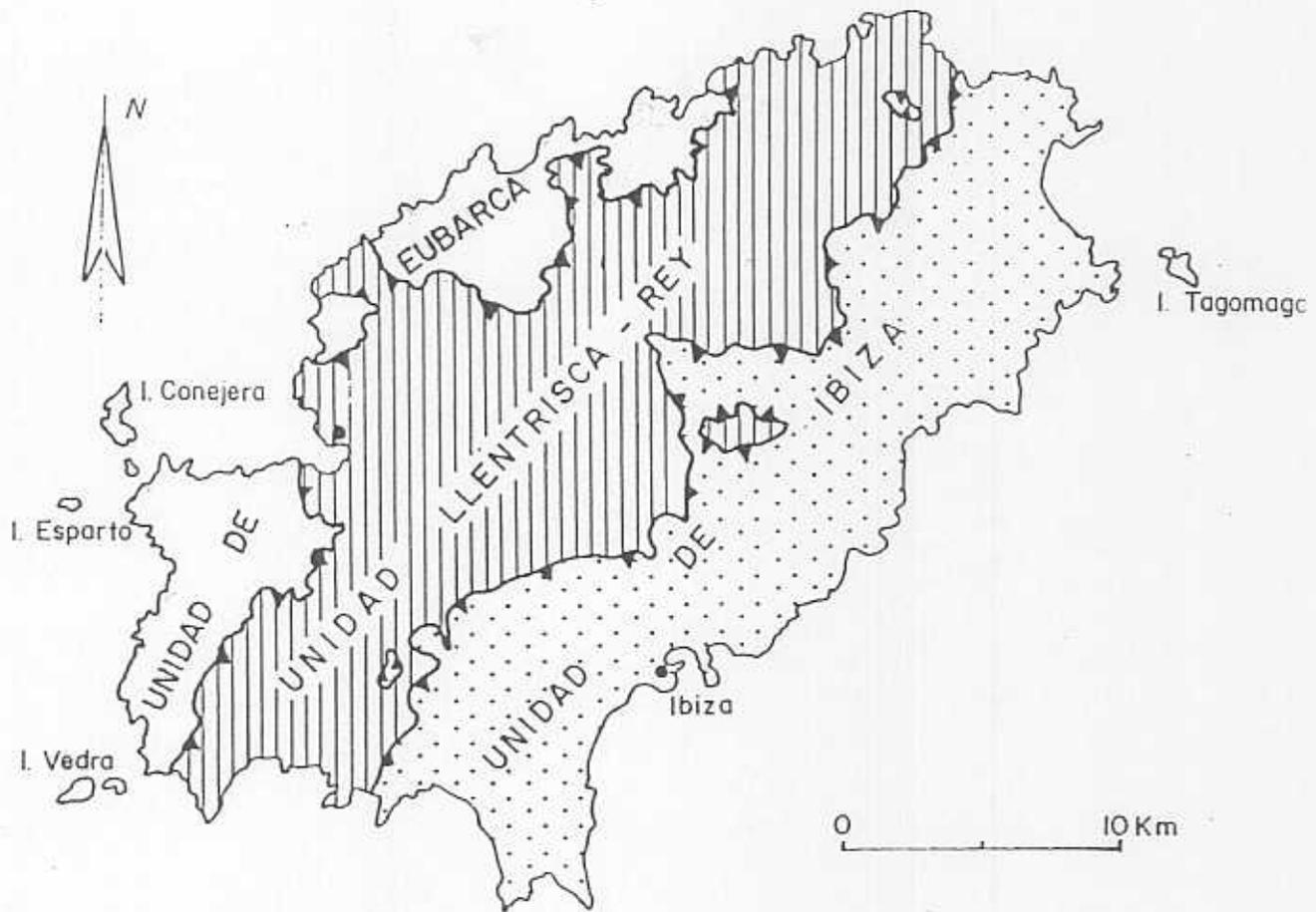


**Feliu Calafat Colom**  
Geólogo



**Cristina Molina Martinez**  
Director Dept. de Geotecnia



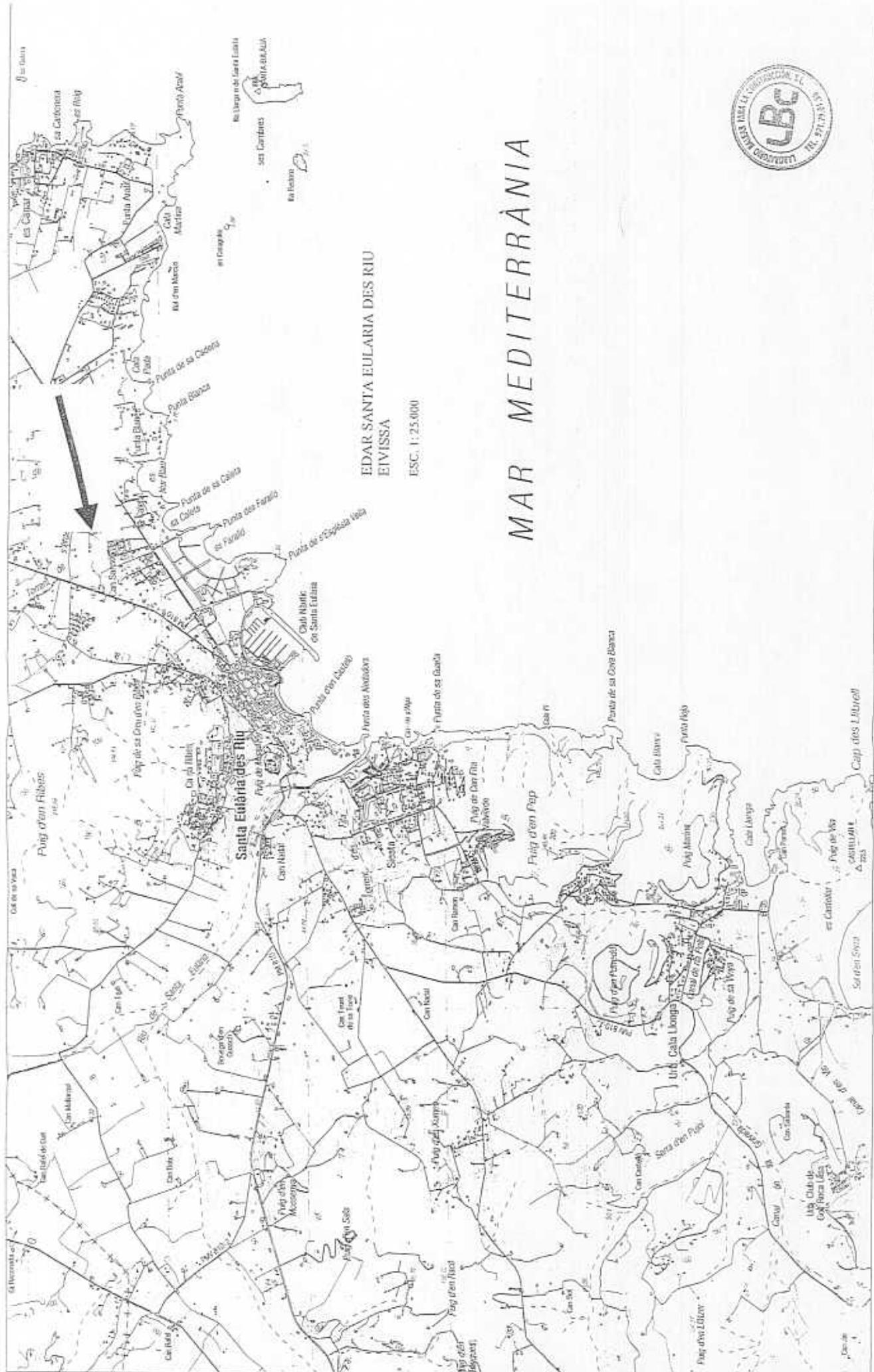


## ESQUEMA ESTRUCTURAL GEOLOGICO DE IBIZA









EDAR SANTA EULARIA DES RIU  
EIVISSA

ESC. 1:25.000

# MAR MEDITERRÀNIA





# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L



ISO 9001:2000



## ESTACIONES GEOTÉCNICAS:

Obra: EDAR SAN FRANCISCO JAVIER FORMENTERA



# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº 1

Referencia: 21101

Peticionario: IBASAN

Obra: EDAR SAN FRANCISCO JAVIER FORMENTERA.

SITUACIÓN: VISTA GENERAL ENTRE LA EDAR Y EL ESTANC PUDENT.

DESCRIPCION: La estación depuradora se encuentra en la zona superior de un promontorio con una suave pendiente hacia el estanc pudent. La cobertera vegetal del entorno es escasa y en general inexistente aflorando el substrato rocoso.



## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº 2

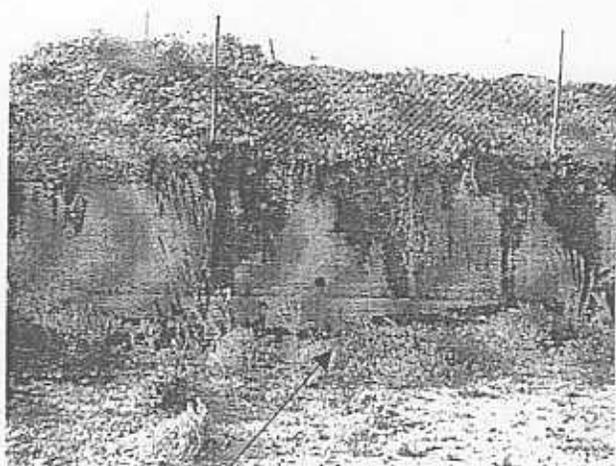
Referencia: 21101

Peticionario: IBASAN

Obra: EDAR SAN FRANCISCO JAVIER, FORMENTERA.

SITUACIÓN: ENTRE LA EDAR Y EL ESTANC PUDENT.

DESCRIPCION: Talud confinado por un muro de hormigón. El muro tiene una cimentación corrida de unos 60 cm de ancho y un canto de 30 cm, con una altura de 100 cm. La cimentación se dispone sobre el substrato rocoso de calcarenitas. El relleno antrópico constituye la plataforma que regulariza el desnivel topográfico existente.



Cimentación  
corrida 30x60 cm<sup>2</sup>

Relleno  
antrópico

Calcarenita



## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº 1

Referencia: 21101

Peticionario: IBASAN

Obra: ESTACION DEPURADORA DE SANTA EULARIA DEL RIU

SITUACIÓN: CAMINO EXTERIOR PERIMETRAL Y FONDO DE LA DEPURADORA

DESCRIPCION: Relieve llano con suave pendiente en dirección al torrente. Existe un desnivel topográfico de unos 1,5 m entre el recinto de la estación depuradora más bajo, y el camino perimetral más elevado. No existen afloramientos del substrato, pero por las caracteres observados, cabe espera un substrato formado por limos y gravas de origen aluvial coluvial, sobre el que se desarrolla una cobertera vegetal de limos y gravas.



EDAR



EDAR



## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº2

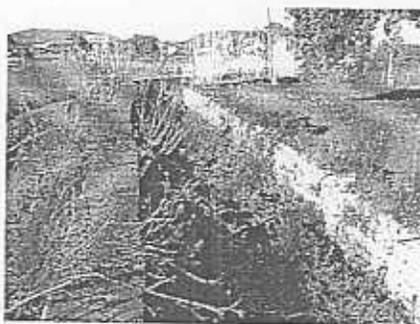
Referencia: 21101

Peticionario: IBASAN

Obra: ESTACION DEPURADORA DE SANTA EULARIA DEL RIU

SITUACIÓN: TORRENTE EXTERIOR PERIMETRAL A LA EDAR

DESCRIPCION: Cauce del torrent de S'Argentera. El cauce está revestido por muros de fábrica de piedra aguas arriba con una sección poligonal rectangular, y tiene muros y solera de hormigón con sección troncooidal de unos 2 m de profundidad, por 3 m de anchura perimetral a la EDAR. No existen afloramientos del substrato, pero por las caracteres observados, cabe espera un substrato formado por limos y gravas de origen aluvial coluvial, sobre el que se desarrolla una cobertera vegetal de limos y gravas.



CAUCE DEL  
TORRENTE  
MUROS DE  
PIEDRA



EDAR

CAUCE DEL  
TORRENTE  
DE  
HORMIGÓN

## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº 3

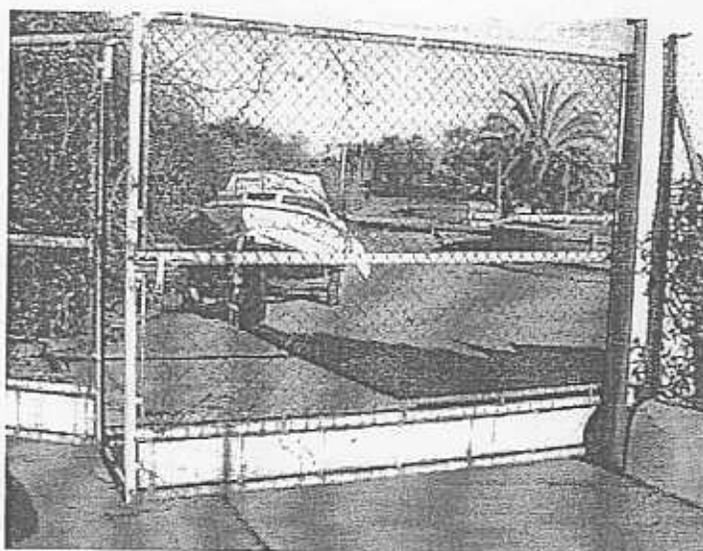
Referencia: 21101

Peticionario: IBASAN

Obra: ESTACION DEPURADORA DE SANTA EULARIA DEL RIU

SITUACIÓN: INTERIOR DE LA DEPURADORA LIMITE CON EL CAMINO PERIMETRAL

DESCRIPCION: Relieve llano. Existe un desnivel topográfico de unos 1,5 m entre el recinto de la estación depuradora más bajo, y el camino perimetral más elevado. No existen afloramientos del substrato, pero por las caracteres observados, cabe esperar un relleno antrópico formado por el asfalto la base explanada, y el substrato formado por limos y gravas de origen aluvial coluvial.





**Referencia: 21101/1/2**

Peticionario: IBASAN

Obra: NUEVO EDAR CALA TARIDA EIVISSA

Calicata C-1

Fecha: 29.1.2003

Máquina: MIXTA JCB

Martillo neumático

Profundidad en m.	CARACTERES LITOLÓGICOS		FOTOGRAFÍAS
	Perfil litológico	Naturaleza del terreno	
0,0		<p><b>Cota de explanada</b></p> <p>Cobertera vegetal 0 a 0,3 m</p> <p>Arcillas y limos con gravillas y materia orgánica</p> <p><b>Substrato</b></p> <p>Brecha caliza arenosa con recristalizaciones</p> <p>Brecha caliza arenosa muy fragturada</p> <p><b>Final 1.2 m</b></p>	
-1,0			

Geólogo: Feliu Calafat

**Referencia: 21101/1/2**

Peticionario: IBASAN

Obra: NUEVO EDAR CALA TARIDA EIVISSA

Calicata C-2

Fecha: 29.1.2003

Máquina: MIXTA JCB

Martillo neumático

Profundidad en m.	CARACTERES LITOLÓGICOS		FOTOGRAFÍAS
	Perfil litológico	Naturaleza del terreno	
0,0	<p><b>Cota de explanada</b>                      Cobertera vegetal 0 a 0,15 m                      Arcillas y limos con gravillas y materia orgánica  <b>Substrato</b>                      Brecha caliza arenosa con recristalizaciones                      Brecha caliza arenosa muy fragturada                      Final 1.3 m</p>		
-1,0			

Geólogo: Feliu Calafat

# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



**ESTACIONES GEOTÉCNICAS:**  
**Obra: EDAR SANT ANTONI DE PORTMANY. EIVISSA**

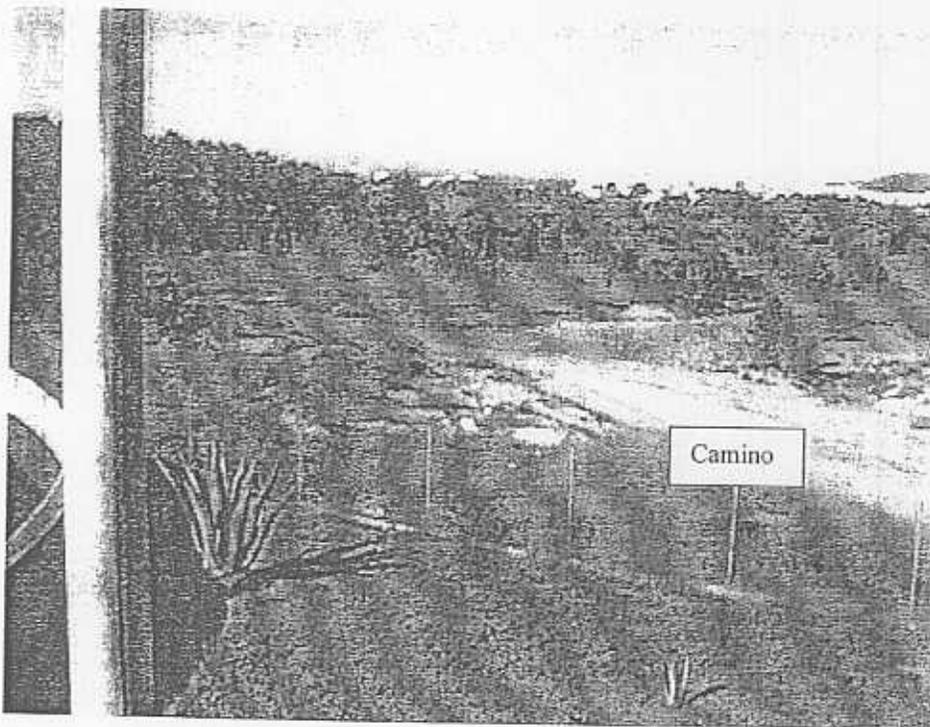


## ESTACIÓN GEOTÉCNICA Nº 1

Referencia: 21101  
 Peticionario: IBASAN  
 Obra: EDAR SANT ANTONI DE PORTMANY EIVISSA.

SITUACIÓN: Lateral exterior de la EDAR. Zona de depósito de inertes.

DESCRIPCION: El relieve está suavizado por una cobertera de rellenos antrópicos de potencia irregular desde prácticamente inexistente a un 1,5 m, en función del relieve topográfico original y los acopios, y de disposición discordante sobre el substrato rocoso. La cobertera vegetal es prácticamente inexistente.

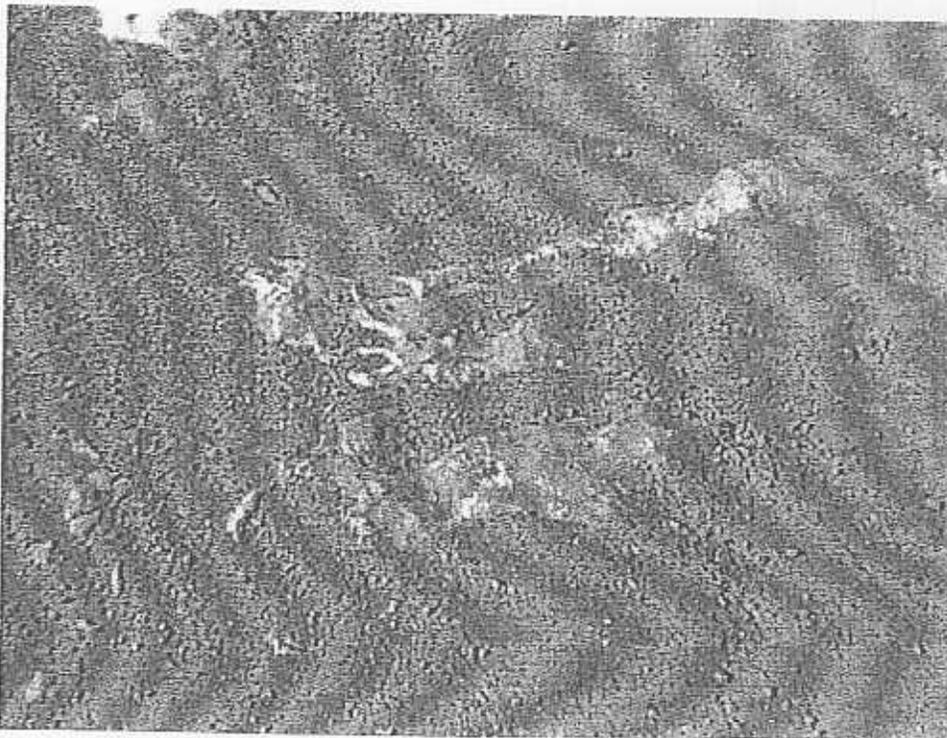


## ESTACIÓN GEOTÉCNICA N°2

Referencia: 21101  
Peticionario: IBASAN  
Obra: EDAR SANT ANTONI DE PORTMANY EIVISSA.

SITUACIÓN: Exterior de la EDAR, camino de la estación de residuos inertes.

DESCRIPCION: En el camino y en el entorno existen afloramiento de orden métrico del substrato rocoso. El substrato está formado por calizas arenosas y calcarenita con estratificación inclinada decimétrica. El substrato se encuentra con huecos decimétricos por karstificación.



# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



**CALICATAS:**  
**Obra: EDAR CAN BOSSA SES SALINAS. EIVISSA**



**Referencia: 30764/21101/1**

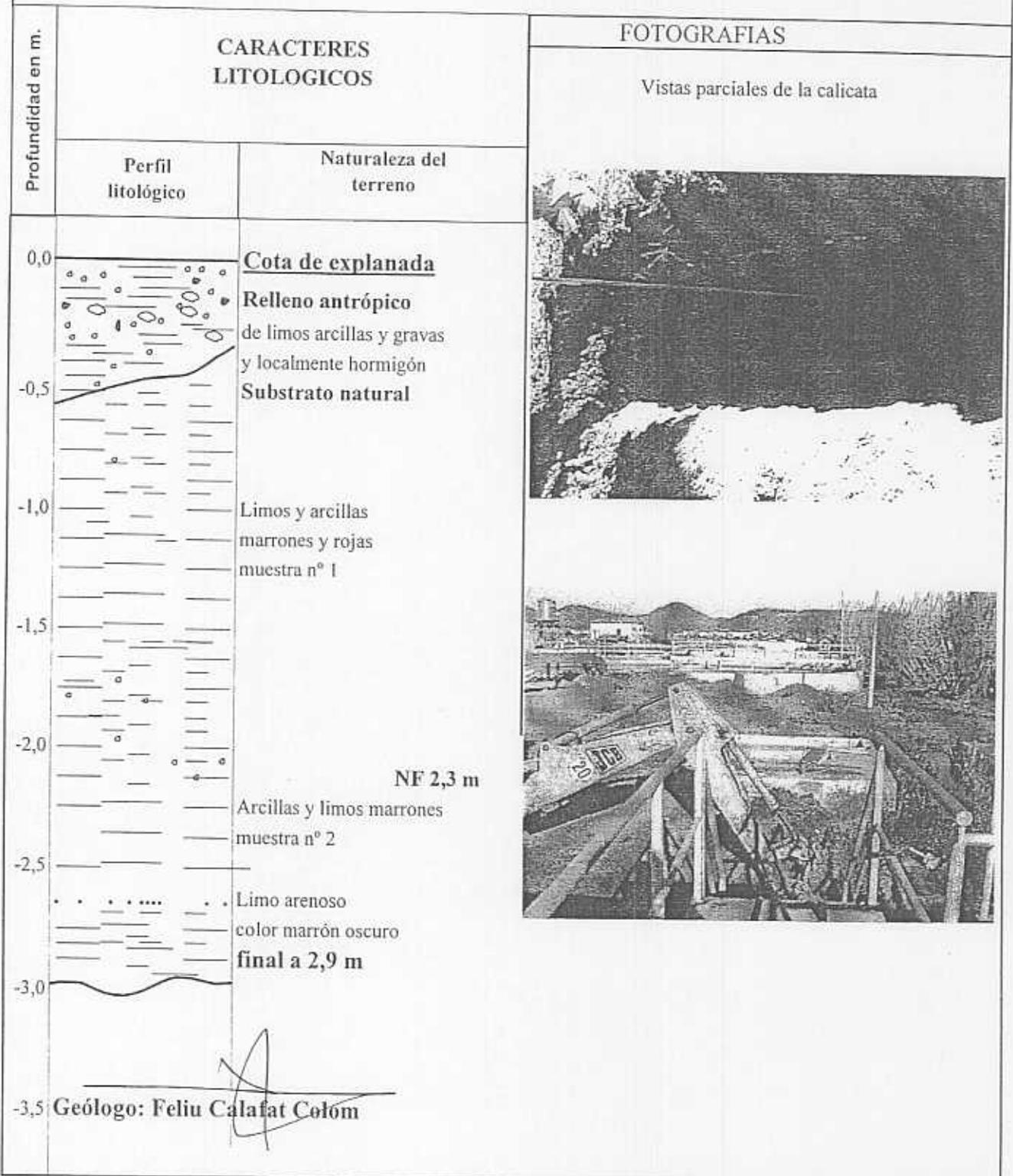
Peticionario: Institut Balear de Sanejament

Obra: EDAR Can Bossa Ses Salinas (EIVISSA)

Calicata C-1

Fecha: 28.01.2003

Máquina: Excavadora mixta JCB



**Referencia: 30764/21101/1**

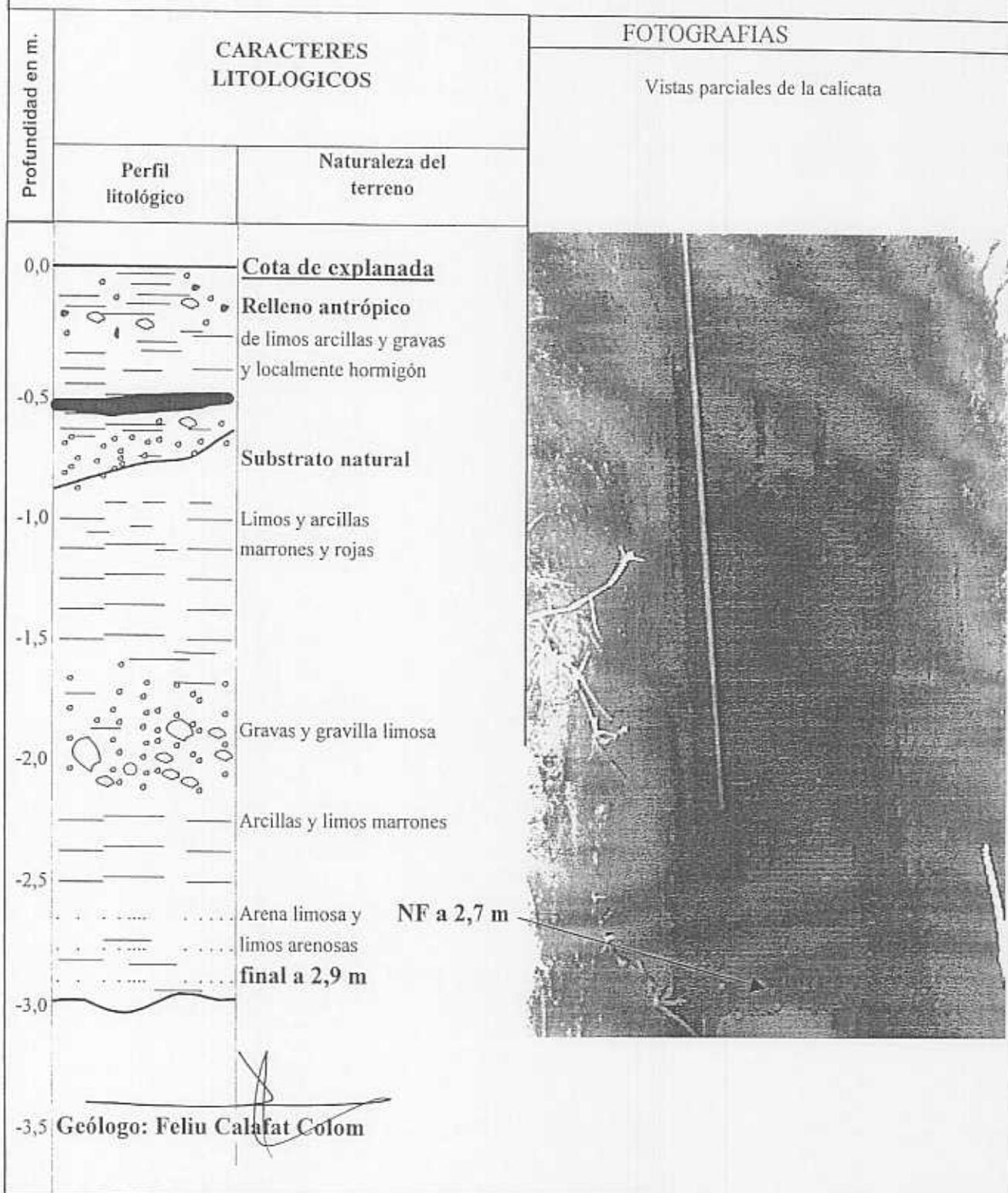
Peticionario: Institut Balear de Sanejament

Obra: EDAR Can Bossa Ses Salinas (EIVISSA)

Calicata C-2

Fecha: 28.01.2003

Máquina: Excavadora mixta JCB



# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



**PENETRACIONES DINÁMICAS:**  
**Obra: EDAR CAN BOSSA SES SALINAS. EIVISSA**



Referencia:

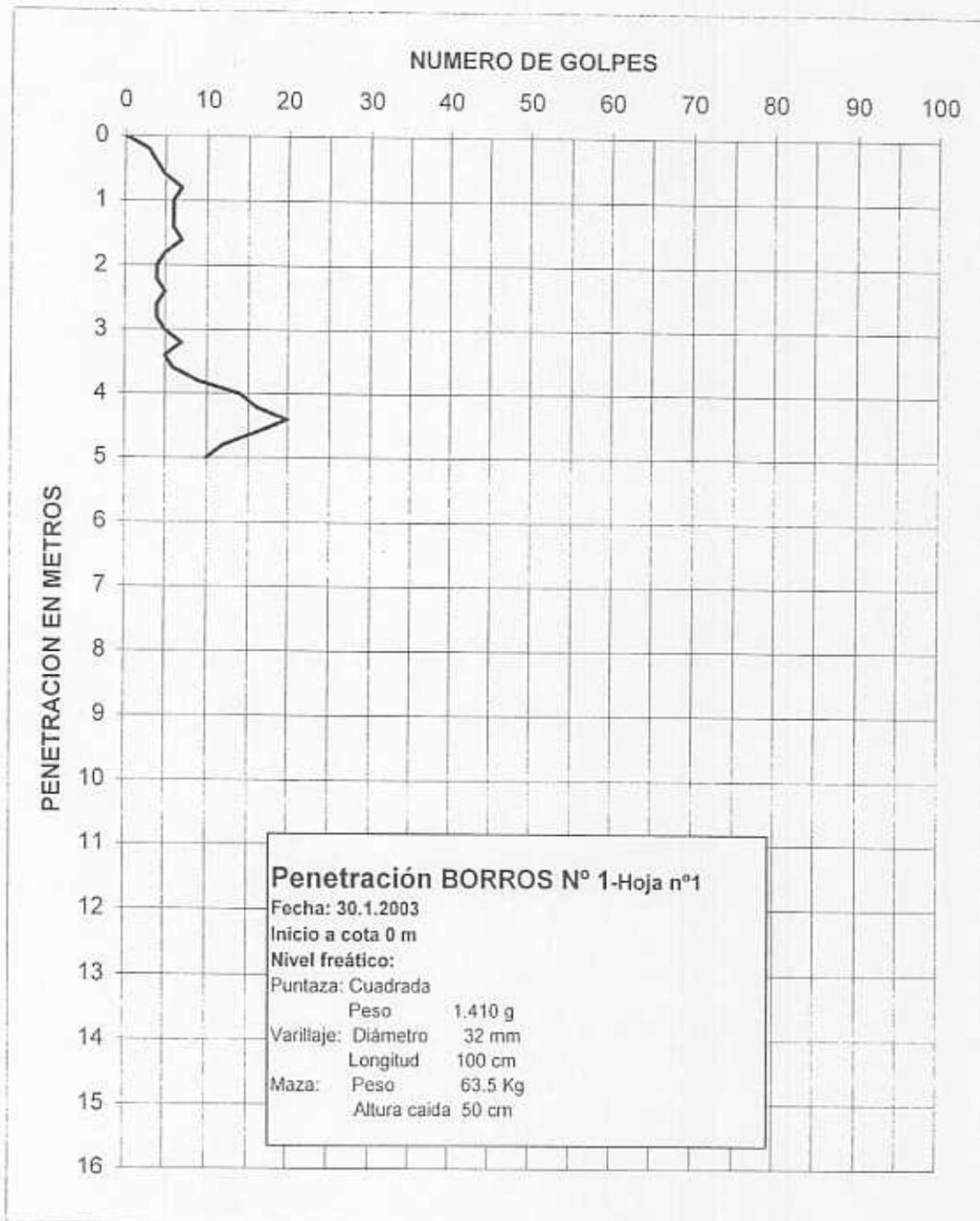


Peticionario:

IBASAN

Obra:

EDAR CAN BOSSA SES SALINAS EIVISSA



  
**Feliu Calafat**  
Geólogo



  
**Cristina Molina**  
Director de Geotecnia

Referencia:

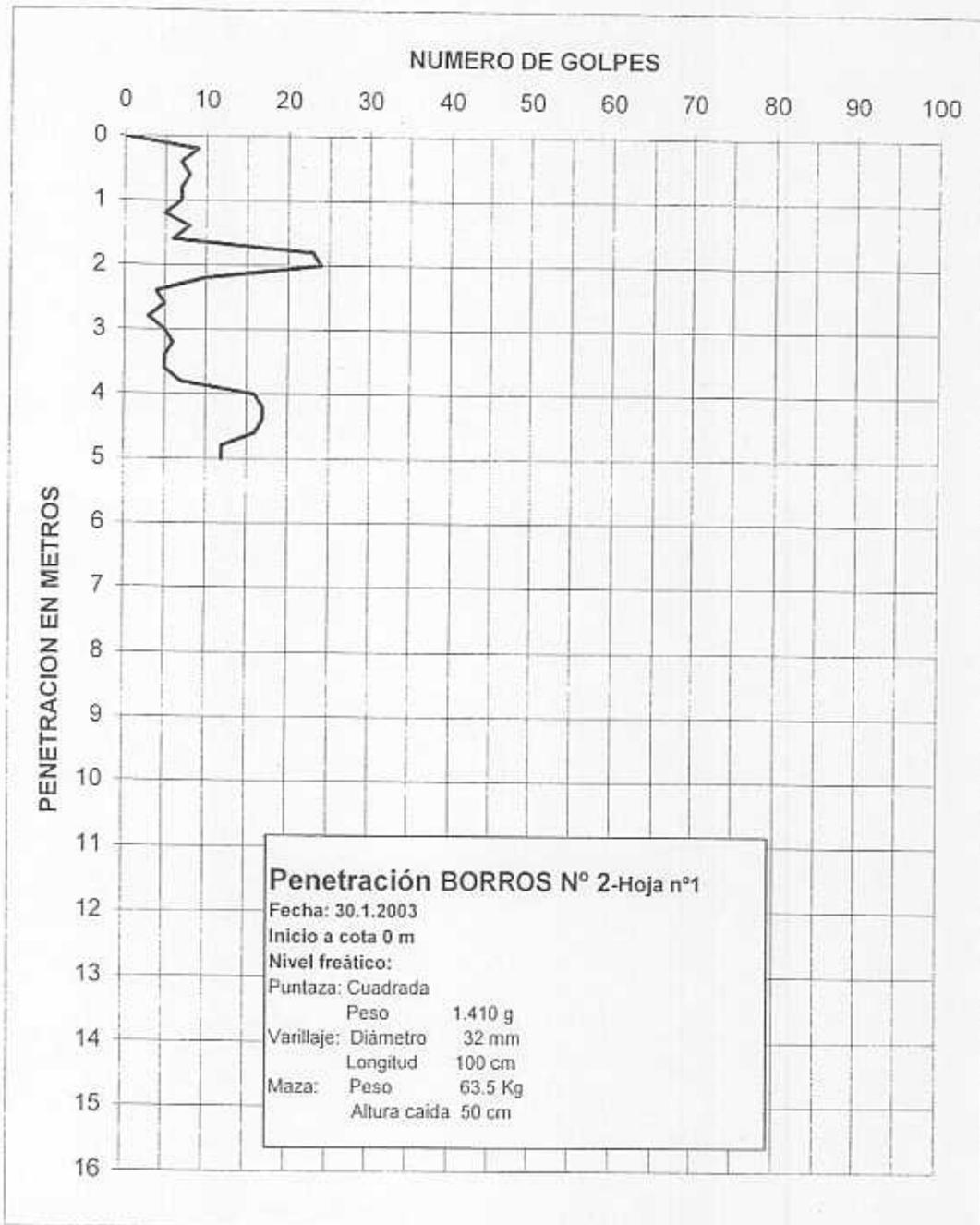


Peticionario:

IBASAN

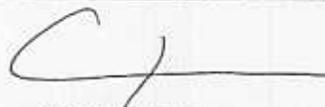
Obra:

EDAR CAN BOSSA SES SALINAS EIVISSA



  
Feliu Carafat  
Geólogo



  
Cristina Molina  
Director de Geotecnia

Referencia:

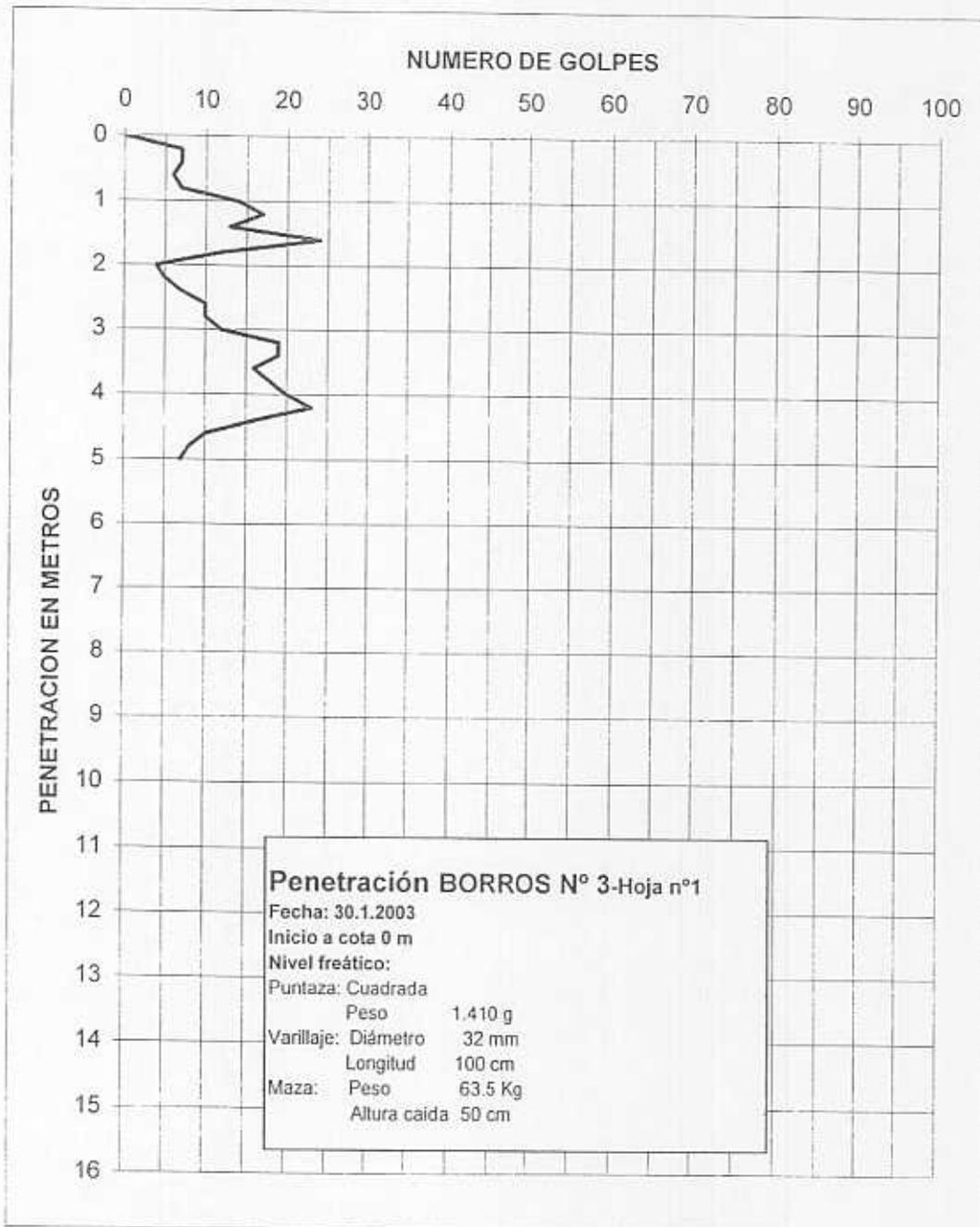


Peticionario:

IBASAN

Obra:

EDAR CAN BOSSA SES SALINAS EIVISSA



Feliu Calafat  
Geólogo



Cristina Molina  
Director de Geotecnia

# LBC

LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L.



ENSAYOS:



REFERENCIA:



Pág 1 de 1

PETICIONARIO:

INSTITUT BALEAR DE SANEJAMENT

OBRA:

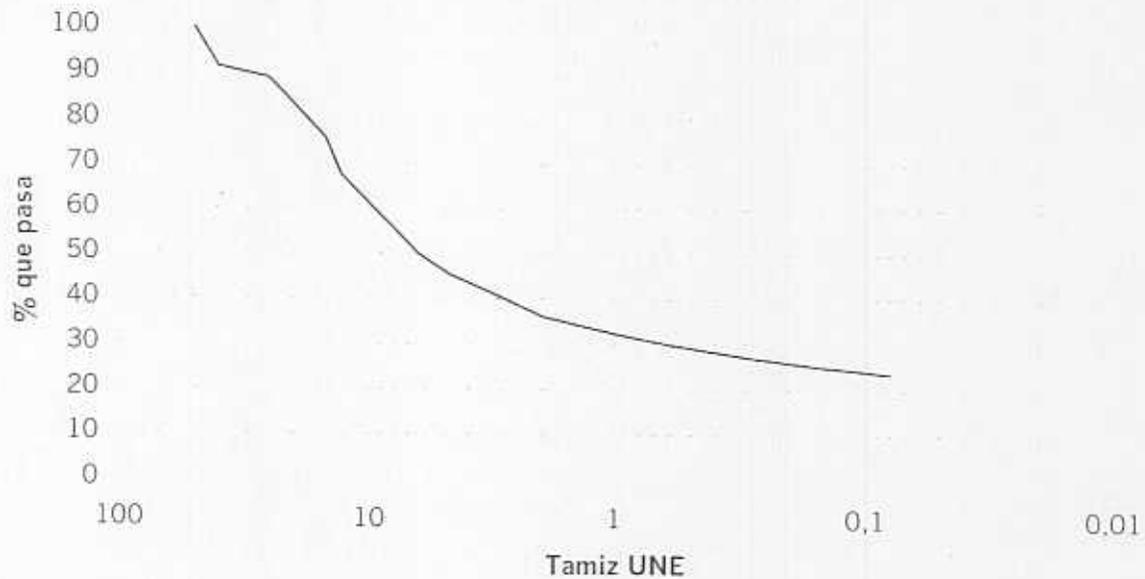
5 EDAR EN EIVISSA I FORMENTERA

MUESTRA:

PLATJA DEN BOSSA: CALICATA Nº2: MUESTRA Nº1

## RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO UNE 7-376-75



TAMICES UNE	50	40	25	15	13	10	8	6,3	4,76	2	1	0,6	0,297	0,15	0,08
% QUE PASA	100	91	89	76	68	61	56	50	45	36	32	30	27	25	24

LIMITES ATTERBERG UNE 103-104-93 /103-103-94

Límite Líquido 29,8

Límite Plástico 13,6

Índice de plasticidad 16,2

Código equipo: 5-129

HUMEDAD UNE 103-300-93

9,4 %

SULFATOS UNE 103-202-95

Palma, a 6 de febrero de 2003

Catalina Moll  
Departamento Técnico



CLASIFICACION CASAGRANDE  
GC-Gravas arcillosas

CARBONATOS UNE 103-200-93

- % CO<sub>3</sub>Ca

Código equipo: 5-130

DENSIDAD HUMEDA UNE 103-301-94

- g/cm<sup>3</sup>

DENSIDAD SECA UNE 103-301-94

- g/cm<sup>3</sup>

Cristina Maestre  
Dirección Técnica de Ensayos

REFERENCIA:  
PETICIONARIO:  
OBRA:  
MUESTRA:

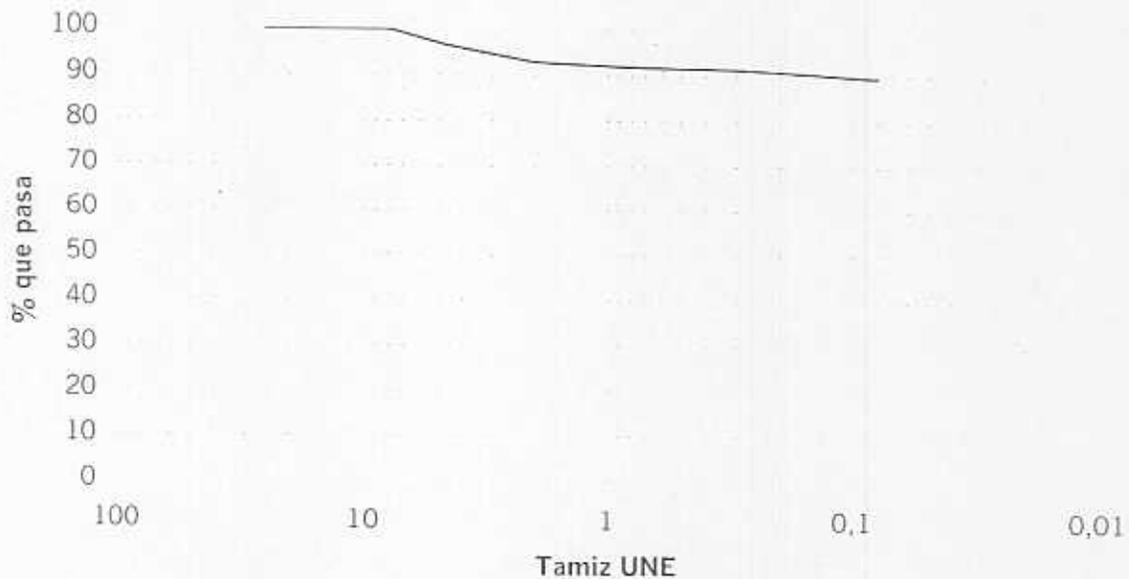


4 3 0 7 3 3 1 0 2 1 1 0 1 1 0 0 3 4  
 INSTITUT BALEAR DE SANEJAMENT  
 5 EDAR EN EIVISSA I FORMENTERA  
 PLATJA DEN BOSSA: CALICATA Nº1: MUESTRA Nº2 A 2,5m

Pág 1 de 1

## RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO UNE 7-376-75



TAMICES UNE	25	15	13	10	8	6,3	4,76	2	1	0,6	0,297	0,15	0,08
% QUE PASA	100	100	100	100	100	98	97	93	92	92	91	91	90

LIMITES ATTERBERG UNE 103-104-93 /103-103-94

Límite Líquido 31,6  
 Límite Plástico 15,3  
 Índice de plasticidad 16,3

Código equipo: 5-129

HUMEDAD UNE 103-300-93

25,6 %

SULFATOS UNE 103-202-95

Palma, a 6 de febrero de 2003

  
 Catalina Moll  
 Departamento Técnico



CLASIFICACION CASAGRANDE  
 CL Arcillas

CARBONATOS UNE 103-200-93  
 - % CO<sub>3</sub>Ca

Código equipo: 5-130

DENSIDAD HUMEDA UNE 103-301-94  
 - g/cm<sup>3</sup>

DENSIDAD SECA UNE 103-301-94  
 - g/cm<sup>3</sup>

  
 Cristina Maestre  
 Dirección Técnica de Ensayos



LABORATORIO BALEAR  
PARA LA CONSTRUCCION, S.L



Laboratorio  
acreditado en  
HA Hormigón armado  
ST Sondeos-Geotécnica  
SE Mecánica de suelos  
SF Pavimentos de carreteras

REFERENCIA:  
PETICIONARIO:  
OBRA:  
MUESTRA:



+ 3 0 7 3 4 / 0 2 1 1 0 1 / 0 0 4 +  
INSTITUT BALEAR DE SANEJAMENT  
5 EDAR EN EIVISSA I FORMENTERA  
CALA TARIDA: CALICATA C-1 A 0.8m

Pág. 1 de 1

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS DE ROCA  
NORMATIVA: UNE-EN-1926

Forma del testigo:	Cilíndrica
Diámetro, cm:	6.8
Altura, cm:	8.8
Sección, cm <sup>2</sup> :	36.3
Código prensa de ensayo:	5-162
Carga de rotura, Kp:	6025
Tensión de rotura, Kp/cm <sup>2</sup> :	166

Densidad aparente (g/ml):	2.28
Resistencia (Kp/cm <sup>2</sup> ):	166

Observaciones:

Palma, a 7 de febrero de 2003

  
Catalina Moll  
Departamento Técnico



  
Cristina Maestre  
Dirección Técnica de Ensayos



---

## **Anexo III Estudio geológico-geotécnico para el emplazamiento de la balsa de regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares**

---

**Emplazamiento de la balsa de regulación de la Estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR) , en e término municipal de San Francisco Javier, Formentera, Islas Baleares**



**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO .....	2
2. DATOS CONSTRUCTIVOS DE PARTIDA .....	4
3. CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO .....	5
4. MARCO LITOLÓGICO GENERAL Y LOCAL DEL ÁREA .....	7
5. SISMOTECTÓNICA Y NEOTECTÓNICA DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN .....	11
6. COLUMNA LITOLÓGICA. TIPO DEL SUBSUELO.....	19
7. TRATAMIENTO ESPECIAL AL MATERIAL CALCARENÍTICO .....	21
8. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES .	23
9. ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA OBRA.....	26
9.1 <u>Ideas generales</u> .....	26
9.2 <u>Cimentaciones</u> .....	28
9.3 <u>Excavación</u> .....	32
9.4 <u>Niveles freáticos, química del agua y agresividades</u> .....	34
10. CONSIDERACIÓN FINAL.....	35
11. ANEJOS .....	36

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **1.- ANTECEDENTES Y OBJETO.**

A petición de Dña. Beatriu Marco Arroyo, EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA S.A. (TRAGSA), con domicilio en la Avenida Alejandro Roselló número 10, 5º A 07002 de Palma de Mallorca, se ha procedido a la realización de este informe incluido en las obras nº 12618 de la A.T. del Plan Nacional de Regadíos.

Su objetivo se centra en la caracterización geológica-geotécnica del sustrato geológico presente en la zona de construcción de una Balsa de Regulación con el fin de poder acumular el agua procedente de una estación depuradora (EDAR) localizada en el término municipal de San Francisco, que será utilizada para riego de la zona cuando las condiciones hídricas del momento lo requieran. Con la construcción de este depósito se buscan dos aspectos importantes en la zona como son; un almacenamiento controlado de agua con fines de riego, además de una depuración más efectiva sobre el agua que pueda ejercer una desinfección aerobia.

Se pretende con este informe, obtener los datos y características básicas que permitan estudiar las condiciones de cimiento más adecuadas y demás aspectos relacionados con el terreno, tanto en la interfase terreno balsa, como en la construcción de terraplenes y demás aspectos relacionados.

En los capítulos de la presente memoria, se procede a describir la metodología empleada, los trabajos realizados, las características litológicas del terreno, su ubicación en el marco geológico a escala regional y local,

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

sismotectónica y neotectónica de la zona, así como los parámetros y características geológico-geotécnicas de los materiales, con el fin de analizar la tipología y base de diseño para la colocación del núcleo, base y coronación de terraplén, método de ejecución más recomendable y demás aspectos relacionados con la construcción de la Balsa de Regulación y con las características constructivas propuestas a priori en el apartado 2 del presente informe.

En los Anejos, se recogen los resultados de los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio realizados, así como todo tipo de mapas generados a partir de la documentación extraída, además de croquis de situación y un extenso reportaje fotográfico.

INFORME N°: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## 2.- DATOS CONSTRUCTIVOS DE PARTIDA.

En primer lugar, se tiene en cuenta el emplazamiento de la balsa a partir de los siguientes parámetros de importancia prioritaria.

- Cercanía a la depuradora actual (EDAR).
- Fácil acceso.
- Suficiente elevación en cota, con respecto a la zona de riego.
- Proximidad a la estación de bombeo.
- Viabilidad económica.

Partiendo de que la ubicación ha sido elegida, se asumen variaciones mínimas en función del tipo de terreno extraído y de las propias necesidades de la obra. A partir de aquí, se establecen las condiciones de construcción previstas.

La balsa de tiene una capacidad de almacenamiento de 87.000 m<sup>3</sup>, y 7,5 m de altura total (7 m de altura de lámina de agua). La cota de fondo está en 5,5 m y la de coronación en 13 m. El volumen de desmonte es de 42.400 m<sup>3</sup> y el de terraplén 42.500 m<sup>3</sup>.

Es de esperar, que el depósito se ejecutará a partir de terraplenes en forma trapezoidal, con una anchura en coronación del orden de los 5 m y una relación de taludes 2/1, generando así ángulos con la horizontal del orden de 26°-27°.

INFORME N°: 04 971 0466  
 PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares.

04/06/2004

### 3.- CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

Se efectúa una campaña de reconocimiento sobre el terreno, entre los días 10 y 11 de mayo de 2004, la cual se amplía posteriormente durante un periodo de dos semanas y media, con la realización de los ensayos de laboratorio más propicios en función del tipo de terreno extraído.

En lo que a los trabajos de campo se refiere, estos consistieron en un total de **cuatro** sondeos mecánicos geológicos-geotécnicos, con extracción de testigo continuo.

La localización de los ensayos aparece en el croquis de situación adjunto en los anejos, con referencias cercanas a la EDAR de San Francisco.

Los sondeos se llevan a cabo con una sonda de tipo TP-50, montada sobre oruga. Este tipo de sonda ejecuta una perforación a rotación, con un diámetro de 86 mm en este caso, no siendo necesario el revestimiento de los sondeos dada la propia estabilidad del terreno perforado. La longitud total perforada fue de 24.00 m, repartidos entre los dos sondeos según se presenta a continuación:

Sondeo <b>S-1</b>	De 0.00 a <b>8.00 m.</b>
Sondeo <b>S-2</b>	De 0.00 a <b>8.00 m.</b>
Sondeo <b>S-3</b>	De 0.00 a <b>4.00 m.</b>
Sondeo <b>S-4</b>	De 0.00 a <b>4.00 m.</b>

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

Dadas las características que ofrece el terreno, en los sondeos se realizan ensayos estándar de penetración (S.P.T) y toma de muestras inalteradas (MI).

La toma de muestras inalterada, se realiza a percusión mediante un tomamuestras de 75 mm de diámetro exterior, registrándose la resistencia a la hincada, anotándose el número de golpes necesario para las sucesivas tandas correspondientes a 15 cm.

Los ensayos S.P.T. se realizan con la cuchara normalizada, o puntaza ciega dependiendo del caso, según la normativa correspondiente a este tipo de ensayo.

Dada la naturaleza del material, no se procedió a realizar ensayo de permeabilidad tipo Lefranc, por no encontrarse el nivel freático y por tratarse de roca.

Para los ensayos de laboratorio fueron necesarias dos semanas y media, siguiendo exhaustivamente las condiciones que marcan tanto las normas U.N.E., como las N.L.T. (Laboratorio de Geotecnia) correspondientes.

INFORME Nº: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **4.- MARCO LITOLÓGICO GENERAL Y LOCAL DEL ÁREA.**

Las Islas Baleares, enclaves actualmente emergidos del "Promontorio Balear" que como una prolongación sumergida de las Cordilleras Béticas se elevan sobre el fondo del Mediterráneo occidental, se hallan en dos plataformas casi horizontales y poco profundas de apenas cien metros: la occidental, pequeña, contiene las islas de Ibiza y Formentera, y la oriental, algo mayor, contiene las islas de Mallorca, Menorca y Cabrera.

La isla de Formentera desde un punto de vista geológico-geotécnico se encuentra formada por tres grupos de materiales:

1. Materiales formados por calizas del Mioceno Superior, subhorizontalmente en capas de 0.8 a 1 m de potencia.
  - a. Se distribuyen en las zonas escarpadas (generalmente acantilados) de la isla de Formentera.
  - b. Son materiales permeables con circulación de agua ligada a diaclasas y fracturas. Su drenaje superficial bueno y los acuíferos son de poca importancia.
  - c. El relieve es muy abrupto, con pendientes medias superiores al 30 %.
  - d. La capacidad de carga de los materiales es alta y la posibilidad de que se produzcan asentamientos prácticamente nula.
  
2. Constituida por materiales cuaternarios que recubren con potencia variable las calizas miocenas.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

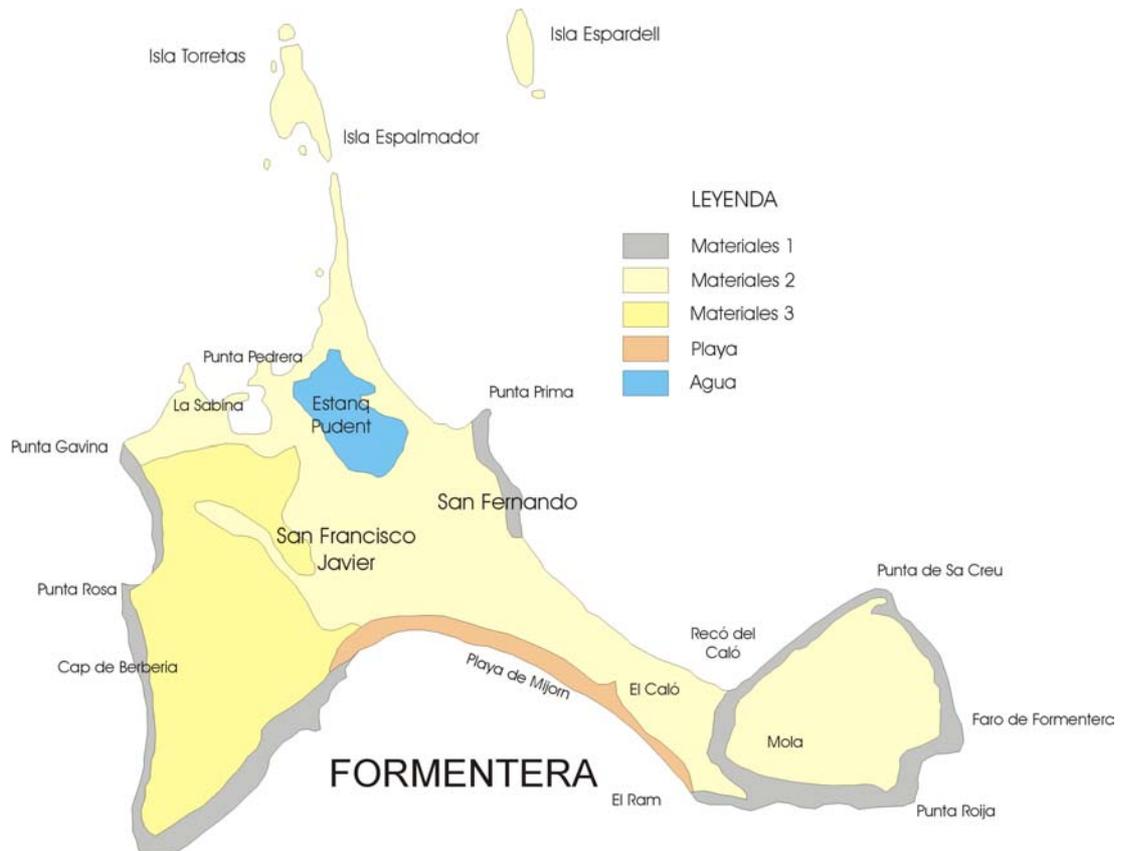
**04/06/2004**

- a. Son conglomerados de origen eluvio-coluvial sobre los que se dispone una costra calcárea que rara vez supera los 40 cm de potencia.
  - b. Son materiales permeables con buen drenaje superficial por escorrentía y/o infiltración. Escasa posibilidad de encontrar acuíferos.
  - c. Es un área completamente llana, sus pendientes no alcanzan nunca el 7 %.
  - d. Se consideran los materiales de este área con capacidad de carga alta y la posibilidad de que se produzcan asentamientos es muy escasa.
3. Materiales formados por depósitos cuaternarios que recubren con más o menos potencia a las calizas miocenas y de litología muy variada.
- a. Se puede considerar, en general, el área como permeable o semipermeable con una percolación completamente llana sin ningún signo de inestabilidad.
  - b. Se consideran los materiales de este área con capacidades de carga media y cabe esperar la posibilidad de que se produzcan en ellos asentamientos de magnitud media.

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004



Distribución de los materiales según sus características geológico-geotécnicas en la isla de Formentera

Si nos centramos en los materiales que afloran en las cercanías del emplazamiento de la balsa de regulación, tendríamos que hablar de distintos materiales geológicos. Por una parte afloran materiales terciarios, que sin duda son los más extendidos en la isla, son calizas y calcarenitas del Tortonense, Mioceno superior.

Por encima de estas calizas y calcarenitas y de manera discordante aparecen materiales cuaternarios de distinta naturaleza:

- a. Arenas blancas correspondientes a un cordón de dunas

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

b. Limos anaranjados de procedencia eólica.

Entre estos materiales junto con algunas arcillas de descalcificación, procedentes de fondos de dolinas, se encuentran representados en la zona de estudio afectados por fracturas de hundimiento que provocan desniveles métricos.

Estas formas de relieve planas u onduladas en algunos casos poseen características geológico-geotécnicas similares a los materiales del tipo 2 anteriormente descritas.

A escala local se registra el material extraído de los sondeos, como una calcarenita de origen eólico. La cobertura vegetal se encuentra desarrollada de manera heterogénea alcanzando valores de 1,00 m de máximo y llegando incluso a estar ausente. A partir de ahí, las calcarenitas presentan distintos estados de alteración y/o cementación no encontrándose en ningún sondeo el nivel freático.

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **5.- SISMOTECTÓNICA Y NEOTECTÓNICA DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN.**

Los materiales que constituyen la isla de Formentera son materiales Neógenos postorogénicos dentro del dominio afectado por las deformaciones alpidicas.

Los estudios sismotectónicos se basan en el análisis de las relaciones entre la tectónica y la sismicidad.

De acuerdo con las Normas Básicas de la Edificación (NBE-AE-88) de las Normas Sismorresistentes, estudiadas, elaboradas y propuestas por la Comisión permanente de Normas Sismorresistentes cuya Presidencia está encomendada a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, actualmente está vigente la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre.

La presente Norma tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de las edificaciones y obras.

La finalidad última de estos criterios es la de evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan ocasionar los terremotos futuros. El promotor podrá requerir prestaciones mayores que las exigidas en esta Norma, por ejemplo el mantenimiento de la funcionalidad de servicios esenciales.

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

La consecución de los objetivos de esta Norma está condicionada, por un lado, por los preceptos limitativos del uso del suelo dictados por las Administraciones Públicas competentes, así como por el cálculo y el diseño especificados en los capítulos siguientes, y por otro, por la realización de una ejecución y conservación adecuadas.

La aplicación de esta Norma es obligatoria si la aceleración sísmica básica es igual o mayor de 0,04·g y deberán tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

La isla de Formentera, en la lista del anejo 1 de la presente Norma (ver lista Anejo I) posee un valor de aceleración sísmica básica igual a 0.04·g, por tanto se ha procedido a la realización de un estudio sismorresistente.

Según el artículo 1.2.1 de la nueva Norma Sismorresistente NCSE-02, el proyectista puede adoptar criterios distintos de los especificados en el presente informe, siempre que pueda justificar que el nivel de seguridad y servicio de la obra no queda disminuido.

La normativa pretende otorgar al proyectista los medios necesarios para poder evaluar los efectos de un posible sismo sobre la estructura, y de ese modo prever los sistemas necesarios para su defensa.

Para ello clasificamos la importancia de la obra proyectada, artículo 1.2.2 de la NCSE-02, de *importancia especial*, incluyéndose en *construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones como depósitos de agua, gas,*

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

*combustible, estaciones de bombeo, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación.*

Por tanto y de acuerdo con los criterios de aplicación de la norma, se obtienen valores de la **aceleración sísmica básica ( $a_b$ )** y el **coeficiente de contribución ( $K$ )**. El primer dato es indicativo de la peligrosidad sísmica de la zona, mientras que el segundo factor especifica la influencia del límite de placa Azores-Gibraltar.

$$a_b = 0,04 \cdot g$$

$$K = (1,0)$$

La **aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )** viene expresada por el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

siendo  $\rho$ , un factor que pondera la importancia de la construcción y la previsión de vida útil de la misma. y  $S$  el coeficiente de amplificación del terreno.

Se utiliza el factor  $\rho$  para mayorar específicamente los efectos del sismo en las construcciones de especial importancia.

El coeficiente adimensional de riesgo,  $\rho$ , toma el valor de  $\rho=1,3$  por tratarse de una construcción de importancia especial. Así, el coeficiente de amplificación del terreno,  $S$ , toma valores:

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

$$\text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g \quad \Rightarrow \quad S = \frac{C}{1,25}$$

Siendo  $C$ , el coeficiente del terreno, que depende de las características geológico-geotécnicas del terreno de cimentación.

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE $C$
<b>I</b>	<b>1,0</b>
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Tipo de **Terreno Tipo I**: Roca, compactada, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $V_s > 750$  m/s.

Por tanto y con estos valores, la **aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )** tiene un valor,

$$S=0,8$$

$$\rho=1,3$$

$$C=1,0$$

$$\mathbf{a_c = 0,0416 \cdot g}$$

Se ha calculado el **espectro elástico de respuesta** para tratar de definir la función  $\alpha(\mathbf{T})$  consiguiendo determinar la influencia que tiene la aceleración

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

del terreno debida a un sismo en la aceleración que finalmente se transmite a la estructura modelizándose como un oscilador armónico simple. Este efecto depende de las características geológico-geotécnicas del material de apoyo del terraplén, haciéndole depender en la norma, únicamente de las características de transmisión de ondas sísmicas del terreno.

$$\text{Si } T < T_A \quad \alpha(T) = 1 + 1,5 \cdot T/T_A$$

$$\text{Si } T_A \leq T \leq T_B \quad \alpha(T) = 2,5$$

$$\text{Si } T > T_B \quad \alpha(T) = K \cdot C/T$$

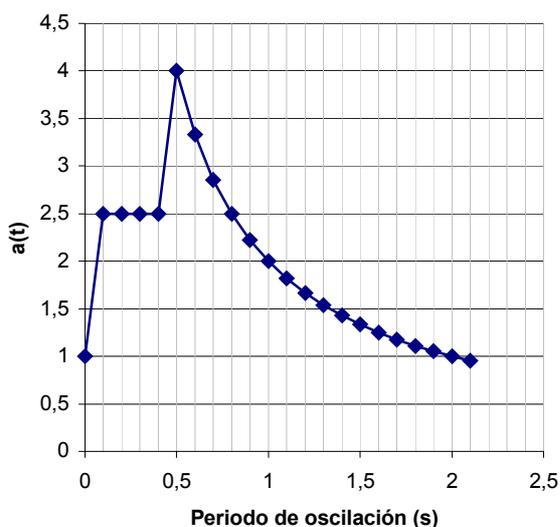
$$T_A = K \cdot C/10$$

$$T_B = K \cdot C/2,5$$

#### ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICA

$$T_A = 0,1 \text{ s}$$

$$T_B = 0,4 \text{ s}$$



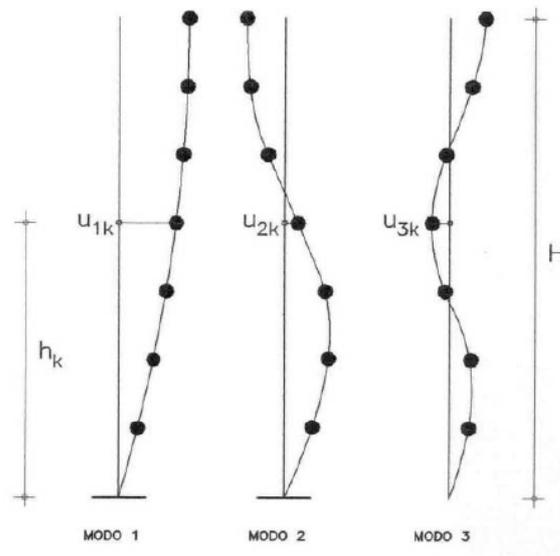
**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

### Modos de vibración. Método de cálculo simplificado.

El número de modos a considerar está en función del periodo fundamental de la construcción  $T_F$ .



Si $T_F \leq 0,75$ s	El primer modo
Si $0,75$ s $< T_F \leq 1,25$ s	El primer y el segundo modo
Si $T_F > 1,25$ s	Los tres modos

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

$$T_F = \frac{0,06 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{H}{2 \cdot L + H}}}{\sqrt{L}}$$

$T_F < 0,75$  s , por lo que consideraremos exclusivamente el primer modo de vibración.

### **Cálculo de las Fuerzas sísmicas**

Fuerza sísmica estática equivalente

$$F_{ik} = S_{ik} \cdot P_k$$

$F_{11} = S_{11} \cdot P_1$  , siendo S un coeficiente adimensional para la planta 1 en modo de vibración 1 y P, el peso correspondiente a la planta 1.

$S_{11} = (a_c/g) \cdot \alpha_1 \cdot \beta \cdot \eta_{11}$  , siendo:

$a_c$ : aceleración de cálculo

$g$ : aceleración de la gravedad

$\alpha_1$ : coeficiente de valor

$\beta$ : Coeficiente de respuesta

$\eta_{11}$ : Factor de distribución

Por tanto,  $F_{11}$ , la fuerza sísmica estática equivalente adquiere un valor de 180 [t], obteniéndose en este caso el mismo valor para las fuerzas cortantes  $V_{11} = 180$  [t].

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

Desde el punto de vista del análisis de la peligrosidad sísmica no se ha analizado la **susceptibilidad de licuefacción** por estimar la NO SUSCEPTIBILIDAD dado la naturaleza del substrato.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **6.- COLUMNA LITOLÓGICA. TIPO DE SUBSUELO.**

En la columna general de la isla de Formentera, el cuaternario se encuentra representado por conglomerados y brechas que forman el contacto con el Mioceno seguido de limos y arcillas colmatados por calizas margosas, arenas y de nuevo materiales finos, arcillas y limos.

En función de los resultados obtenidos, la columna litológica tipo viene representada en el Anejo I del presente informe. A continuación se presenta la descripción de los cortes de los sondeos en conjunto con los datos de los ensayos de penetración y ensayos de laboratorio.

En la columna podemos encontrar en su práctica totalidad materiales calcareníticos con capas de distinta alteración y/o cementación. El nivel freático no aparece en ninguno de los cuatro sondeos realizados.

En todos los sondeos se realizaron ensayos con puntaza ciega, obteniéndose valores:

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares.

**04/06/2004**

SONDEO	COTAS	TIPO	VALOR
S-1	3.00-3.13 m	SPTC	Rechazo (R)
S-2	2.40-2.44 m	SPTC	Rechazo (R)
S-3	3.00-3.44 m	MI	Rechazo (R)
S-4	2.40-2.54 m	MI	Rechazo (R)

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **7.- TRATAMIENTO ESPECIAL AL MATERIAL CALCARENÍTICO.**

En este apartado se pretende analizar el tipo de material sobre el que se pretende asentar la balsa, teniendo en cuenta sus condiciones intrínsecas de porosidad y permeabilidad.

Si tenemos en cuenta los materiales extraídos de los sondeos realizados, las dos calicatas además de los afloramientos existentes en la zona y la propia documentación al respecto, consideramos los condicionantes de porosidad y permeabilidad que estos aportan, sobretodo en el caso que nos ocupa, como es la construcción de una Balsa de Regulación.

Dado que nos encontramos en material de tipo arenítico a calcarenítico, dos de los aspectos más importantes de los mismos son, tanto su capacidad de almacenamiento de aguas como su transporte a favor de escorrentía subterránea.

Estos materiales con una elevada cohesión, de una cierta antigüedad, presentan porosidad a favor de cavidades puntuales (ver fotografía 9, 10 Y 11) y son prácticamente impermeables. La cobertera vegetal que los cubre se empapa de agua en épocas de lluvia y se queda saturada has la llegada de épocas más secas donde se evapora. Cabe destacar que en C-1, realizada en la zona alta, se observa tras las lluvias que se dieron en el momento de realización de esta, una escorrentía subterránea a favor de la superficie de la roca impermeable. Dicha calicata llegó a llenarse de agua por las aguas que empapaban la cobertera vegetal.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

De otro lado, estos materiales presentan distintos periodos de alteración, dejando horizontes de suelo más o menos desarrollados a favor de los productos de alteración de esta roca, como son arenas limosas y en ocasiones limos arenosos. Por debajo, las propias fracturas favorecen la entrada de agua a zonas más profundas, ejerciendo la alteración alrededor de las fracturas, y favoreciendo la creación de acuíferos, muy frecuentes en este tipo de terrenos.

Los principales materiales acuíferos los forman las calacarenitas y eolianitas del conjunto Mioceno-Plioceno, generando un acuífero libre con permeabilidad por porosidad (cavidades) y fisuración.

Generalmente existe una aportación que se produce en el acuífero por medio de precipitaciones sobre afloramientos permeables (coberteras vegetales), en la práctica totalidad de la superficie de la unidad, y en menor medida, otra aportación a partir de aguas subterráneas de otras unidades.

Por todo lo anteriormente citado, se considera imprescindible una impermeabilización correcta del vaso, con el fin de evitar pérdidas inadmisibles a favor de fracturas que pudieran pasar a la escorrentía subterránea.

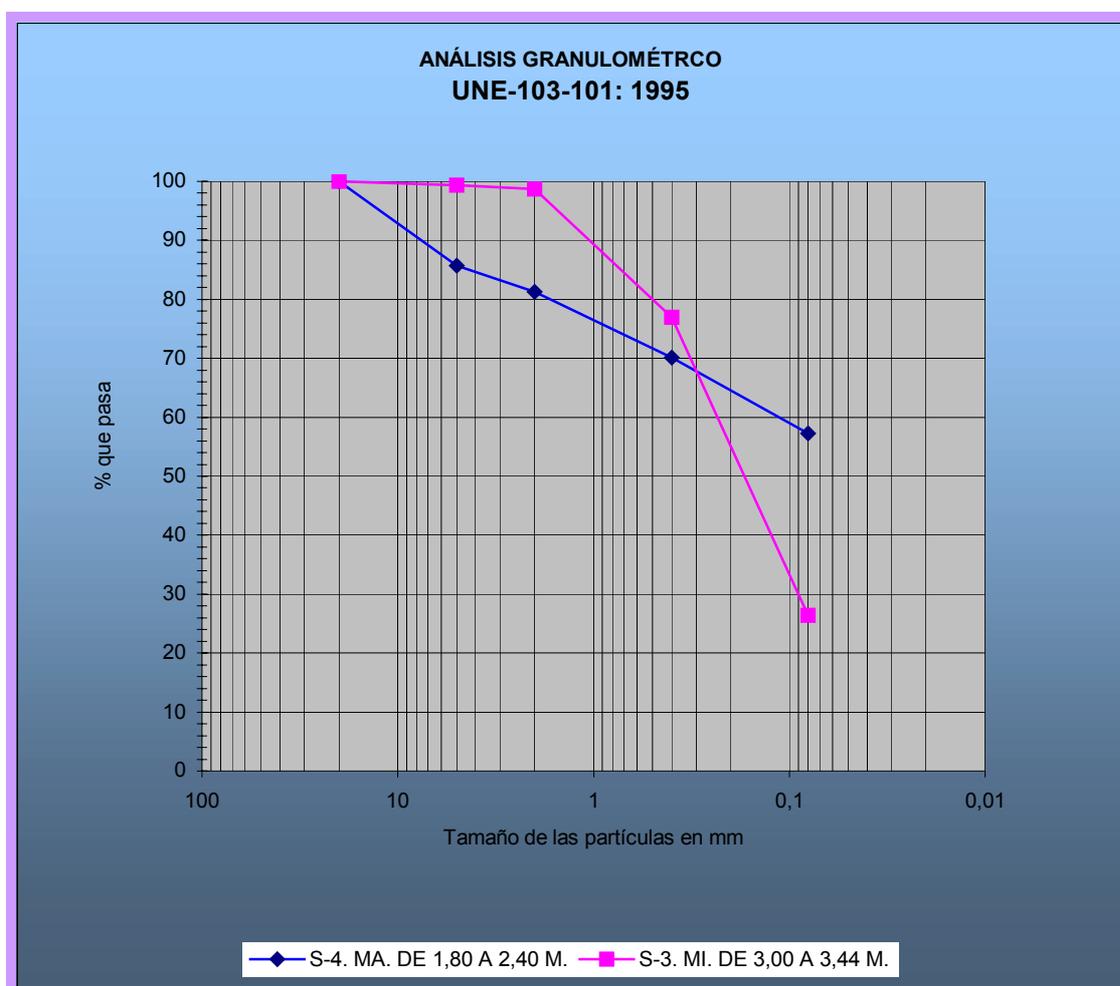
**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares.

04/06/2004

## 8.-CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

Con arreglo a la representación gráfica de los análisis de granulometría realizados (UNE 103-101: 1995), se aprecia cierta variación respecto a los porcentajes de las fracciones más finas.



El porcentaje total de finos (fracción que pasa por el tamiz 200 UNE) varía entre el 26,40 % y el 57,27 %, separando básicamente una muestra arenosa.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

limosa de una limo-arenosa. No se han podido realizar más ensayos granulométricos debido a las características generalmente rocosas del medio.

Respecto a la plasticidad de las muestras, como cabía esperar el terreno más arenoso que proviene de la alteración superficial de eolianitas (mares) dio como resultado NO PLÁSTICO. Sin embargo en otras zonas con mayor cantidad de finos, presenta unas características plásticas de tipo CL-ML (arcillas/limos de baja plasticidad). Recordamos aquí los distintos productos de alteración de la roca arenosa, donde en ocasiones cambia el resultado de depósito eólico a arcillas/limos arenosos cercanos a arenas limosas.

Ateniéndose a los ensayos granulométricos y de plasticidad, los materiales estudiados, se clasifican como SM Y CL-ML, es decir arenas limosas y arcillas/limos arenosos según Wegner y de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación.

La humedad natural obtenida es del 17,37 %.

El suelo vegetal, nivel 1, que no aparece en todos los casos, ya que en ocasiones aflora la roca, debe ser eliminado siempre que aparezca, por lo que no ha sido ensayado.

La posible expansividad o actividad de un suelo está ligada a los cambios de humedad. Este parámetro es importante en los suelos de tipo arcilloso, por su gran influencia en las características resistentes y deformacionales, en nuestro caso se ha efectuado un ensayo de hinchamiento Lambe por comprobar, que dio como resultado NO CRÍTICO.

Los ensayos de agresividad realizados sobre las muestras extraídas dieron como resultado, "NO CONTIENE" sulfatos solubles en suelo.

Según el Anejo 5 de la EH-98 tanto para hormigones en masa como para los armados, el cemento deberá ser resistente a los sulfatos si el contenido es mayor o igual que  $3000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , valor no alcanzado en nuestro caso.

Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión simple que se realizan sobre dos testigos de roca, establecen diferencias claras entre los dos tipos ensayados dado su contenido en carbonatos y según su estado de alteración. Así pues, se alcanzan cargas de rotura entre 609,96 y 1293,36  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , frecuentes en la resistencia de la roca. Destaca aquí la baja presencia de testigos de roca en las cajas de sondeos, ya que su alta dureza y abrasividad, hicieron necesario el uso de agua para la perforación, por lo

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

que siendo un material arenoso fácilmente disgregable, se perdió gran parte de la muestra a favor del agua de desecho.

Se han realizado dos cortes directos tipo (u.u) sobre las muestras alteradas de material rocoso, con resultados de cohesión nula (0,0-0,1 Kg/cm<sup>2</sup>) y ángulos de fricción elevados del orden de 31-34°.

El resultado de contenido en materia orgánica para la muestra arenosa en S-3 de 3,00 a 3,44 m resulta bajo, con un 0,70 %.

Se realizan sendos ensayos Proctor y CBR para las muestras extraídas de la calicata C-1 y C-2, abierta con el fin de tomar una cantidad suficiente de material, que permita el análisis para una posible reutilización del terreno extraído en la zona destinada a desmonte.

Los resultados de los ensayos Proctor y CBR fueron:

**Muestra saco, 04-323 Calicata C-1 Cota: 0.00-1.50 m**

Proctor Normal	Densidad máxima Proctor	1,62 g/cm <sup>3</sup> .
	Humedad Óptima	18,92 %
Indice CBR	100 % Proctor	16,66
	95 % Proctor	9,00

**Muestra saco, 04-324 Calicata C-2 Cota: 0.00-1.50 m**

Proctor Normal	Densidad máxima Proctor	1,61 g/cm <sup>3</sup> .
	Humedad Óptima	18,70 %
Indice CBR	100 % Proctor	16,37
	95 % Proctor	8,89

INFORME Nº: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## 9.- ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LA OBRA.

### 9.1.- Ideas generales

La cota de boca de los sondeos y calicatas coincide con la superficie de la parcela en la segunda semana de mayo de 2004. Las cotas aproximadas se pueden sacar sobre el plano topográfico de situación de ensayos y la localización de la balsa.

El solar en el que se han realizado los trabajos presenta las siguientes características:

- Relieve abrupto con un desnivel máximo de 12-14 m entre la zona más elevada y la más deprimida para la ejecución de la balsa.
- Sustrato geológico compuesto por un suelo vegetal superficial, roca calcarenítica, y zonas descompuestas intercaladas de arena limosa y arcillas/limos arenosos.
- Situado al Norte de la isla, junto a una zona de salinas que se encuentra muy por debajo en cota, y a escasos metros de la EDAR de Formentera.
- No se ha detectado el nivel freático en la parcela con una longitud total perforada de 8,00 m en la parte alta (S-1 y S-2) y hasta 4,00 m en la zona más baja (S-3 y S-4), en la segunda semana de mayo de 2004. Se observa cierta escorrentía subterránea en la superficie de la roca impermeable, zona baja de la cobertera vegetal, que atiende a épocas de lluvia (C-1).
- La obra cuyo terreno es objeto del presente informe, consiste en la construcción de Balsa de Regulación para riego, a partir de las aguas depuradas en la EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) de Formentera.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

- La Balsa que se va a construir en dicha localización, presentará un volumen de 87.000 m<sup>3</sup>, a partir de terraplenes de altura aproximada 7,5 m, con un NMA (Nivel Máximo de Agua) de 7,00 m. Se establece la necesidad de desmontar gran parte de la zona donde se asentará la Balsa, con el fin de ejecutar una explanada para la base del vaso, dejando la mitad del perímetro de la Balsa excavado en pared de terreno natural, con la otra mitad a partir de un terraplén construido por medio de material óptimo de compactación.

INFORME N°: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## 9.2.- Cimentaciones.

### A. Tipología.

Teniendo en cuenta la ejecución de un terraplén a partir de materiales de compactación con una altura máxima de 7,50 m, que circunvalará parte del área definida para la balsa, se establecen aquí las condiciones básicas que debe cumplir dicho terraplén, con objeto de realizar un correcto apoyo del mismo sobre el terreno, considerando a este como el primer elemento estructural.

Existen dos partes principales en las que debemos dividir la composición de los terraplenes a elaborar. En primer lugar habrá una parte del perímetro de la balsa que se concibe a partir del propio terreno natural "in situ", dado que se pretende desmontar el terreno hasta alcanzar la cota de base de la Balsa (cota de fondo del vaso). La esquina de la Balsa más cercana a la EDAR y su esquina más cercana, quedarían aproximadamente a la cota actual, sin ser necesario el tratamiento de dichas tierras. En este caso, con potencias de suelo vegetal totales de 0,00 a 0,00-1,00 m, que precisamente en la zona de desmonte se hacen prácticamente nulas por el afloramiento de la roca, solo habría que cuidar la pendiente del talud en este tramo, ya que tanto la cohesión como el ángulo de fricción interna de las rocas subyacentes serían suficientes para estabilizar dichos taludes a partir de las profundidades citadas. Se recomienda en estos casos la eliminación total o parcial del suelo vegetal si apareciese.

En segundo lugar, se debe tomar aproximadamente la mitad restante del perímetro de la balsa como un terraplén de un máximo de 7,50 m de altura, que deberá estar compuesto de tres partes; cimiento, núcleo y coronación (con 5.00 m de ancho), y con ángulos en sus taludes (en proporción 2/1) de 26°-27° de máxima inclinación.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

B. Tensión admisible del terreno en el área de ejecución.

Partimos en este caso de un primer nivel (cobertera vegetal), considerado como no apto para un apoyo directo de terraplenes. Por lo tanto se recomienda la eliminación total, desbroce, en toda el área de apoyo de cimiento de terraplén.

A partir de aquí, y considerando como cargas máximas de aportación al terreno, las debidas al peso propio del material de relleno, estimamos suficiente la carga admisible del terreno, para la roca extraída en la zona, con la siguiente hipótesis.

Se toma una densidad del material de compactación teórica mayorada de  $2.30 \text{ g/cm}^3$ , para una altura máxima de talud de 7-8 m, teniendo en cuenta un desbroce máximo de 1.00 m, correspondiente al suelo vegetal hasta alcanzar la roca, en la zona más desfavorable.

A partir de los datos expuestos se alcanza un peso máximo del relleno de  $18.40 \text{ t/m}^2$ , es decir  $1.84 \text{ kg/cm}^2$ . Si tenemos en cuenta además, sobrecargas de uso a partir de circulación en coronación y acumulaciones de agua por precipitaciones puntuales, se podría admitir una carga de trabajo de  $22\text{-}24 \text{ t/m}^2$ .

Se toman ahora las cargas de rotura calculadas en la roca calcarenítica de edad Plioceno ( $609,96\text{-}1293,36 \text{ kg/cm}^2$ ). Según los códigos americanos, se adopta una carga admisible para las rocas igual a una quinta parte de su carga de rotura, esto es, para nuestro caso unas cargas muy por encima de las necesidades de uso en este tipo de estructuras. Dado que aparecen zonas alteradas en todo el tramo registrado de los sondeos a arenas limosas y/o arcilla/limos arenosos, y algunas zonas con cavidades como se pudo observar en S-2 de 4,40-5,60 m, se establece no utilizar cargas admisibles del terreno para apoyo del terraplén superiores a los  $2,50 \text{ kg/cm}^2$ .

En lo que se refiere a cavidades en la roca, son de esperar debido a la disolución de los elementos carbonatados que van a precipitar de forma secundaria en las zonas de acumulación de escorrentía subterránea. Esto podría presentar un problema en el

INFORME Nº: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

apoyo de las zonas de terraplén, por lo que se recomienda la supervisión de las obras por personal técnico competente, que pueda realizar algún ensayo de reconocimiento "in situ", una vez ejecutado el desmonte y desbroce de la zona.

No parece necesaria una justificación mayor de las cargas admisibles, dados los resultados obtenidos en los ensayos de compresión simple, siendo por ello y por la escasa potencia del suelo vegetal, altamente recomendable alcanzar los niveles rocosos en todos los casos para el apoyo del cimiento de terraplén, evitando así asentamientos diferenciales del relleno que podrían dar lugar a grietas importantes en los taludes del terraplén.

Se considera un relleno a partir de materiales óptimos para la compactación, como son materiales de tipo tolerable a seleccionado, según marca el pliego de prescripciones técnicas PG-3.

En primer lugar, como ya hemos dicho, se establece la eliminación del primer nivel (cobertura vegetal) que se presenta actualmente en superficie dentro del área de actuación.

Con posterioridad se realizará un terraplén controlado, a partir de materiales de compactación, que cumplan con las especificaciones que se describen en los artículos 330 y 510 del PG-3.

En **cimiento y núcleo** de terraplén, al menos material de clasificación tolerable con un índice CBR mayor o igual a 3.

En **coronación**, material adecuado o seleccionado tipo zahorra artificial (espesor mínimo 0.50 m), con índice CBR mayor o igual a 5 y una compactación del 100 % del Proctor Modificado.

Se considera importante apisonar el terreno en tongadas de 0.30 m como máximo, con el fin de realizar una correcta compactación, a partir de una humectación y recolocación del material efectiva.

Se toma como dato de proyecto, la impermeabilización del vaso a partir de una lámina de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor, apoyada sobre un filtro de geotextil de polipropileno de 400 g/m<sup>2</sup>. Se deben cuidar en este caso la elaboración de las jun-

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

tas y el anclaje a la parte alta del vaso, que junto con el desagüe de fondo, se presentan como zonas más conflictivas.

Sería óptima la colocación de un recubrimiento arcilloso en todo el vaso que impidiera las pérdidas de caudal indeseadas, a partir de posibles fisuras o grietas generadas en el material aislante descrito anteriormente. El espesor de recubrimiento sería un mínimo de 0.50 m, aunque cabe destacar que a mayor espesor de recubrimiento, mayor tiempo necesario para que una posible fuga pueda llegar a alcanzar el exterior del vaso.

Por último se considera importante el inicio de vegetación junto con la ejecución de drenes en los taludes exteriores (a poder ser en coronación y al pie del talud) que descarguen al terraplén de sobrecargas puntuales por precipitación, además de los propios drenajes vinculados a la construcción de una balsa de regulación.

INFORME N°: 04 971 0466  
PETICIONARIO: TRAGSA, SA

PEDIDO: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

### 9.3.- Excavación

La excavación se centrará sobre el Nivel I de cobertera vegetal, en la zona de terraplén, además de los primeros metros de roca calcarenítica, hasta la cota de base del vaso. Se debe tener en cuenta una alta dureza de la roca a desmontar, aunque con zonas de una mayor alteración, por lo que la ripabilidad se considera baja a media. Será necesario la utilización de máquinas excavadoras potentes o incluso el uso de explosivos en algún caso.

Dado que el material rocoso presenta una elevada cohesión, parece factible el empleo de taludes que no deberían superar la proporción 1H:1V en ninguno de los casos. Dada la propia morfología de la Balsa, es de esperar que los ángulos del talud interno sean suaves, con un recubrimiento homogéneo que prepare un apoyo correcto de los elementos de impermeabilización.

Los materiales tanto del Nivel I como del Nivel II, están sujetos a variaciones en sus comportamientos geomecánicos en función de las variaciones meteorológicas, alterándose y por tanto favoreciendo la excavación; o sufriendo insolaciones por la radiación solar y compactándose por pérdida de humedad, dificultando entonces la misma.

Se han realizado ensayos de compactación sobre el material rocoso alterado que aparece en la superficie del nivel, justo por debajo de la cobertera vegetal en C-2. Los resultados de densidad máxima Proctor y CBR, dejan a la muestra entre un material adecuado y seleccionado, que estará en función de el grado de alteración de la roca.

Si tenemos en cuenta según datos del peticionario un desmonte de 42.400 m<sup>3</sup> con un terraplén de 42.500 m<sup>3</sup>, parece que tras un tratamiento de machaqueo de la roca extraída junto con su material alterado, sería factible la reutilización de dicho material al menos en cimentación y núcleo de terraplén. Se deben comprobar los datos una vez realizado el proceso de machaqueo, para acercarse a los resultados alcanzados en C-2. En coronación, para un futuro uso de rodadura sería recomendable utilizar un relleno seleccionado, al menos en los últimos 0,50 m.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares.

**04/06/2004**

Es muy probable que el material extraído sea insuficiente por lo que se debe localizar alguna cantera cercana que pueda proporcionar materiales de la gama tolerable hasta seleccionado.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

#### 9.4.- Niveles freáticos, química del agua y agresividades.

No se ha detectado el nivel freático en la parcela con una longitud total perforada de 8,00 m en la parte alta (S-1 y S-2) y hasta 4,00 m en la zona más baja (S-3 y S-4), en la segunda semana de mayo de 2004. Se observa cierta escorrentía subterránea en la superficie de la roca impermeable, zona baja de la cobertera vegetal, que atiende a épocas de lluvia (C-1).

Los ensayos de agresividad realizados sobre el terreno dieron como resultado "NO CONTIENE" sulfatos solubles en suelo, por lo que según la norma EHE-98 no se considera necesario el uso de hormigón sulforresistente en la obra, en caso de ser utilizado.

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

04/06/2004

## **10.- CONSIDERACION FINAL**

Los análisis reflejados en el presente informe, están estrictamente basados en datos meramente puntuales.

Por tanto, no se descarta variaciones frente a las estimaciones e hipótesis consideradas, por lo que se hace necesaria la supervisión de las obras por un técnico competente, que confirme o modifique las conclusiones aquí incluidas.

Así, deberá garantizarse la seguridad del personal de la obra y la de la propia obra, adoptándose en cada situación las medidas consideradas oportunas.

Fdo. Ignacio Cano Alsúa

Fdo. Oscar Bermúdez Molina

**GEÓLOGO**

Dirección Oficina Técnica

**Núm. Colegiado: 4739**



04 971 0466

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** TRAGSA, SA

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco, Formentera, Islas Baleares.

**04/06/2004**

## **ANEJOS**

El presente anejo consta de 47 hojas, incluida esta.

**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA S.A. (TRAGSA, SA)

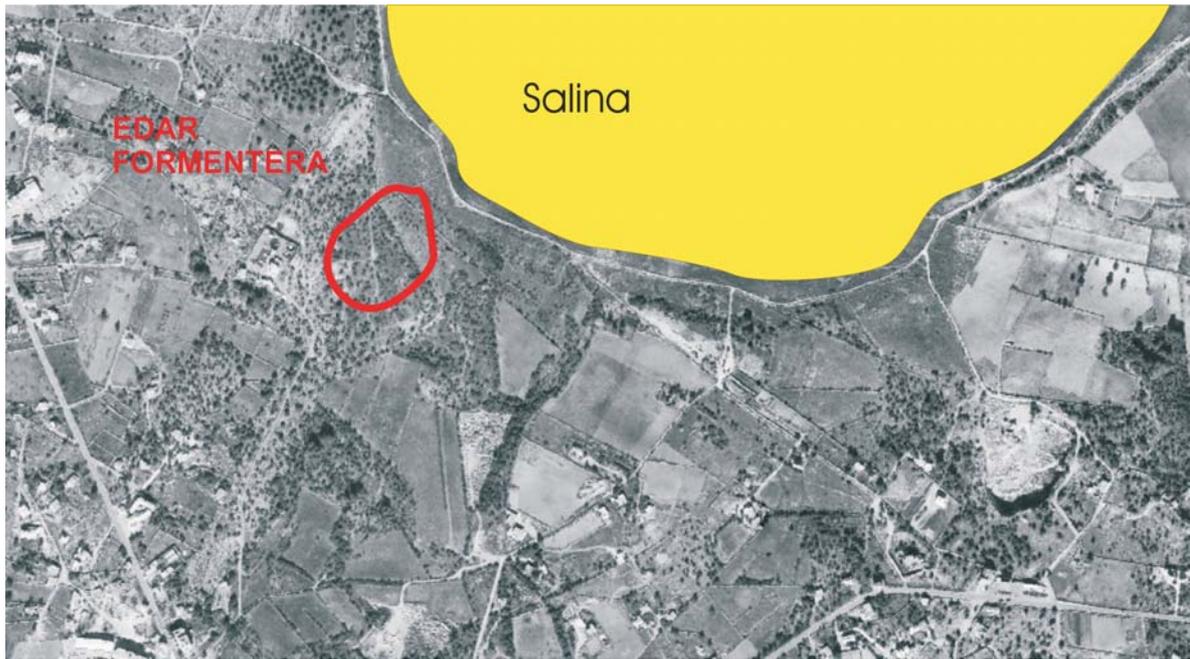
**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa DE REGULACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO JAVIER, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

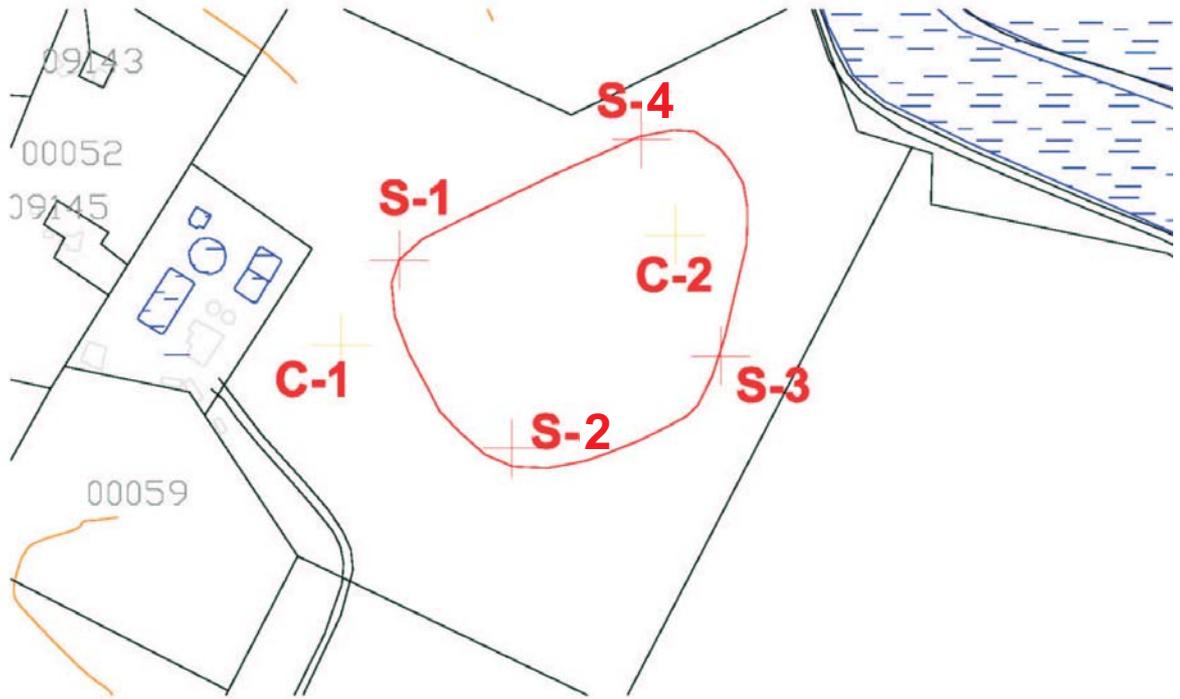
### **ANEJO I**

Croquis de emplazamiento de la balsa  
Croquis de emplazamiento de los ensayos  
Columna de los sondeos  
Mapa geológico  
Mapa geotécnico  
Mapa neotectónico  
R.D. 997/2002, Anejo I, Norma NCSE-02  
Mapa de peligrosidad sísmica

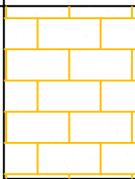
## CROQUIS DE EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa



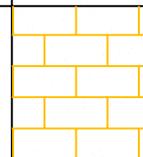
**CROQUIS DE EMPLAZAMIENTO DE LOS ENSAYOS**





				<b>PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA Balsa Aguas Residuales E.D.A.R. San Francisco Javier (Formentera)</b>									
				SONDEO Nº: 1 HOJA 2 de 2			SITUACIÓN: Estación depuradora de aguas residuales, Sant Francisco Javier						
FECHA: 10/05/2004				PROFUNDIDAD: 8 metros									
PROFUND. (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREÁTICO	LITOLOGÍA	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS.			RQD	PASAJE 0.08	LÍMITES ATTERBERG		HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN
					PROF.	TIPO	Nº30			LL (%)	IP (%)		
				7,00  Marés con tramos poco cementados  8,00 FIN SONDEO									
OBSERVACIONES:													

				<b>PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA Balsa Aguas Residuales E.D.A.R. San Francisco Javier (Formentera)</b>									
				<b>SONDEO Nº: 2</b>		<b>SITUACIÓN: Estación depuradora de aguas residuales, Sant Francisco Javier</b>							
<b>FECHA: 10/05/2004</b>				<b>PROFUNDIDAD: 8 metros</b>									
<b>PROFUND. (m)</b>	<b>LONGITUD TRAMO (m)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>	<b>MUESTRAS.</b>			<b>PASA 0.08</b>	<b>LIMITES ATTERBERG</b>		<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	
					<b>PROF.</b>	<b>TIPO</b>	<b>N30</b>		<b>RQD</b>	<b>LL (%)</b>			<b>IP (%)</b>
				Marés									
				1,20									
				Marés con tramos poco cementados									
				2,40									
				2,44	STPC	R							
				Marés con tramos poco cementados									
				3,00									
				Marés con tramos poco cementados									
				4,40									
				5,60									
				Marés									
				6,60									
				Marés con tramos poco cementados									
				7,00									
<b>OBSERVACIONES:</b>													

				<b>PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA Balsa Aguas Residuales E.D.A.R. San Francisco Javier (Formentera)</b>									
				<b>SONDEO Nº: 2</b>			<b>SITUACIÓN: Estación depuradora de aguas residuales, Sant Francisco Javier</b>						
				<b>HOJA 2 de 2</b>									
<b>FECHA: 10/05/2004</b>				<b>PROFUNDIDAD: 8 metros</b>									
PROFUND. (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREÁTICO	LITOLOGÍA	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS.			RQD	PASA 0.08	LÍMITES ATTERBERG		HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN
					PROF.	TIPO	N30			LL (%)	IP (%)		
0				7,00				16					
				Marés con tramos poco cementados									
				8,00									
				FIN SONDEO									
OBSERVACIONES:													

				<b>PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA Balsa Aguas Residuales E.D.A.R. San Francisco Javier (Formentera)</b>									
				<b>SONDEO Nº: 3</b>		<b>SITUACIÓN: Estación depuradora de aguas residuales, Sant Francisco Javier</b>							
<b>FECHA: 10/05/2004</b>				<b>PROFUNDIDAD: 8 metros</b>									
<b>PROFUND. (m)</b>	<b>LONGITUD TRAMO (m)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>	<b>MUESTRAS.</b>			<b>RQD</b>	<b>PASA 0.08</b>	<b>LIMITES ATTERBERG</b>		<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
					<b>PROF.</b>	<b>TIPO</b>	<b>N30</b>			<b>LL (%)</b>	<b>IP (%)</b>		
				Marés con tramos poco cementados									
				2,40									
				Marés con tramos poco cementados									
				3,00									
						MI	38/39/R						
				3,44									
				Arcilla con arena									
				4,00									
				FIN SONDEO									
<b>OBSERVACIONES:</b>													

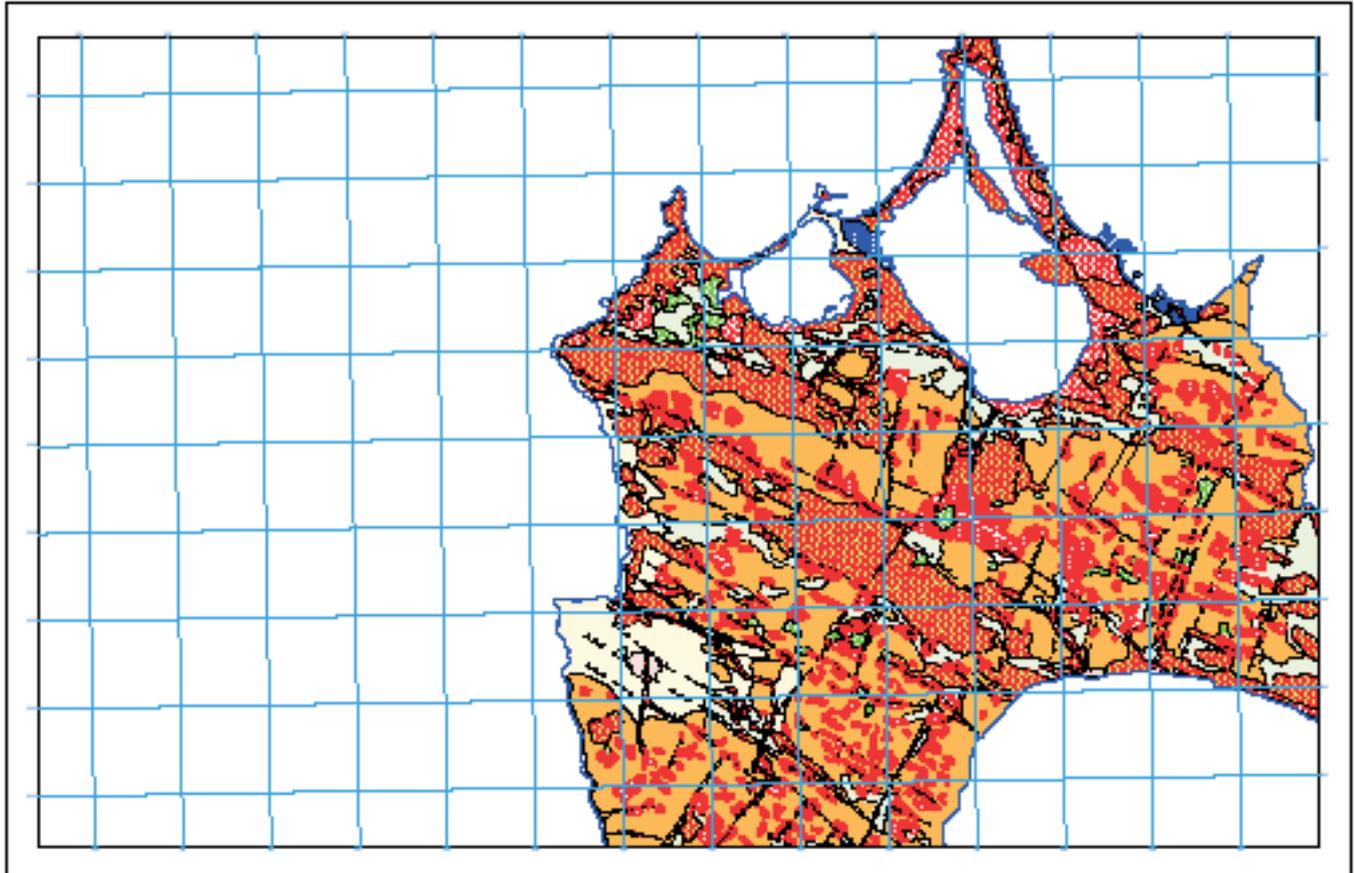
				<b>PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA Balsa Aguas Residuales E.D.A.R. San Francisco Javier (Formentera)</b>									
				<b>SONDEO Nº: 4</b>		<b>SITUACIÓN: Estación depuradora de aguas residuales, Sant Francisco Javier</b>							
<b>FECHA: 10/05/2004 - 11/05/2004</b>				<b>PROFUNDIDAD: 8 metros</b>									
<b>PROFUND. (m)</b>	<b>LONGITUD TRAMO (m)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<b>NATURALEZA DEL TERRENO</b>	<b>MUESTRAS.</b>			<b>PASA 0.08</b>	<b>LIMITES ATTERBERG</b>		<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	
					<b>PROF.</b>	<b>TIPO</b>	<b>N30</b>		<b>RQD</b>	<b>LL (%)</b>			<b>IP (%)</b>
			Cobertura vegetal										
			Marés	0,60				13					
			Marés con tramos poco cementados	1,60									
			Marés con tramos poco cementados	2,40									
			Marés con tramos poco cementados	2,54	MI	R							
			Marés con tramos poco cementados					15					
			FIN SONDEO	4,00									
<b>OBSERVACIONES:</b>													

## MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA  
Escala 1:25.000

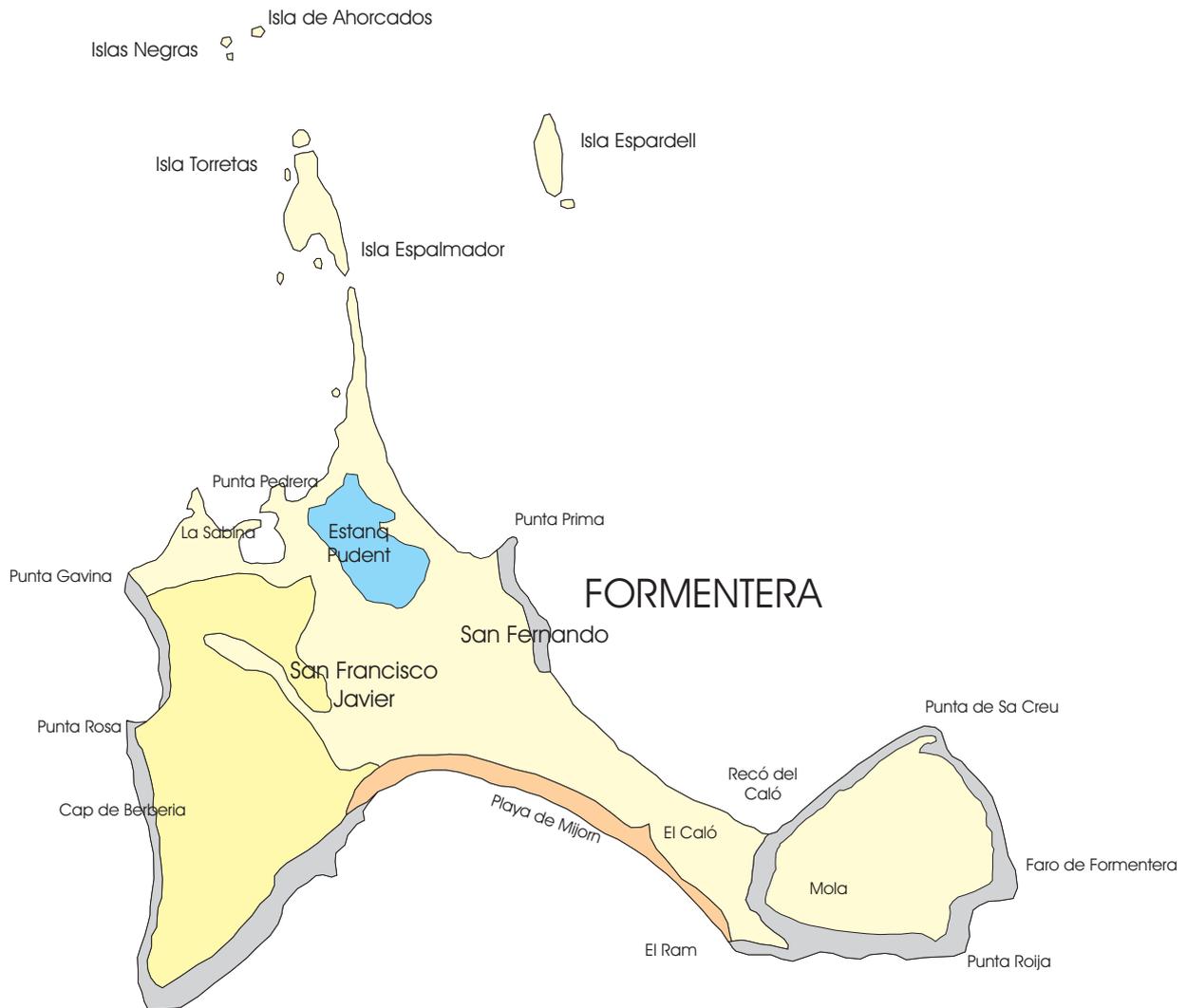


SAN FRANCISCO JAVIER



COPIA DIGITALIZADA DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA A ESCALA 1:25.000. ELABORADO POR EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) EN EL AÑO 2010. COPIA DIGITALIZADA DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA A ESCALA 1:25.000. ELABORADO POR EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) EN EL AÑO 2010.

## MAPA GEOTÉCNICO



### LEYENDA

- II1 - FORMAS DE RELIEVE ABRUPTAS - C.C. MUY DESFAVORABLES
- II2 - FORMAS DE RELIEVE PLANA (ONDULADA) - C.C. FAVORABLES CON PROBLEMAS LITOLÓGICOS
- II3 - FORMAS DE RELIEVE PLANA - C.C. FAVORABLES CON PROBLEMAS LITOLÓGICOS
- Playa
- Agua





6. Los premios se pagarán a la terminación de cada partida, previa la oportuna comprobación y contra la entrega de los correspondientes cartones, que habrá de presentarse íntegros y sin manipulaciones que inducir a error. Los cartones premiados se acompañarán al acta de la sesión.

7. No serán tenidas en cuenta las observaciones o reclamaciones que se formulen sobre errores en el anuncio de los números después que los premios hayan sido pagados a los ganadores.»

#### Disposición final única.

La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Madrid, 4 de octubre de 2002.

ACEBES PANIAGUA

## MINISTERIO DE FOMENTO

**19687** REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).

La Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, órgano colegiado de carácter interministerial, creada por el Decreto 3209/1974, de 30 de agosto, adscrita al Ministerio de Fomento y radicada en la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 1475/2000, de 4 de agosto, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Fomento, ha elaborado una propuesta de nueva norma que sustituya a la «norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-94)», aprobada por Real Decreto 2543/1994, de 29 de diciembre.

En la nueva norma, adecuada al estado actual del conocimiento sobre sismología e ingeniería sísmica, se establecen las condiciones técnicas que han de cumplir las estructuras de edificación, a fin de que su comportamiento, ante fenómenos sísmicos, evite consecuencias graves para la salud y seguridad de las personas, evite pérdidas económicas y propicie la conservación de servicios básicos para la sociedad en casos de terremotos de intensidad elevada.

En su virtud, a iniciativa de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, cumplidos los trámites establecidos en la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, y en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y en la Directiva 98/34/CE, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de agosto, ambas del Parlamento Europeo y del Consejo, a propuesta del Ministro de Fomento y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 27 de septiembre de 2002,

#### DISPONGO:

Artículo 1. *Aprobación de la «norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)».*

Se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02), que figura como anexo a este Real Decreto.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

El ámbito de aplicación de la norma se extiende a todos los proyectos y obras de construcción relativos a edificación, y, en lo que corresponda, a los demás tipos de construcciones, en tanto no se aprueben para los mismos normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente.

Artículo 3. *Aplicación a proyectos y obras.*

Los proyectos iniciados con anterioridad a la entrada en vigor de este Real Decreto, así como las obras que se realicen en desarrollo de los mismos, y las que estuviesen en ejecución, se regirán por la norma hasta ahora vigente.

Disposición transitoria única. *Plazo de adaptación normativa.*

Los proyectos y construcciones de nuevas edificaciones y otras obras podrán ajustarse, durante un período de dos años a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto, al contenido de la norma hasta ahora vigente o a la que se aprueba por este Real Decreto, salvo que la Administración pública competente para la aprobación de los mismos acuerde la obligatoriedad de esta última.

Disposición derogatoria única. *Cláusula derogatoria.*

Queda derogado el Real Decreto 2543/1994, de 29 de diciembre, por el que se aprueba la «norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-94)».

Disposición final primera. *Facultad de desarrollo.*

Se faculta al Ministro de Fomento para dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo y aplicación de lo dispuesto en este Real Decreto.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

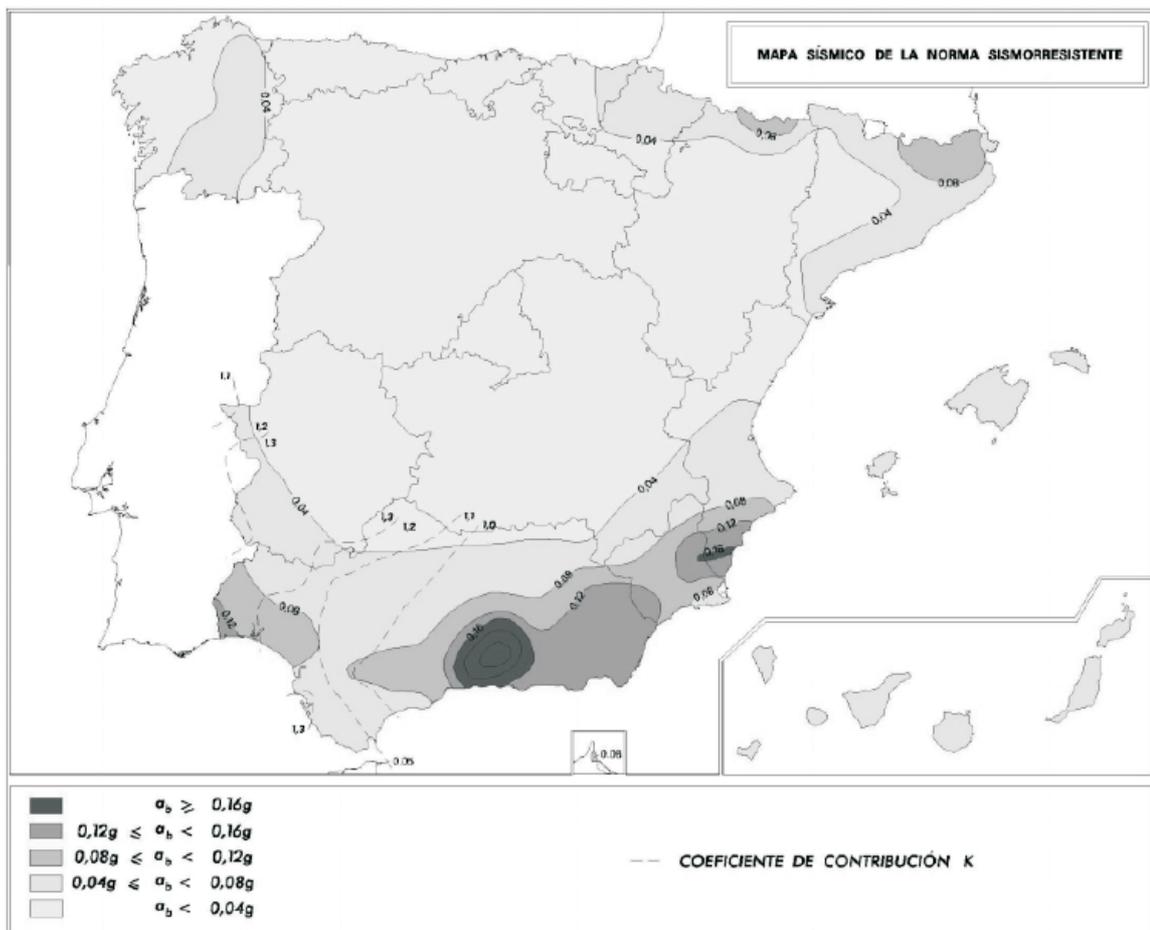
Este Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 27 de septiembre de 2002.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Fomento,  
FRANCISCO ÁLVAREZ-CASCOS FERNÁNDEZ

## MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA



**INFORME Nº:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA S.A. (TRAGSA, SA)

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO JAVIER, FORMENTERA, ISLAS BALEARES.

**04/06/2004**

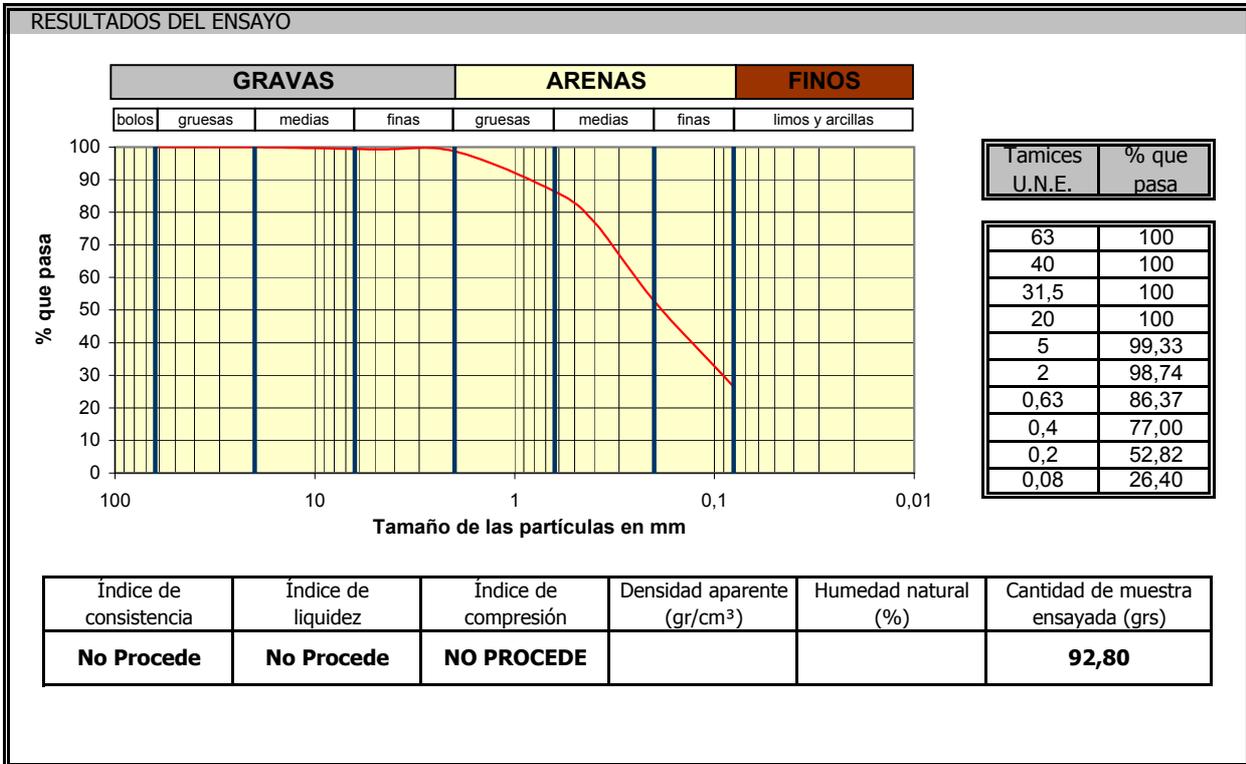
## **ANEJO II**

### Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio han sido realizados por laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

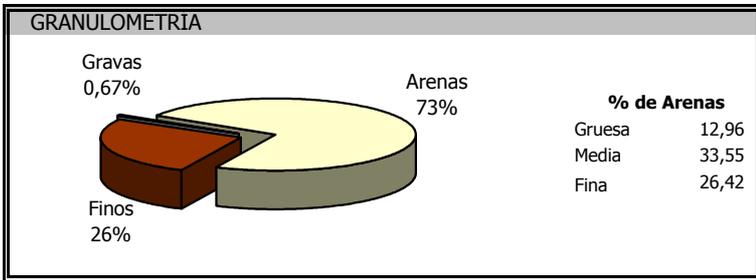
**Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg.**  
 UNE 103.101:1995, UNE 103.103:1994, UNE 103.104:1993

Muestra Alterada nº 04-0267 tomada de S-4. Cota: de 1,80 a 2,40 m.



**LÍMITES DE ATTERBERG**

LÍMITE LÍQUIDO:	<b>NP</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>NP</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<b>--</b>	%



**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

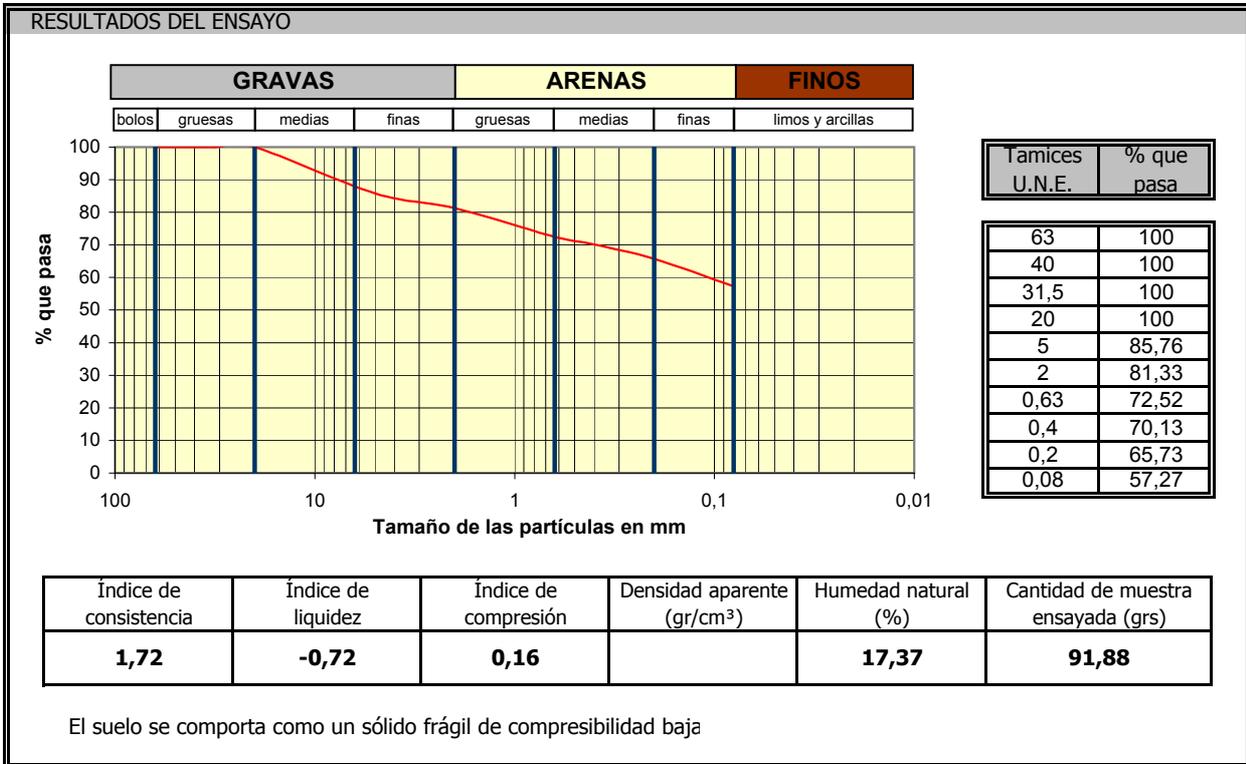
D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**CLASIFICACION U.S.C.S.**

<b>SM</b>	Arena limosa
-----------	--------------

**Análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg**  
 UNE 103.101:1995, UNE 103.103:1994, UNE 103.104:1993

Muestra Inalterada nº 04-0268 tomada de S-3. Cota: de 3,00 a 3,44 m.



**LÍMITES DE ATTERBERG**

LÍMITE LÍQUIDO:	<b>27,30</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>21,53</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<b>5,77</b>	%

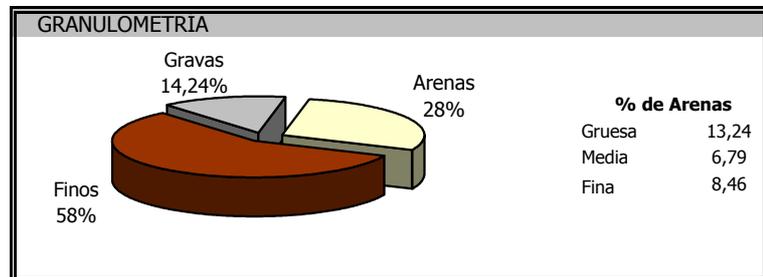
**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

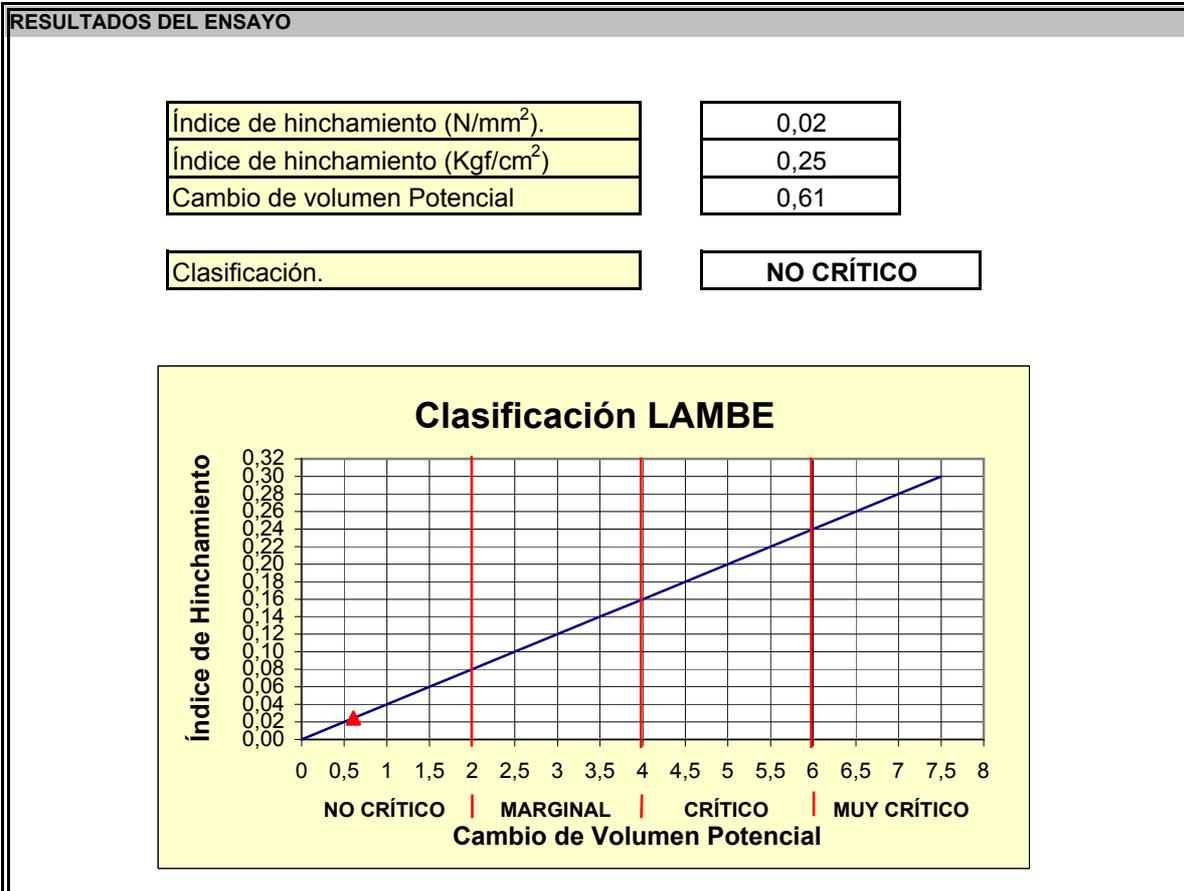


**CLASIFICACION U.S.C.S.**

<b>CL-ML</b>	Arcilla limosa arenosa
--------------	------------------------

**Determinación de la expansividad de un suelo. LAMBE**  
**UNE103600:1996**

MA tomada de S-4. Cota: de 1,80 a 2,40 m.



**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.  
**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**OBSERVACIONES**

Humedad: Seco (50 %)

Compactación: 3 Capas x 7 Golpes.

Determinación del contenido en sulfatos solubles de un suelo.  
UNE 103.201:1996, UNE 103.202:1995

Muestra Alterada nº 04-0267 tomada de S-4. Cota: de 1,80 a 2,40 m.

LÍMITES DE ATTERBERG		
LÍMITE LÍQUIDO:	<b>NP</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>NP</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	--	%

CONTENIDO EN SULFATOS
(Se ha llevado a cabo un análisis cualitativo de la muestra)
<b>NO CONTIENE</b>

CLASIFICACION U.S.C.S.	
<b>SM</b>	Arena limosa

ACREDITACIONES
Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:
<b>HF</b> Área de control de hormigón fresco.
<b>GTL</b> Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.
D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**Determinación del contenido en sulfatos solubles de un suelo.  
UNE 103.201:1996, UNE 103.202:1995**

Muestra Inalterada nº 04-0268 tomada de S-3. Cota: de 3,00 a 3,44 m.

LÍMITES DE ATTERBERG		
LÍMITE LÍQUIDO:	<b>27,30</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>21,53</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<b>5,77</b>	%

CONTENIDO EN SULFATOS
(Se ha llevado a cabo un análisis cualitativo de la muestra)
<b>NO CONTIENE</b>

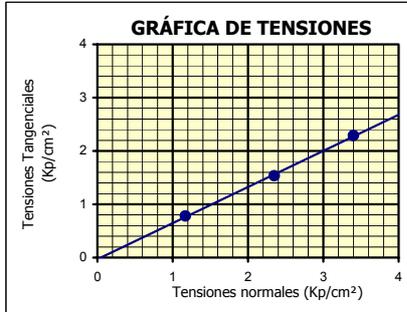
CLASIFICACION U.S.C.S.	
<b>CL-ML</b>	Arcilla limosa arenosa

ACREDITACIONES
Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:
<b>HF</b> Área de control de hormigón fresco.
<b>GTL</b> Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.
D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**Ensayo de Corte Directo.  
UNE 103401:1998**

Muestra Alterada nº 04-0267 tomada de S-4. Cota: 1,80 a 2,40 m.

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

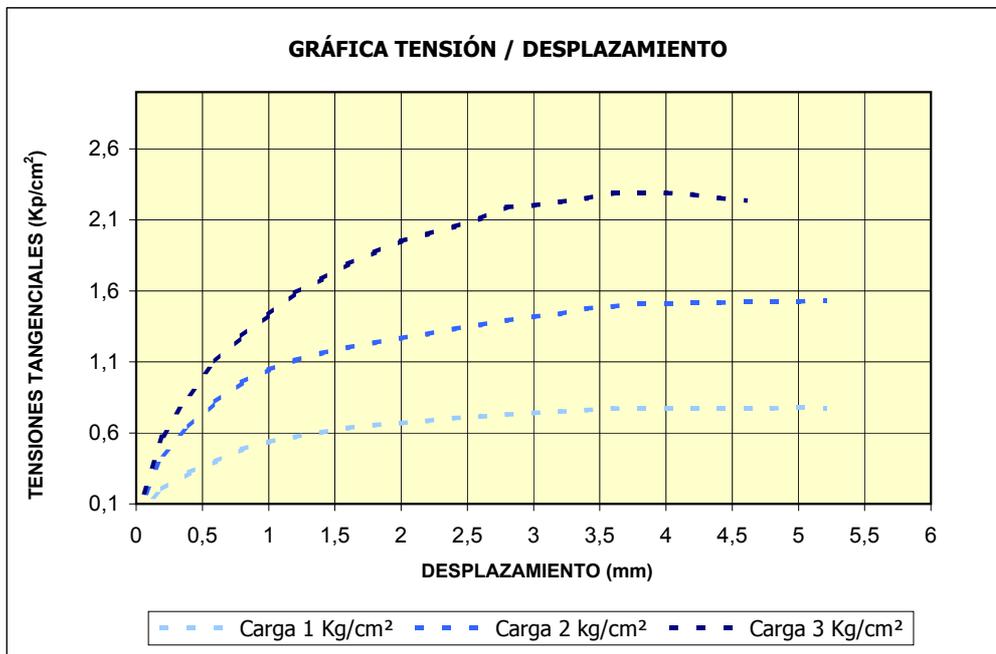


SIN CONSOLIDAR / SIN DRENAR

TENSIÓN NORMAL (kg/cm<sup>2</sup>)  
TENSIÓN TANGENCIAL (Kg/cm<sup>2</sup>)  
HUMEDAD INICIAL (%)  
HUMEDAD FINAL (%)  
DENSIDAD (gr/cm<sup>2</sup>)  
ÁREA/VOLUMEN DE LA PASTILLA  
VELOCIDAD

PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
1,17	2,35	3,4
0,78	1,53	2,29
22,94	23,21	22,97
22,94	23,21	22,97
1,53	1,53	1,53
19,63 cm <sup>2</sup> / 39,26 cm <sup>3</sup>		
5 mm/min.		

**COHESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)**  $c$ : **0,0**  
**ANGULO DE ROZAMIENTO (°)**  $\phi$ : **34**



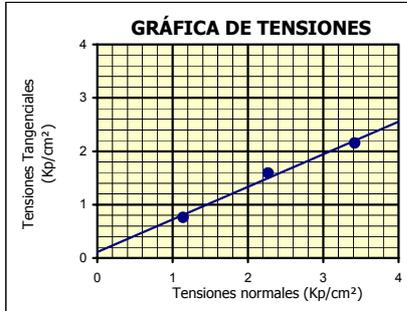
**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de: **HF**: Área de control de hormigón fresco. **GTL**: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.  
(D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862)

**Ensayo de Corte Directo.  
UNE 103401:1998**

Muestra Alterada nº 04-0268 tomada de S-3. Cota: 3,00 a 3,44 m.

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

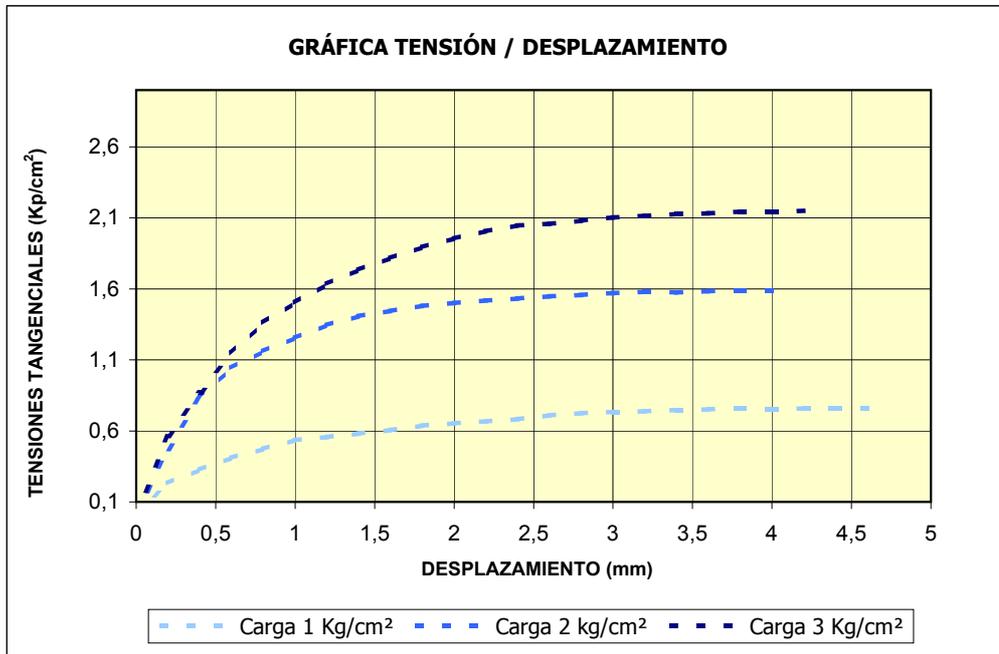


SIN CONSOLIDAR / SIN DRENAR

TENSIÓN NORMAL (kg/cm<sup>2</sup>)  
TENSIÓN TANGENCIAL (Kg/cm<sup>2</sup>)  
HUMEDAD INICIAL (%)  
HUMEDAD FINAL (%)  
DENSIDAD (gr/cm<sup>2</sup>)  
ÁREA/VOLUMEN DE LA PASTILLA  
VELOCIDAD

PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
1,14	2,27	3,42
0,76	1,59	2,15
12,03	12,20	11,85
12,03	12,20	11,85
1,82	1,82	1,83
19,63 cm <sup>2</sup> / 39,26 cm <sup>3</sup>		
5 mm/min.		

**COHESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)**     $c$ :    **0,1**  
**ANGULO DE ROZAMIENTO (°)**     $\phi$ :    **31**



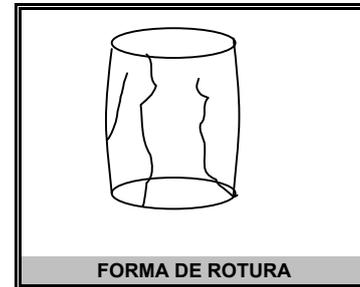
**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de: **HF**: Área de control de hormigón fresco. **GTL**: Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.  
(D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862)

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE  
(UNE 103400:1993)**

Tipo de Muestra: **TS del sondeo S-1** Cota (m): **5.40 a 5,70**

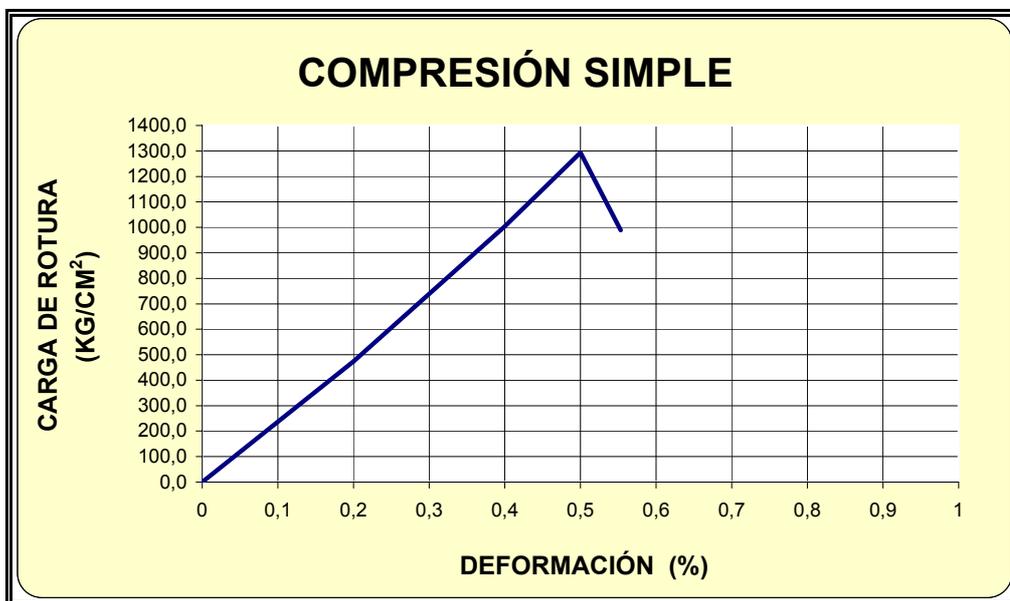
VELOCIDAD DE DEFORMACION (mm/min):	<b>1,20</b>
DIAMETRO DE LA PROBETA (cm):	<b>6,80</b>
ALTURA (cm):	<b>13,80</b>
LADO (cm)	--
LADO(cm)	--
HUMEDAD (%)	<b>0,80</b>



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**SIMPLE CORREGIDA (Kg/cm<sup>2</sup>): 1293,36 DENSIDAD HÚMEDA (g/cm<sup>2</sup>): 2,21**

**DEFORMACIÓN DE ROTURA (%): 0,50 DENSIDAD SECA (g/cm<sup>2</sup>): 2,21**



**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda.  
Áreas técnicas de:

- HF** Área de control de hormigón fresco.
- GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE  
(UNE 103400:1993)**

Tipo de Muestra: **TS del sondeo S-2** Cota (m): **4,20 a 4,40 m.**

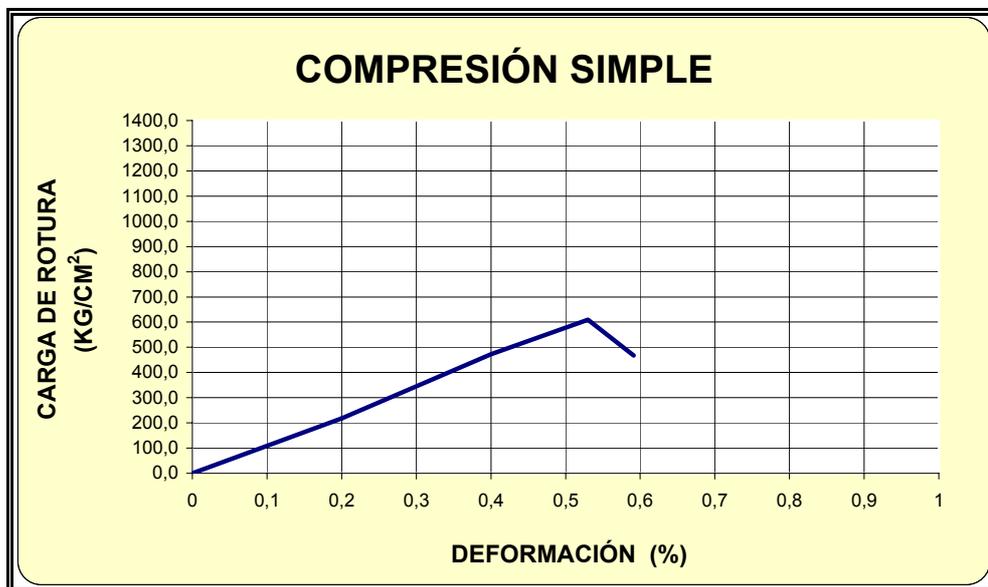
VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/min):	<b>1,20</b>
DIÁMETRO DE LA PROBETA (cm):	<b>6,80</b>
ALTURA (cm):	<b>14,00</b>
LADO (cm)	--
LADO(cm)	--
HUMEDAD (%)	<b>0,86</b>



**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**SIMPLE CORREGIDA (Kg/cm<sup>2</sup>): 609,96 DENSIDAD HÚMEDA (g/cm<sup>3</sup>): 2,23**

**DEFORMACIÓN DE ROTURA (%): 0,53 DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>): 2,21**



**ACREDITACIONES**

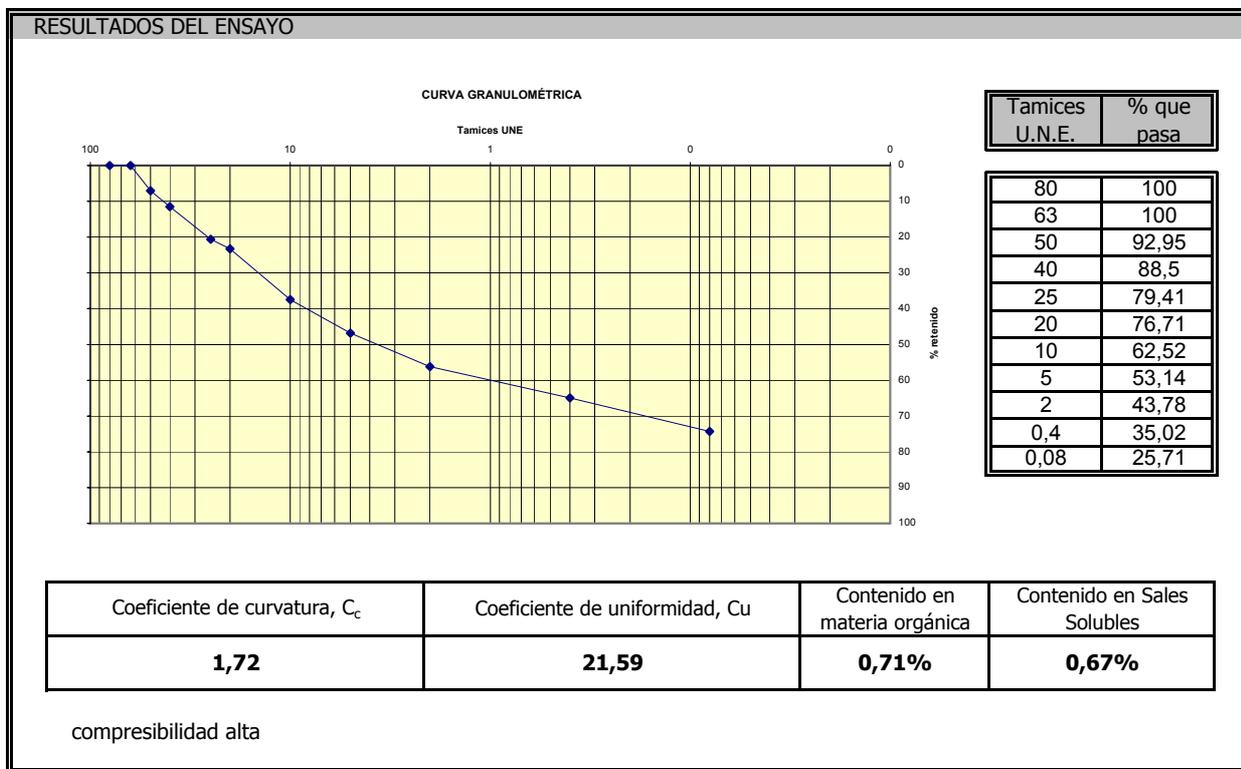
Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.  
**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**Análisis granulométrico de suelos por tamizado, límites de Atterberg.  
UNE 103.101:1995, UNE 103.103:1994, UNE 103.104:1993**

Muestra Alterada nº 04-0323. Cota: de 0,00 a 1,50 m.



**LÍMITES DE ATTERBERG**

LÍMITE LÍQUIDO:	<b>34,70</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>28,20</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<b>6,50</b>	%

**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**GRANULOMETRIA**

GRAVA	ARENA	FINOS
46,86%	27,43%	25,71%

**CLASIFICACION U.S.C.S.**

<b>GM-GC</b>	GRAVAS ARCILLOSAS MAL GRADUADAS
--------------	---------------------------------

## Ensayo Proctor normal UNE 103.501:1994

Muestra Alterada nº 04-0323. Cota: de 0,00 a 1,50 m

ENSAYO PROCTOR NORMAL				
MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>			
MAZA	2.5 kg		% RETENIDO 20 UNE	23,3
CAIDA	305 mm		DENSIDAD MÁXIMA	1,62
Nº DE CAPAS	3		HUMEDAD ÓPTIMA	18,9
Nº DE GOLPES	26			

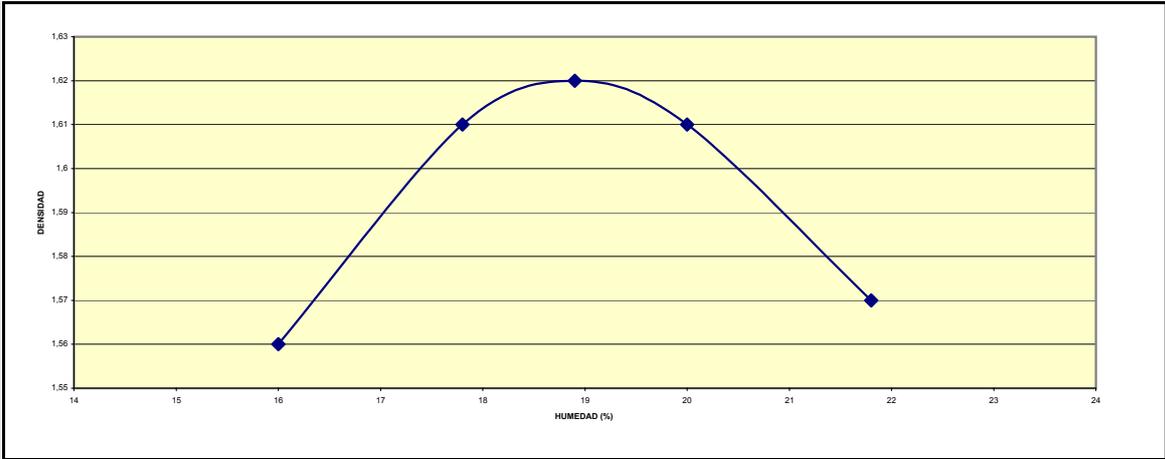
  

DENSIDAD				
PUNTO Nº	1	2	3	4
t+s+a	6982,00	7070,00	7108,00	7084,00
t	5171,00	5171,00	5171,00	5171,00
s+a	1811,00	1899,00	1937,00	1913,00
s	1561,40	1612,60	1614,50	1570,10
D	1,56	1,61	1,61	1,57

HUMEDAD				
PUNTO Nº	1	2	3	4
a	113,00	151,50	154,60	154,30
t+s+a	1352,80	1527,20	1472,40	1401,60
t+s	1239,80	1375,70	1317,80	1247,30
t	532,90	522,70	543,80	540,90
s	706,90	853,00	774,00	706,40
h	16,00	17,80	20,00	21,80



The graph plots Density (DENSIDAD) on the y-axis (ranging from 1.55 to 1.63) against Humidity (HUMEDAD (%)) on the x-axis (ranging from 14 to 24). A blue parabolic curve is drawn through four data points, with the peak at approximately 18.9% humidity and a density of 1.62. The data points are: (16, 1.56), (18.9, 1.62), (20, 1.61), and (21.8, 1.57).

### ACREDITACIONES

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

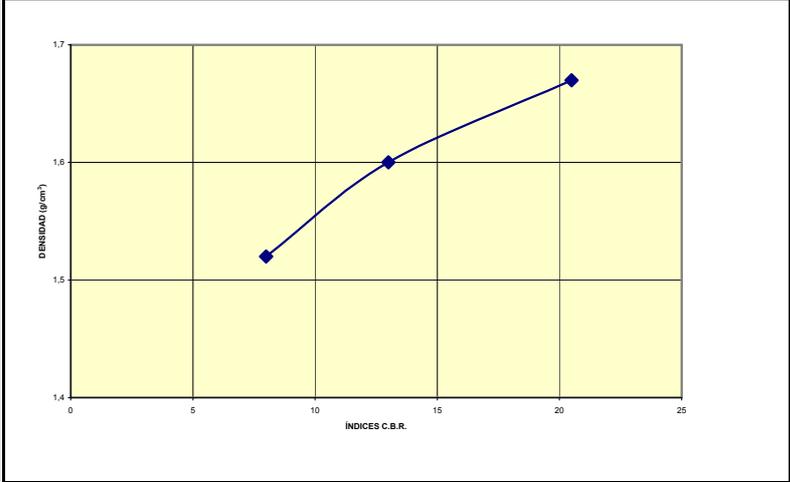
**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**C.B.R. DE LABORATORIO**  
**UNE 103.502:1995**

Muestra Alterada nº 04-0323. Cota: de 0,00 a 1,50 m

C.B.R. DE LABORATORIO																									
<b>TIPO DE MUESTRA</b>   COMPACTADA	<b>TIPO ENSAYO PROCTOR</b>   NORMAL																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MOLDE</td><td>1000 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>MAZA</td><td>2.5 kg</td></tr> <tr><td>CAIDA</td><td>305 mm</td></tr> <tr><td>Nº DE CAPAS</td><td>3</td></tr> <tr><td>Nº DE GOLPES</td><td>15/30/60</td></tr> </table>	MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>	MAZA	2.5 kg	CAIDA	305 mm	Nº DE CAPAS	3	Nº DE GOLPES	15/30/60	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>% RETENIDO 20 UNE</td><td>23,3</td></tr> <tr><td>DENSIDAD MÁXIMA</td><td>1,62</td></tr> <tr><td>HUMEDAD ÓPTIMA</td><td>18,9</td></tr> </table>	% RETENIDO 20 UNE	23,3	DENSIDAD MÁXIMA	1,62	HUMEDAD ÓPTIMA	18,9								
MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>																								
MAZA	2.5 kg																								
CAIDA	305 mm																								
Nº DE CAPAS	3																								
Nº DE GOLPES	15/30/60																								
% RETENIDO 20 UNE	23,3																								
DENSIDAD MÁXIMA	1,62																								
HUMEDAD ÓPTIMA	18,9																								
<b>SUSTITUCION DE MATERIAL</b>   NO																									
 <p>El gráfico muestra la relación entre el índice C.B.R. (eje X) y la densidad (eje Y). Los puntos de datos son:</p> <table border="1"> <thead> <tr><th>Índice C.B.R.</th><th>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>~8</td><td>~1,53</td></tr> <tr><td>~13</td><td>~1,60</td></tr> <tr><td>~21</td><td>~1,67</td></tr> </tbody> </table>	Índice C.B.R.	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	~8	~1,53	~13	~1,60	~21	~1,67	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">HINCHAMIENTO (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MOLDE 4</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>MOLDE 5</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>MOLDE 6</td><td>0,03</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">INDICE C.B.R. 100 % DEN. PROCTOR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">16,66</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">INDICE C.B.R. 95 % DEN. PROCTOR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">9,00</td></tr> </tbody> </table>	HINCHAMIENTO (%)		MOLDE 4	0,04	MOLDE 5	0,01	MOLDE 6	0,03	INDICE C.B.R. 100 % DEN. PROCTOR		16,66		INDICE C.B.R. 95 % DEN. PROCTOR		9,00	
Índice C.B.R.	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )																								
~8	~1,53																								
~13	~1,60																								
~21	~1,67																								
HINCHAMIENTO (%)																									
MOLDE 4	0,04																								
MOLDE 5	0,01																								
MOLDE 6	0,03																								
INDICE C.B.R. 100 % DEN. PROCTOR																									
16,66																									
INDICE C.B.R. 95 % DEN. PROCTOR																									
9,00																									

**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

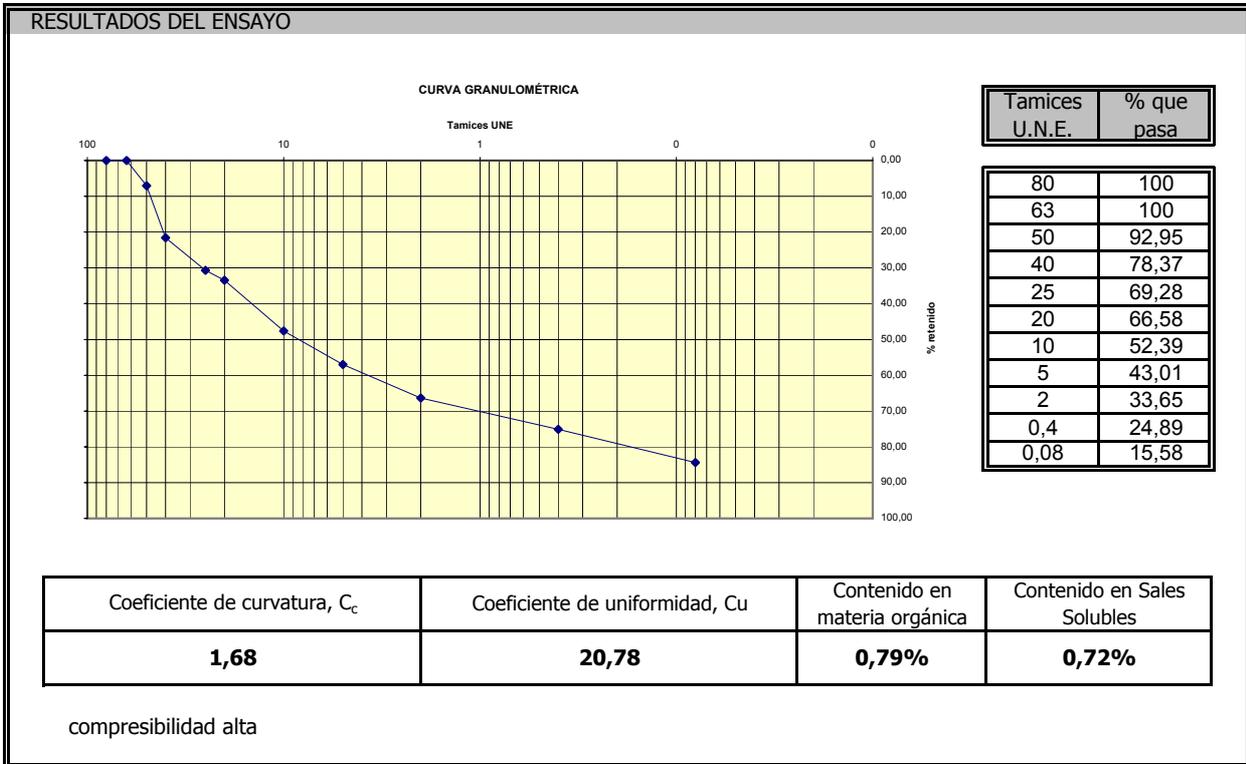
## CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

Muestra Alterada nº 04-0323. Cota: de 0,00 a 1,50 m

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS	
ENSAYOS DE IDENTIFICACION	
% Pasa tamiz 20	76,71
% Pasa tamiz 5	53,14
% Pasa tamiz 2	43,78
% Pasa tamiz 0.4	35,02
% Pasa tamiz 0.08	25,71
Límite Líquido	34,70
Límite Plástico	28,20
Índice de plasticidad	6,50
ENSAYOS QUIMICOS	
% Materia Orgánica	0,71%
% Sulfatos	-
% Sales solubles	0,67%
% Yesos	-
ENSAYOS GEOMECANICOS	
PROCTOR NORMAL	
Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1,62
Humedad óptima (%)	18,9
CBR	
100 % Proctor	16,66
95 % Proctor	9,00
Hinchamiento libre (%)	-

**Análisis granulométrico de suelos por tamizado, límites de Atterberg.  
UNE 103.101:1995, UNE 103.103:1994, UNE 103.104:1993**

Muestra Alterada nº 04-0324. Cota: de 0,00 a 1,50 m.



**LÍMITES DE ATTERBERG**

LÍMITE LÍQUIDO:	<b>33,60</b>	%
LÍMITE PLÁSTICO:	<b>26,90</b>	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	<b>6,70</b>	%

**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**GRANULOMETRIA**

<b>GRAVA</b>	<b>ARENA</b>	<b>FINOS</b>
47,61%	36,81%	15,58%

**CLASIFICACION U.S.C.S.**

<b>GM-GC</b>	GRAVAS ARCILLOSAS MAL GRADUADAS
--------------	---------------------------------

## Ensayo Proctor normal UNE 103.501:1994

Muestra Alterada nº 04-0324. Cota: de 0,00 a 1,50 m

ENSAYO PROCTOR NORMAL				
MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>	% RETENIDO 20 UNE 30,72		
MAZA	2.5 kg	DENSIDAD MÁXIMA 1,61		
CAIDA	305 mm	HUMEDAD ÓPTIMA 18,7		
Nº DE CAPAS	3			
Nº DE GOLPES	26			

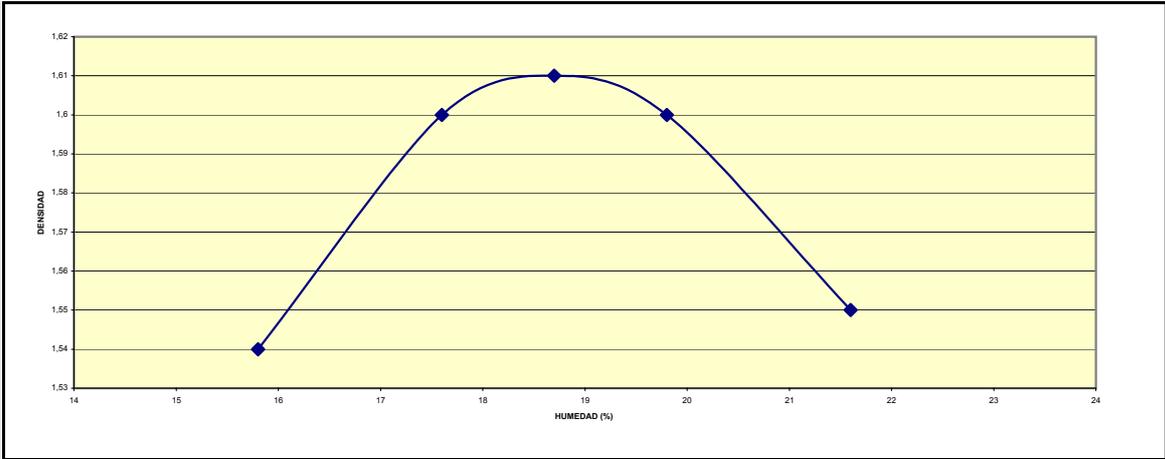
  

DENSIDAD				
PUNTO Nº	1	2	3	4
t+s+a	6978,00	7066,00	7104,00	7088,00
t	5167,00	5167,00	5167,00	5175,00
s+a	1807,00	1895,00	1933,00	1917,00
s	1557,40	1608,60	1610,50	1574,10
D	1,54	1,60	1,60	1,55

HUMEDAD				
PUNTO Nº	1	2	3	4
a	109,00	147,50	150,60	158,30
t+s+a	1348,80	1523,20	1468,40	1405,60
t+s	1235,80	1371,70	1313,80	1251,30
t	528,90	518,70	539,80	544,90
s	702,90	849,00	770,00	710,40
h	15,80	17,60	19,80	21,60



### ACREDITACIONES

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

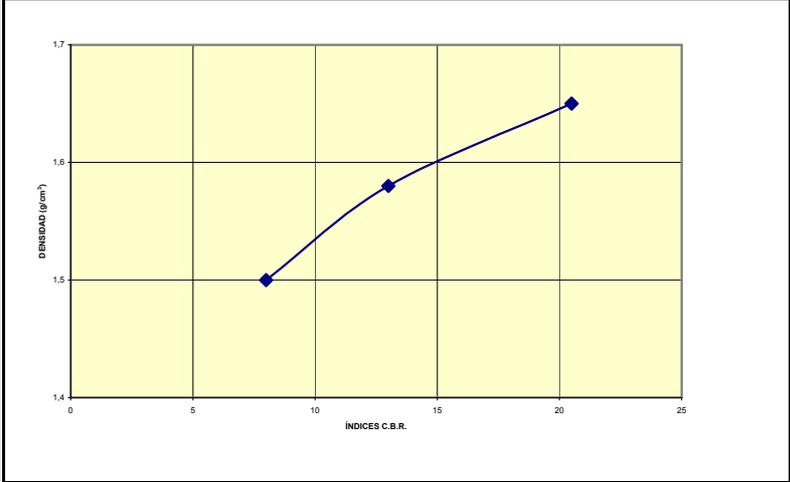
**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

**C.B.R. DE LABORATORIO**  
**UNE 103.502:1995**

Muestra Alterada nº 04-0324. Cota: de 0,00 a 1,50 m

C.B.R. DE LABORATORIO																	
<b>TIPO DE MUESTRA</b>   COMPACTADA	<b>TIPO ENSAYO PROCTOR</b>   NORMAL																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MOLDE</td><td>1000 cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>MAZA</td><td>2.5 kg</td></tr> <tr><td>CAIDA</td><td>305 mm</td></tr> <tr><td>Nº DE CAPAS</td><td>3</td></tr> <tr><td>Nº DE GOLPES</td><td>15/30/60</td></tr> </table>	MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>	MAZA	2.5 kg	CAIDA	305 mm	Nº DE CAPAS	3	Nº DE GOLPES	15/30/60	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>% RETENIDO 20 UNE</td><td>30,72</td></tr> <tr><td>DENSIDAD MÁXIMA</td><td>1,61</td></tr> <tr><td>HUMEDAD ÓPTIMA</td><td>18,7</td></tr> </table>	% RETENIDO 20 UNE	30,72	DENSIDAD MÁXIMA	1,61	HUMEDAD ÓPTIMA	18,7
MOLDE	1000 cm <sup>3</sup>																
MAZA	2.5 kg																
CAIDA	305 mm																
Nº DE CAPAS	3																
Nº DE GOLPES	15/30/60																
% RETENIDO 20 UNE	30,72																
DENSIDAD MÁXIMA	1,61																
HUMEDAD ÓPTIMA	18,7																
<b>SUSTITUCION DE MATERIAL</b>   NO																	
 <p>El gráfico muestra la relación entre el Índice C.B.R. (eje X, 0 a 25) y la Densidad (g/cm³, eje Y, 1.4 a 1.7). Se observan tres puntos de datos que forman una curva ascendente: (8, 1.50), (13, 1.58) y (21, 1.65).</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">HINCHAMIENTO (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>MOLDE 4</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>MOLDE 5</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>MOLDE 6</td><td>0,02</td></tr> </tbody> </table>	HINCHAMIENTO (%)		MOLDE 4	0,03	MOLDE 5	0,01	MOLDE 6	0,02								
HINCHAMIENTO (%)																	
MOLDE 4	0,03																
MOLDE 5	0,01																
MOLDE 6	0,02																
<b>INDICE C.B.R. 100 % DEN. PROCTOR</b>																	
16,37																	
<b>INDICE C.B.R. 95 % DEN. PROCTOR</b>																	
8,89																	

**ACREDITACIONES**

Laboratorio oficialmente acreditado por la resolución del 08-03-2004, de la Dirección General de Urbanismo y Vivienda. Áreas técnicas de:

**HF** Área de control de hormigón fresco.

**GTL** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia.

D.O.C.M. nº 47 de 01-04-2004. Pág. 4862

## CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

Muestra Alterada nº 04-0324. Cota: de 0,00 a 1,50 m

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS	
ENSAYOS DE IDENTIFICACION	
% Pasa tamiz 20	66,58
% Pasa tamiz 5	43,01
% Pasa tamiz 2	33,65
% Pasa tamiz 0.4	24,89
% Pasa tamiz 0.08	15,58
Límite Líquido	33,60
Límite Plástico	26,90
Índice de plasticidad	6,70
ENSAYOS QUIMICOS	
% Materia Orgánica	0,79%
% Sulfatos	-
% Sales solubles	0,72%
% Yesos	-
ENSAYOS GEOMECANICOS	
PROCTOR NORMAL	
Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1,61
Humedad óptima (%)	18,7
CBR	
100 % Proctor	16,37
95 % Proctor	8,89
Hinchamiento libre (%)	-

**INFORME N°:** 04 971 0466  
**PETICIONARIO:** EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA S.A. (TRAGSA, SA)

**PEDIDO:** ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa de Regulación de la Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) en el término municipal de San Francisco Javier, Formentera, Islas Baleares.

**04/06/2004**

### **ANEJO III**

Reportaje fotográfico



**Fotografía 1. Vista general de la parcela de ubicación de la balsa de regulación para la Estación depuradora de Aguas Residuales, EDAR. Formentera**



**Fotografía 2 Estación Depuradora. Cubetas de decantación**



**Fotografía 3. Vista general de la ubicación de la balsa. Al fondo, la salina.**



**Fotografía 4. Material calcarenítico aflorando. Al fondo máquina retroexcavadora realizando la calicata C-1**



**Fotografía 5. Máquina, emplazamiento calicata C-2. Al fondo la salina.**



**Fotografía 6 Material calcarenítico aflorando**



**Fotografía 7 Calicata C-1**



**Fotografía 8. Calicata C-2**



**Fotografía 9. Agua subsuperficial, calicata C-1**



**Fotografía 10. Carstificación superficial**



**Fotografía 11. Relleno de las cavidades del material calcarenítico con huesos de pequeños roedores**



**Fotografía 12. Desniveles provocados por fracturas de hundimiento**



**Fotografía 13 Caja sondeo S-1 (0-3 m)**



**Fotografía 14 Caja sondeo S-1 (3-6 m)**



**Fotografía 15 Caja sondeo S-1 (6-8 m)**



**Fotografía 16 Caja sondeo S-2 (0-3 m)**



**Fotografia 17 Caja sondeo S-2 (3-6 m)**



**Fotografia 18 Caja sondeo S-2 (6-8 m)**



**Fotografía 19 Caja sondeo S-3 (0-3 m)**



**Fotografía 20 Caja sondeo S-3 (3-4 m)**



**Fotografía 21 Caja sondeo S-4 (0-3 m)**



**Fotografía 22 Caja sondeo S-4 (3-4 m)**