

TOMA DE MUESTRAS

El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida.

Se especifican tres categorías de muestras:

- a) muestras de categoría A:** son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables
- b) muestras de categoría B:** son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables
- c) muestras de categoría C:** todas aquellas que no cumplen las especificaciones de la categoría B.

En la categoría A, los tomamuestras que se empleen en los sondeos se recomienda se ajusten a las especificaciones de la tabla siguiente en función del tipo de suelo en que se ejecute la toma y el diámetro interior D_i de la zapata utilizada.

Tabla 3.6. Especificaciones de la categoría A de tomamuestras

Tipo de suelo	Sistema de hincado	Diámetro interior D_i	Despeje interior D	Relación de Áreas R_a	Espesor Zapata del tomamuestras E	Angulo de zapata de corte
Arcillas, Limos, Arenas finas	Presión	> 70 mm	≤ 1%	≤ 15	≤ 2 mm	≤ 5°
Arenas medias Arenas gruesas Mezclas	Presión Golpeo	> 80 mm	≤ 3 %	≤ 15	≤ 5 mm	≤ 10°

Con los valores de las siguientes expresiones:

$$D = \frac{D_e - D_i}{D_i} \cdot 100 \tag{3.1}$$

$$R_a = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 \tag{3.2}$$

$$E = \frac{D_e - D_i}{2} \tag{3.3}$$

siendo

D_e el diámetro exterior de la zapata del tomamuestras

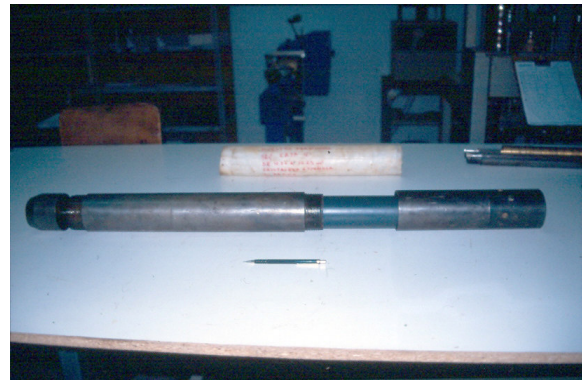
D_i el diámetro interior de la zapata del tomamuestras

Además de las muestras de suelo o roca señaladas, el reconocimiento geotécnico debe incluir la toma de muestras de agua de los distintos acuíferos encontrados, en el fin de prever posibles problemas de agresividad o contaminación. En algunos casos estas muestras servirán para una mejor definición de la hidrogeología de la zona de estudio.

Una vez extraídas las muestras se procederá a su parafinado o protección adecuada y se trasladarán al laboratorio de ensayo en las mejores condiciones posibles.

Tabla D.8. Tipo y categoría de los tomamuestras

Tipo de Muestreo	Tipo de tomamuestras	Dimensiones Valores mínimos	Método de hınca	Tipo de suelo idóneo	Categoría	Tipo de suelo en que no es practicable
Manual en calas	Bloque o caja	Cubo de 200 mm	Tallada a mano	Suelos cohesivos de consistencia media a dura	A	Arenas flojas. Suelos disgregables. Gravas
	En saco	1 kg	Pico y pala	Arcillas, arenas, gravas, costras	C	
	Cilindro	$\phi \geq 150$ mm	Percusión a mano	Suelos cohesivos de consistencia blanda a media. Arena y gravilla	B	Cantos Costras
Mecánico en sondeo	Abierto de pared delgada (Shelby)	$\phi \geq 70$ mm	Presión	Suelos cohesivos de consistencia blanda a media. Arenas sobre el nivel freático no muy compactas	A	Grava. Arenas bajo el nivel freático. Suelos arcillosos de consistencia dura. Suelos estratificados gruesos
	Abierto seccionado de pared semidelgada sin o con dispositivo de retención	$\phi \geq 80$ mm	Presión Percusión	Como el anterior con elementos gruesos hasta 10 mm. Arenas con finos compactos bajo el nivel freático. Suelos cohesivos de consistencia media a muy firme	A/B	Grava gruesa. Arenas bajo el nivel freático. Suelos arcillosos de consistencia dura. Suelos estratificados gruesos
	Abierto bipartido de pared gruesa sin o con dispositivo de retención	$\phi \geq 80$ mm	Percusión	Como el anterior con elementos grueso hasta 30 mm Arena limpia bajo el nivel freático. Suelos cohesivos de consistencia dura	A/B	
	Batería sencilla de perforación	$\phi \geq 86$ mm	Rotación	Suelos arcillosos de consistencia dura. Rocas no deleznales	C	Grava, bolos, arenas. Arcillas blandas a medias
	Tubo doble/triple	$\phi \geq 86$ mm	Rotación	Suelos arcillosos de consistencia dura. Rocas blandas o disgregables	B/A	Gravas, bolos, arenas. Arcillas muy blandas a compactas



LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO: Contenido. Tipos de construcción. Grupos de terreno. Número de puntos. Profundidad del reconocimiento. Situación de los puntos de reconocimiento. Métodos de prospección: calicatas y sondeos. Muestras y ensayos. Programación de la campaña de reconocimiento.

Contenido de la campaña de reconocimiento

1. Número de puntos o densidad del reconocimiento
2. Profundidad del reconocimiento en cada punto
3. Situación en planta de los puntos de reconocimiento con indicación de la cota
4. Método o métodos de prospección a utilizar (catas, sondeos, penetrómetros o prospecciones geofísicas)
5. Ensayos a realizar
6. Muestras a extraer
7. Programación de los trabajos de reconocimiento

Tipos de construcción

Tipo	Descripción ⁽¹⁾
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

⁽¹⁾ En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

Grupos de terreno

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: <ol style="list-style-type: none"> a) Suelos expansivos b) Suelos colapsables c) Suelos blandos o sueltos d) Terrenos kársticos en yesos o calizas e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades i) Terrenos con desnivel superior a 15° j) Suelos residuales k) Terrenos de marismas

Número mínimo de puntos de reconocimiento con carácter general: 3

Distancias máximas y profundidades orientativas

Tipo de construcción	Grupo de terreno			
	T1		T2	
	d _{máx} (m)	P (m)	d _{máx} (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Correcciones:

1. En el caso de que las distancias excedan las dimensiones de la superficie a reconocer, deben disminuirse hasta que se cumpla con el número de puntos mínimos requeridos.
2. En el caso de edificios con superficies en planta superiores a los 10.000 m² se podrá reducir la densidad de puntos. Esta reducción tendrá como límite el 50% de los obtenidos mediante la regla anterior aplicada sobre el exceso de la superficie.

Número mínimo de sondeos mecánicos y porcentaje de sustitución por penetrómetros

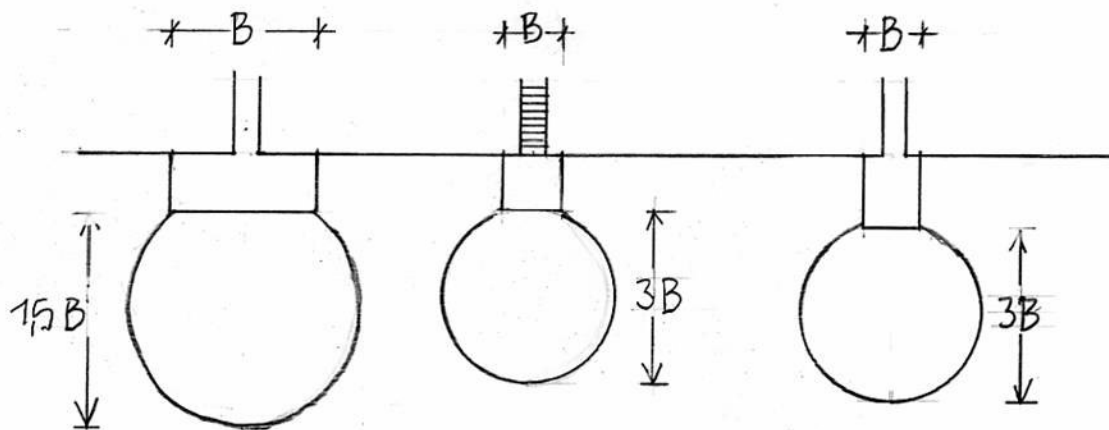
	Número mínimo		% de sustitución	
	T-1	T-2	T-1	T-2
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

La profundidad del reconocimiento ha de ser la menor de:

- se ha disipado el 90% de la presión de contacto a partir de la base de la zapata o los 2/3 de la longitud de los pilotes
- se ha alcanzado un estrato indeformable. Hay que comprobar que tiene $\geq 2m$ de espesor + $0,3 \cdot n$ metros (n: número de plantas)
- $5 \cdot \varnothing$ por debajo de la punta del pilote previsible

Debe comprobarse que la profundidad planificada de los reconocimientos ha sido suficiente para alcanzar una cota en el terreno por debajo de la cual no se desarrollarán asientos significativos bajo las cargas que pueda transmitir el edificio.

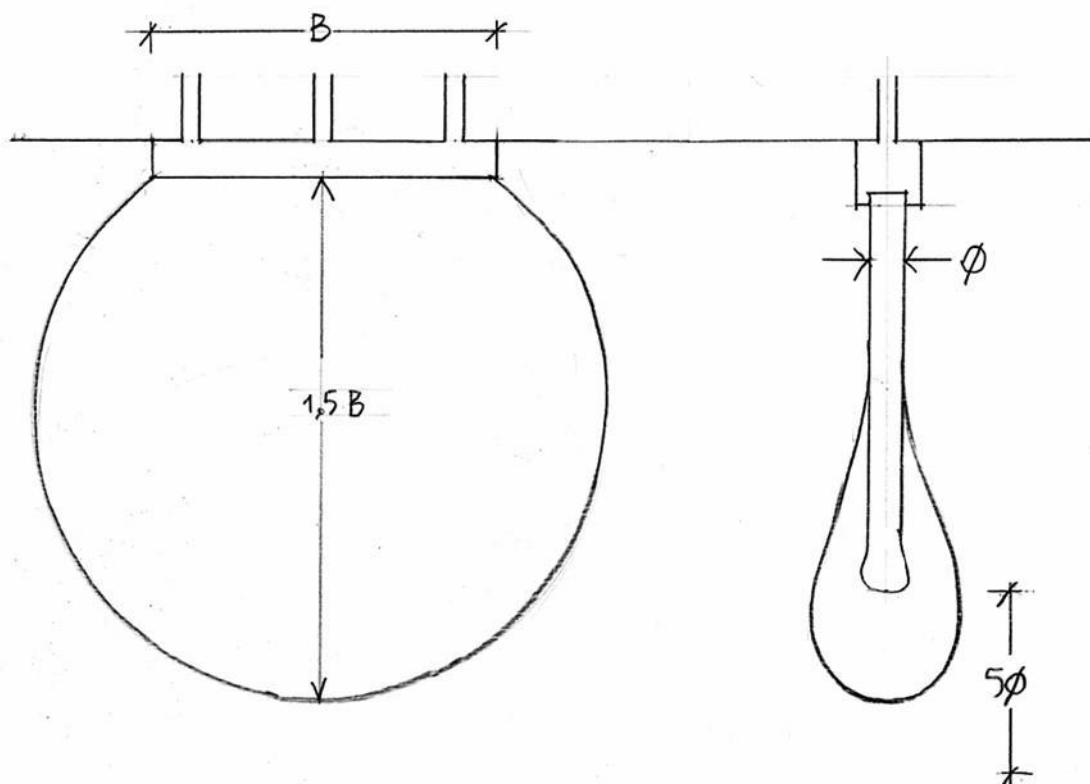
El aumento neto de tensión en el terreno podrá determinarse utilizando los ábacos y tablas existentes en la literatura geotécnica de uso habitual ó también, de forma aproximada, suponiendo que la carga del edificio se distribuye uniformemente en cada profundidad sobre una superficie definida por planos que, buzando hacia el exterior del área cargada en la superficie del terreno. alcanzan dicha profundidad con líneas de máxima pendiente 1H:2V.



Zapata aislada

Zapata corrida

Viga de cimentación



Losa

Pilote

3. Situación en planta de los puntos de reconocimiento con indicación de la cota

Los puntos se sitúan de forma que se puedan realizar dos secciones perpendiculares (o casi) entre sí. Se desaconseja alinearlos.

Todos los puntos de reconocimiento, en planimetría y altimetría, **deben quedar reflejados en un plano**, referidos a puntos fijos claramente reconocibles del entorno, o en su defecto a coordenadas UTM.

5. Ensayos a realizar

Tabla 3.7. Número orientativo de determinaciones in situ o ensayos de laboratorio para superficies de estudio de hasta 2000 m²

Propiedad	Terreno	
	T-1	T-2
Identificación		
Granulometría	3	6
Plasticidad	3	5
Deformabilidad		
Arcillas y limos	4	6
Arenas	3	5
Resistencia a compresión simple		
Suelos muy blandos	4	6
Suelos blandos a duros	4	5
Suelos fisurados	5	7
Resistencia al corte		
Arcillas y Limos	3	4
Arenas	3	5
Contenido de sales agresivas	3	4

Deberá procurarse que los valores se obtengan de muestras procedentes de puntos de investigación diferentes, una vez que se hayan identificado como pertenecientes a la misma capa.

Las determinaciones se podrán obtener mediante ensayos en laboratorio, o si es factible con ensayos in situ, aplicando las oportunas correlaciones si fueran necesarias.

Para superficies mayores se multiplicarán los números de la tabla por $(S/2000)^{1/2}$, siendo S la superficie de estudio en m².

Los ensayos indicados en la tabla corresponden a cada unidad geotécnica que pueda ser afectada por las cimentaciones. El número de determinaciones in situ o ensayos indicados corresponde a edificios C-1 ó C-2. Para edificios C-3 o C-4 los valores del cuadro se recomienda incrementarlos en un 50%.

Para terrenos tipo T-3 se decidirá el tipo y número de determinaciones, que nunca serán inferiores a las indicadas para el T-2.

6. Muestras a extraer

Agua: Además de las muestras de suelo o roca señaladas, el reconocimiento geotécnico debe incluir la toma de muestras de agua de los distintos acuíferos encontrados, en el fin de prever posibles problemas de agresividad o contaminación. En algunos casos estas muestras servirán para una mejor definición de la hidrogeología de la zona de estudio.

Protección: Una vez extraídas las muestras se procederá a su parafinado o protección adecuada y se trasladarán al laboratorio de ensayo en las mejores condiciones posibles.

Descripción: De todas las muestras obtenidas en calicatas o sondeos se hará una descripción detallando aquellos aspectos que no son objeto de ensayo, como el color, olor, litología de las gravas o trozos de roca, presencia de escombros o materiales artificiales, etc, así como eventuales defectos en la calidad de la muestra, para ser incluida en algunas de las categorías A o B.

Propiedades a determinar	Categoría mínima de la muestra
- Identificación organoléptica	C
- Granulometría	C
- Humedad	B
- Límites de Atterberg	C
- Peso específico de las partículas	B
- Contenido en materia orgánica y en CaCO ₃	C
- Peso específico aparente. Porosidad	A
- Permeabilidad	A
- Resistencia	A
- Deformabilidad	A
- Expansividad	A
- Contenido en sulfatos solubles	C

7. Programación de los trabajos de reconocimiento del terreno

FASE	ENSAYOS
1 de anteproyecto para ratificar la campaña prevista, modificarla u obtener valores de anteproyecto	Calicatas Penetrómetros Prospecciones geofísicas
2 de proyecto para obtener los valores de proyecto	Sondeos, extracción de muestras SPT Penetrómetros Presiómetro Molinete Ensayos de laboratorio
3 de control: para comprobar y completar	Inspección visual Penetrómetros Ensayo de caga con placa

Ejemplo de campaña de reconocimiento

Información previa:

- del edificio: 2 SOT de aparcamiento + PB comercial + 7 plantas de vivienda = 10 plantas
- del solar: de 15 x 30 = 450 m²; terreno con relleno < 3 m

La construcción es C-2 porque tiene entre 4 y 10 plantas.

El terreno es T-2 porque hay rellenos que no superan los 3m.

1. Número de puntos: 3.
Distancia máxima entre puntos 25 m
2. Profundidad del reconocimiento en cada punto: 3 (relleno) + 1,5 (canto de la zapata) + 1,5 x 3 (profundidad del bulbo) = 9 m
3. Situación en planta de los puntos: formando un triángulo en planta abarcando la totalidad del solar
4. Método de prospección: 3 sondeos mecánicos
5. Ensayos a realizar (2 de cada estrato):

- de campo: SPT
- de laboratorio:

- de identificación: - granulometría
 - límites
- de volumen: - densidad
 - humedad
 - expansividad (si hubiesen indicios)
- mecánicos: - compresión simple
 - corte directo
- químicos: - agresividad (si hubiesen indicios)
 - agua
 -

(Se completarían con el edómetro si fuesen de esperar asientos en suelos blandos saturados. Si el suelo no tuviese cohesión suficiente para extraer muestras inalteradas se substituirían los ensayos mecánicos de laboratorio por SPTs en obra)

6.- Muestras a extraer (ensayo, cantidad y tipo):

- | | |
|---------------------|-----|
| - granulometría | 2 C |
| - límites | 2 C |
| - densidad | 2 A |
| - humedad | 2 B |
| - expansividad | 2 C |
| - compresión simple | 2 A |
| - corte directo | 2 A |
| - agresividad | 2 C |
| - agua | 2 |

7. Programación de los trabajos de reconocimiento:

Anteproyecto: 1 sondeo mecánico

Proyecto: 2 sondeos, muestras y ensayos

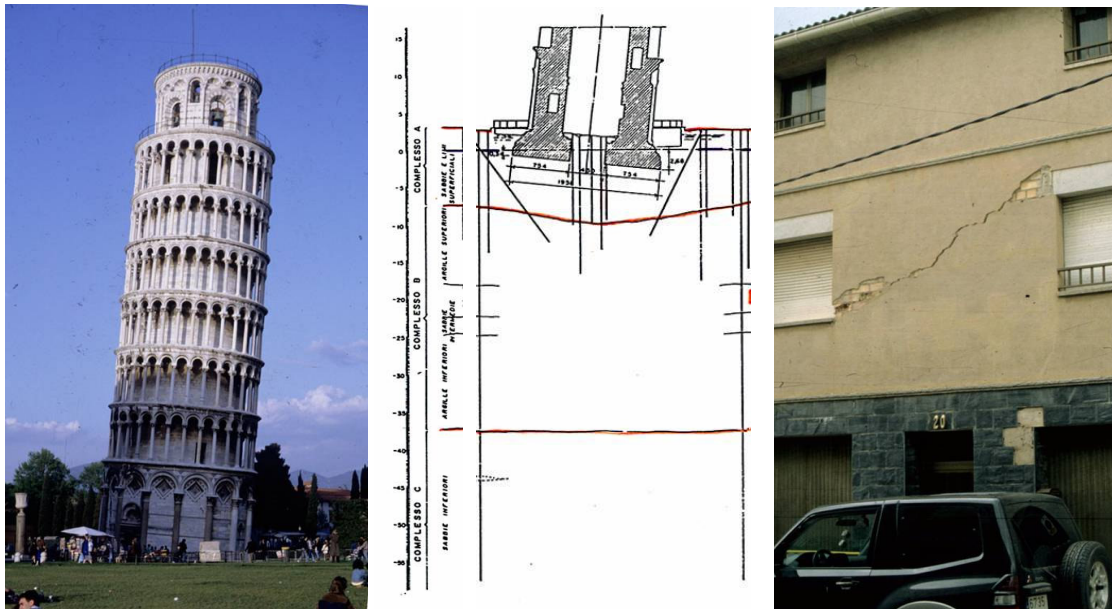
Control: inspección visual y penetración manual

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO: El código civil y la confirmación del estudio geotécnico. ¿Para qué sirve un estudio geotécnico? Definición: ¿qué? ¿quién? ¿cuándo? Contenido del estudio geotécnico. Información previa necesaria. La campaña de reconocimiento del terreno. Perfiles geotécnicos. Conclusiones y recomendaciones. Identificación y visado colegial. Chequeo. Incidencias.

1591 El contratista de un edificio que se arruina por vicios de la construcción, responde de los daños y perjuicios si la ruina tuviere lugar dentro de diez años, contados desde que concluyó la construcción; igual responsabilidad, y por el mismo tiempo, tendrá el Arquitecto que la dirigiere, si se debe la ruina a vicio del suelo o de la dirección.

CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO ANTES DE LA EJECUCIÓN

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno.



¿Para qué sirve un estudio geotécnico? En Pisa (izquierda y centro) y Sallent (derecha) lo necesitaron.

Definición

El estudio geotécnico es la información cuantificada de las características del terreno determinadas mediante el reconocimiento del terreno, relacionada con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica, necesaria para el análisis y dimensionado de las cimentaciones o muros de contención.

La autoría del estudio geotécnico corresponderá al proyectista, a otro técnico ¿competente? o, en su caso, al Director de Obra y **contará con el preceptivo visado colegial**.

¿Cuándo hay que realizar el estudio geotécnico? Dado que las conclusiones del estudio geotécnico pueden afectar al proyecto en cuanto a la concepción estructural del edificio, tipo y cota de los cimientos: **se debe acometer en la fase inicial de proyecto y en cualquier caso antes de que la estructura esté totalmente dimensionada.**

Contenido del estudio geotécnico

1. Información general (emplazamiento del solar, empresa y fecha de realización de los trabajos de reconocimiento)
2. Información previa. Antecedentes y datos recabados
3. Especificación de la campaña de reconocimiento efectuada.
4. Perfiles geotécnicos
5. Conclusiones
6. Recomendaciones constructivas
7. Indicación de trabajos complementarios
8. Identificación del autor, firma y visado

2.- Información previa

Edificio en proyecto: Sección, indicando los niveles de la superficie del suelo. Tipo y deformabilidad de la estructura. Planta acotada con indicación de las cargas.

Cimentación prevista: Tipo, geometría y profundidad.

Suelo: Plano acotado del solar con curvas de nivel. Situación del edificio con indicación del perímetro. Uso del suelo, obras anteriores, modificaciones del perfil. Redes y otros elementos enterrados. Profundidad habitual de cimentación en la zona. Tipo y características del suelo. Situación del nivel freático. Indicios de agresividad o expansividad. Sismicidad.

Edificios próximos (a menos de 50 m): Situación en planta. Sección. Número de plantas y de sótanos. Estructuras de contención. Cimentaciones. Cargas transmitidas. Tipo de estructura y deformabilidad Estado de conservación.

Alrededores: Geología. Configuración, desniveles, parques. Lesiones en edificios próximos. Excavaciones visibles. Rieras. Irregularidades. Deslizamientos u otros movimientos geológicos.

3. Especificación de la campaña de reconocimiento efectuada

1. Número de puntos o densidad del reconocimiento
2. Profundidad del reconocimiento en cada punto
3. Situación en planta de los puntos de reconocimiento con indicación de la cota
4. Método o métodos de prospección a utilizar (catas, sondeos, penetrómetros o prospecciones geofísicas)
5. Ensayos a realizar
6. Muestras a extraer
7. Programación de los trabajos de reconocimiento

4. Perfiles geotécnicos

Longitudinales y transversales ≥ 2 (edificios C0 y C1) y ≥ 3 para el resto con indicación de:

- unidades geotécnicas (solamente las afectadas por la cimentación)
- espesor y extensión
- identificación litológica
- características: resistencia, densidad, rozamiento, cohesión, deformabilidad, expansividad, colapso y agresividad
- profundidad y oscilación del nivel freático y recomendaciones necesarias para el seguimiento futuro de las mismas si se prevén oscilaciones estacionales.
- clasificación (tipos I a IV) y cálculo del coeficiente C (NCSE)

5.- Conclusiones

Alternativas de solución de cimentación, excavación o contención y valores necesarios para el proyecto:

- a) cota de cimentación

- b) presión vertical admisible (y de hundimiento) en valor total y, en su caso, efectivo, tanto bruta como neta
- c) presión vertical admisible de servicio (asientos tolerables) en valor total y, en su caso, efectivo, tanto bruta como neta
- d) en el caso de pilotes, resistencia al hundimiento desglosada en resistencia por punta y por fuste
- e) parámetros geotécnicos del terreno para el dimensionado de elementos de contención, empujes del terreno: activo, pasivo y reposo
- f) datos de la ley “tensiones en el terreno-desplazamiento” para el dimensionado de elementos de pantallas u otros elementos de contención
- g) módulos de balasto para idealizar el terreno en cálculos de dimensionado de cimentaciones y elementos de contención, mediante modelos de interacción suelo-estructura
- h) resistencia del terreno frente a acciones horizontales
- i) asientos y asientos diferenciales, esperables y admisibles para la estructura del edificio y de los elementos de contención que se pretende cimentar.
- j) situación del nivel freático y variaciones previsibles. Influencia y consideración cuantitativa de los datos para el dimensionado de cimentaciones, elementos de contención, drenajes, taludes e impermeabilizaciones
- k) cuantificación de la agresividad del terreno y de las aguas que contenga, para su calificación al objeto de establecer las medidas adecuadas a la durabilidad especificada en cimentaciones y elementos de contención, de acuerdo con los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE. Caracterización del terreno y coeficientes a emplear para realizar el dimensionado bajo el efecto de la acción sísmica.
- l) cuantificación de cuantos datos relativos al terreno y a las aguas que contenga sean necesarios para el dimensionado del edificio, en aplicación de este DB, otros Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE, y a otros DB, especialmente al DB-HS (Habitabilidad: Salubridad).

6.- Recomendaciones constructivas

- a) Calificación del terreno desde el punto de vista de su ripabilidad, procedimiento de excavación y terraplenado más adecuado. Taludes estables en ambos casos, con carácter definitivo y durante la ejecución de las obras
- b) La proximidad a ríos o corrientes de agua que pudieran alimentar el nivel freático o dar lugar a la socavación de los cimientos, arrastres, erosiones o disoluciones
- c) Cuantificación de los problemas que pueden afectar a la excavación especialmente en el caso de edificaciones o servicios próximos existentes y las afecciones a éstos.

7.- Indicación de trabajos complementarios

Relación de asuntos concretos, valores determinados y aspectos constructivos a confirmar después de iniciada la obra, al inicio de las excavaciones, o en el momento adecuado que así se indique, y antes de ejecutar la cimentación, los elementos de contención o los taludes previstos

8.- Identificación, profesión, firma y visado

Pie de firma: identificación, título, nº colegiado (sin p.o.), número y sello de visado colegial

Chequeo del estudio geotécnico

1.- Repasar el contenido: ¿ está completo ? ¿ qué le falta ?

2.- **¿ Proporciona información suficiente para proyectar la cimentación ?**

3.- Relación de incidencias que pueden presentarse:

- falta información previa
- falta la descripción de las unidades geotécnicas
- el número de puntos es insuficiente o están alineados
- no se indica la boca de las cotas de los sondeos
- la profundidad del reconocimiento es insuficiente
- falta indicar el número de muestras, el tipo o la ubicación (la muestra que proporciona el ensayo SPT no es inalterada A)
- faltan ensayos o no son adecuados al tipo de suelo
- son arcillas o limos y no se han determinado los límites de plasticidad
- son arenas o gravas y no se han hecho granulometrías
- se ha utilizado el edómetro y el suelo no está saturado
- se citan unos ensayos y no se proporcionan los resultados
- se presentan unos resultados (por ejemplo, la cohesión o el ángulo de rozamiento interno) sin que conste que se hayan hecho los ensayos necesarios para obtenerlos.
- se realizan ensayos o utilizan aparatos que no están normalizados
- aparecen resultados de ensayos de laboratorio mecánicos y no se han extraído muestras inalteradas de tipo A
- los valores que proporciona el estudio geotécnico no se han determinado directamente porque proceden de una tabla de valores orientativos o de una correlación.
- falta alguna sección
- falta recomendar el tipo de cimentación y la profundidad
- la profundidad recomendada no se corresponde con la profundidad analizada
- faltan las recomendaciones constructivas relativas a la excavación, nivel freático, estabilidad de taludes, agresividad, o expansividad
- **falta la firma. el pie de firma o el visado colegial**