

1. Ambito de aplicación

Cimentaciones de edificios de estructura porticada, mediante grupos de pilotes de hormigón armado prefabricados en instalaciones permanentes y fijas o fabricados en instalaciones de obra, hincados verticalmente en el terreno en su totalidad y a profundidades comprendidas entre los 8 diámetros y los 60 diámetros.

Los encepados de los grupos y elementos de arriostramiento, se tratan en la NTE "CPE-Cimentaciones Pilotes. Encepados"

2. Información previa

Estructural

Planos de la estructura del edificio y tipo de estructura.

Solicitaciones a que se encuentran sometidos los grupos de pilotes según Cálculo.

Geotécnica

Informe Geotécnico según la NTE "CEG-Cimentaciones Estudios Geotécnicos". Profundidad estimada, para la cimentación.

Del entorno

Cargas que actúan en el terreno de las inmediaciones.

3. Criterio de diseño

Estratos

Identificación, a efectos de esta NTE, de los estratos del terreno de cimentación en función de su naturaleza, según clasificación de Casagrande obtenida del Informe Geotécnico.

Naturaleza del estrato	Identificación
Roca sana, masiva o diaclasada	Roca
GW, GP, GS o GM	Granular de gravas
Roca milonitizada	
SW, SP, SM, o SC	Granular de arenas
Roca descompuesta	
ML, CL, OL, MH, CH, u OH	Coherente

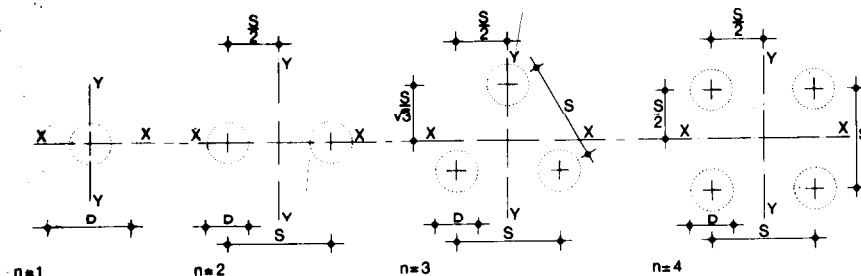
Grupo de pilotes

Compuesto por n pilotes de diámetro equivalente D , longitud L y resistencia estructural T , dispuestos con separación S entre ejes y tipo de Azuche y Cemento.

Los parámetros n, D, L, T, S , se determinan en el apartado de Cálculo.

Disposición de los n pilotes

La disposición de los pilotes dentro del grupo, se ajustará a los esquemas siguientes:



Tipología de diámetros

Tipología de diámetros equivalentes:

D en cm: 22,5 25 27,5 30 32,5 35 37,5 40 42,5
Diámetro equivalente D , es el diámetro de un círculo que iguala el área de la sección transversal del pilote.

Tipo de azuche

- Azuche especial.

De aplicación cuando la punta de los pilotes del grupo se apoya en roca inclinada.

- Azuche normal.

De aplicación en el resto de los casos.

Portland-P
 De aplicación cuando la agresividad del terreno o del agua freática, según el Informe Geotécnico, sea nula o débil.

Puzolánico-PUZ
 De aplicación cuando la agresividad del terreno o del agua freática según el Informe geotécnico, sea fuerte.
 En ambientes marinos.

Portland resistente al yeso P-350-Y
 De aplicación cuando el terreno o el agua freática tengan alto contenido en yeso y estén exentos de sulfato magnésico.

Especificación

CPP- 2 Grupo de pilotes prefabricados-n-D-L-S-T-Azu-che-Cemento

Símbolo Aplicación

CPP- 2 No es de aplicación cuando sea necesario atravesar bolos grandes, cimientos o gravas cementadas.
 No es recomendable su aplicación cuando sea necesario atravesar capas de gravas gruesas sin cementar, capas finas de arenisca o bolos medianos.

4. Planos de obra

CPP - Plantas

Representación de cada grupo de pilotes numerado, en la planta de cimentación, con indicación de la especificación utilizada. Relación de la especificación correspondiente a cada grupo numerado, con expresión del valor dado a sus parámetros.

Escala

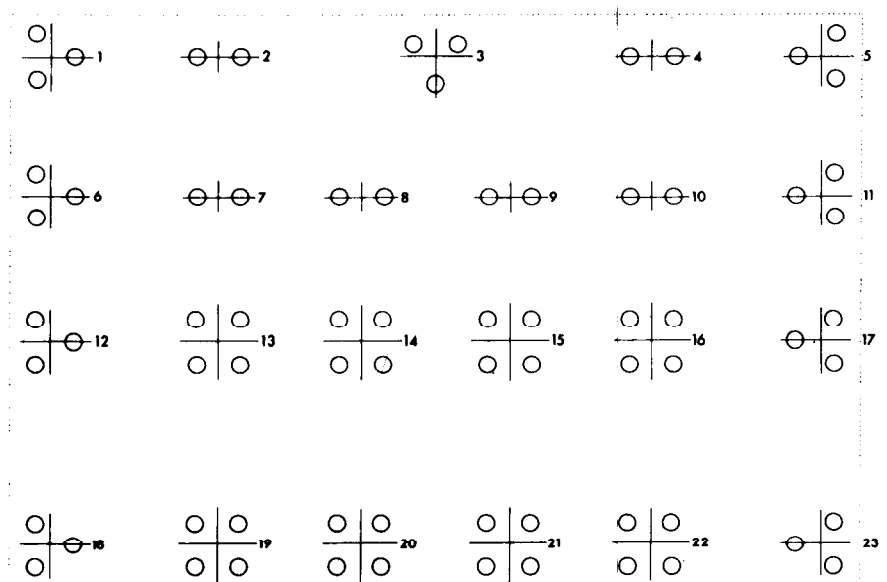
1:100

CPP - Detalles

Representación gráfica de los detalles de elementos para los cuales no se haya adoptado o no exista especificación NTE.

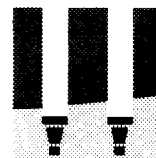
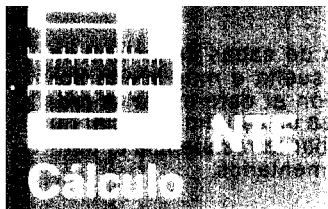
1:20

5. Esquema



Planta

Especificación	Grupo de pilotes	n	D cm	L m	S cm	T t	Azucho	Cemento
CPP-2	1, 3, 5, 6, 11, 12, 17, 18, 23	3	35	21	120	75	Normal	Portland-P
	2, 4, 7, 8, 9, 10	2	35	21	120	80	Normal	Portland-P
	13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22	4	35	21	120	85	Normal	Portland-P



1. Bases de cálculo

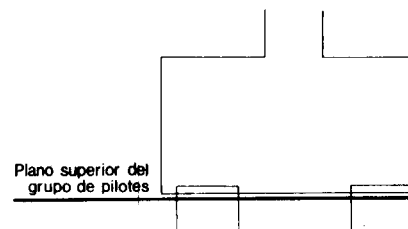
Solicitaciones en el grupo de pilotes

Conjunto de esfuerzos, sin mayorar, a que se encuentra sometido el grupo pilotes en su plano superior, según se indica en el esquema adjunto.

Q. Carga axil resultante sobre el grupo, en t.

M_x . Momento resultante respecto al eje x del grupo, en mt.

M_y . Momento resultante respecto al eje y del grupo, en mt.



Los ejes x e y a los que se hace referencia, son los indicados en el apartado de Diseño para cada grupo de n pilotes.

Esfuerzos horizontales

Las soluciones constructivas y el cálculo del pilotaje en la presente NTE, ha posible prescindir de la consideración de dichos esfuerzos, siempre que máxima componente horizontal sea inferior al 5% de la menor componer vertical compatible con ella.

Características del terreno

Características del terreno de cimentación según NTE "CEG-Cimentación Estudios Geotécnicos" por estrato:

- Naturaleza y estado natural
- Posición de los niveles freáticos
- Existencia de rozamiento negativo
- Características mecánicas definidas por alguna de las siguientes determinaciones:

R_u . Tensión de rotura a compresión simple, en kg/cm^2

R_p . Resistencia a la penetración estática, en kg/cm^2

N. Número de golpes en el ensayo estandar de penetración dinámica

Esfuerzos laterales en el pilotaje

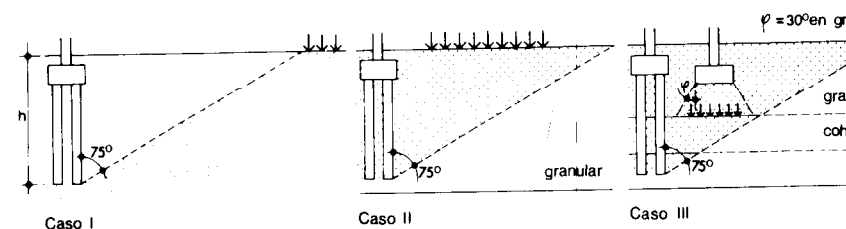
Esfuerzos laterales sobre los pilotes, producidos por cargas actuando en terreno de las inmediaciones.

El cálculo de esta NTE es de aplicación en los siguientes casos:

Caso I. Cuando las cargas están situadas a una distancia de los pilotes $> h \cdot \tan 75^\circ$, de acuerdo con el esquema adjunto.

Caso II. Cuando las cargas estando situadas a una distancia de los pilotes $< h \cdot \tan 75^\circ$, el terreno es granular, de acuerdo con el esquema adjunto.

Caso III. Cuando las cargas estando situadas a una distancia de los pilotes $< h \cdot \tan 75^\circ$, y el terreno contiene alguna capa coherente la carga unitaria al cada sobre ella es igual o menor de $1,5 R_u$, de acuerdo con el esquema adjunto.



Rozamiento negativo

El cálculo de esta NTE es de aplicación cuando el rozamiento negativo sobre los pilotes es producido por la consolidación de una capa de terreno coherente de consistencia blanda o muy blanda, debido a:

Caso a. Colocación reciente de un relleno sobre dicha capa.

Caso b. Asentamiento de la capa de terreno coherente de consistencia blanda o muy blanda, por tratarse de un relleno reciente.

Caso c. Hincas de pilotes, cuando la capa de consistencia blanda o muy blanda tenga susceptibilidad tixotrópica elevada, en general con contenido de humedad igual o mayor que el límite líquido.

Caso d. Rebajamiento reciente del nivel piezométrico del agua freática.

Estrato de roca de pequeño espesor

Cuando el Informe Geotécnico indique la existencia de capas de terreno granular o coherente por debajo de un estrato de roca que tenga un espesor menor de $4D$, por debajo de la punta de los pilotes del grupo, se precisa estudio especial no contemplado en el Cálculo de esta NTE para comprobar la resistencia al hundimiento de dicha capa y el posible punzonamiento estrato de roca.

2. Proceso de cálculo

Quando el Informe Geotécnico indique la existencia de capas de terreno de consistencia blanda o muy blanda, o de compacidad suelta o muy suelta por debajo de la profundidad estimada para la cimentación al determinar la profundidad de la campaña de reconocimiento, se precisa un estudio especial no contemplado en el Cálculo de esta NTE para comprobar la resistencia al hundimiento de dicha capa y los posibles asientos suplementarios.

El número de pilotes del grupo n , el diámetro equivalente D , en cm, la longitud L , en m, la separación entre ejes de pilotes del grupo S , en cm, y la resistencia estructural necesaria T , en t, se determinan de forma que se cumpla la relación siguiente:

$$E \leq c(P + F)$$

Siendo:

- E. Carga axil equivalente determinada en la Tabla 1
- c. Coeficiente determinado en la Tabla 2
- P. Resistencia de un pilote por punta, determinada en las Tablas 3, 4 y 5 para cada tipo de terreno.
- F. Resistencia de un pilote por fuste, determinada en las Tablas 6, 7 y 8 para cada tipo de terreno.

Rozamiento negativo

En los pilotes con rozamiento negativo se comprobará, además:

Si $P > 3F$; $E \leq c(P + F - R_1)$

$$\text{Si } P \leq 3F; E \leq c(P+F-R_2)$$

Siendo:

R., Rozamiento negativo determinado en las Tablas 9 y 10, para cada caso.

R₉. Rozamiento negativo determinado en la Tabla 11.

Comprobación de asientos

Quando la punta de los pilotes del grupo no quede dispuesta en roca, o en terreno granular de compacidad densa o muy densa sin capas por debajo de menor compacidad, se comprobará que los asientos, determinados para cada tipo de terreno en las Tablas 12 y 13, son admisibles.

El asiento total máximo admisible se determina en el siguiente cuadro en función del tipo de estructura, de la modulación media entre apoyos de la misma y del tipo de terreno de cimentación.

Tipo de estructura	Modulación media entre apoyos, en m	Terreno granular	Terreno coherente
De hormigón armado de gran rigidez	5	25	35
	7	35	50
	10	50	75
De hormigón armado de pequeña rigidez.	5	45	60
	7	55	85
	10	80	120
De acero hiperestática	5	60	90
	7	75	125
	10	100	180
		Asiento total máximo admisible, en mm	

3. Cálculo

Predimensionado de n D y L

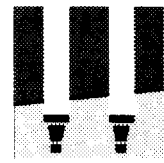
- El predimensionado de n y D de un grupo de pilotes, se realiza con la aplicación de las condiciones siguientes:

a) La relación que se establece en el cuadro adjunto entre el número de pilotes n , el diámetro equivalente D , en cm, y la carga axial Q , en t.

Número de pilotes n	Carga axil Q, en t												
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400
1	32,5	37,5	42,5	42,5									
2	22,5	27,5	32,5	35,0	40,0	40,0	42,5						
3	22,5	22,5	25,0	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	40,0	42,5	42,5		
4	22,5	22,5	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	32,5	35,0	37,5	37,5	40,0	42,5
	Diámetro equivalente D, en cm												

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles.
Calculation



CPP

1978

3

www.geoteknia.com

b) Las limitaciones que tiene el grupo de pilotes para absorber los momentos M_x y M_y , según varíe el número n de los pilotes.

Estas son:

Si se utiliza $n=1$, que $M_x=M_y=0$

Si se utiliza $n=2$, que $M_x=0$

Si se utiliza $n=3$, que $1,75 \cdot M_y=M_x$

Si se utiliza $n=4$, no existe limitación para los valores M_x y M_y

Se tomarán para M_x y M_y los valores de la combinación posible más desfavorable.

- El predimensionado de la longitud L en m, de los pilotes del grupo, se fija a partir de la profundidad estimada para el pilotaje en la campaña de reconocimiento según NTE "CEG-Cimentaciones. Estudios Geotécnicos".

La determinación de la longitud L , debe tomarse como una previsión a confirmar en obra pilote a pilote mediante el rechazo, según se indica en el apartado de Construcción.

Carga axil equivalente E

La carga axil equivalente E , en t, del grupo de n pilotes, se determina en la Tabla 1 en función del diámetro equivalente de los pilotes D , en cm, de la carga axil Q , en t, y del momento equivalente M , en mt.

El valor del momento M , se establece a continuación, en función del número de pilotes del grupo n , y de los momentos M_x y M_y , en mt, de manera que:

Si: $n=2$, $M=M_y$

Si: $n=3$, $M=1,75 \cdot M_x$

Si: $n=4$, $M=M_x+M_y$

Tabla 1

➤ $D \rightarrow M$
➤ $Q \rightarrow E$

		Momento equivalente M, en mt															
Diámetro equivalente D, en cm	≤ 30	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	21,0	24,0	
	32,5	0	1,6	3,2	4,8	6,5	8,1	9,7	11,3	12,0	14,6	16,2	17,8	19,5	22,7	26,0	
	35	0	1,7	3,5	5,2	7,0	8,7	10,5	12,2	14,0	15,7	17,5	19,2	21,0	24,5	28,0	
	37,5	0	1,8	3,7	5,6	7,5	9,3	11,2	13,1	15,0	16,8	18,7	20,6	22,5	26,2	30,0	
	40	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	28,0	32,0	
	42,5	0	2,1	4,2	6,3	8,5	10,6	12,7	14,8	17,0	19,1	21,2	23,3	25,5	29,7	34,0	
Carga axil Q, en t	50	50	55	60													
	75	75	80	85	90												
	100	100	105	110	115	120											
	125	125	130	135	140	145	150										
	150	150	155	160	165	170	175	180									
	175	175	180	185	190	195	200	205	210								
	200	200	205	210	215	220	225	230	235	240							
	225	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270						
	250	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300					
	275	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330				
	300	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360			
	350	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	420		
	400	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	470	480	
	450	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	520	530	
500	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	570	580		
550	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595							
		Carga axil equivalente E, en t															

Coeficiente c

El coeficiente c , se determina en la Tabla 2, en función de la relación entre la resistencia de un pilote por punta P y la resistencia por fuste F , del terreno, y el número de pilotes del grupo n .

Tabla 2

➤ Relación entre P y F ➤ Terreno ➤ c

Relación entre P y F	Terreno	Número de pilotes del grupo n			
		1	2	3	4
$P \geq 3F$	Cualquiera	0,33	0,67	1,00	1,33
$P \leq 3F$	Granular Coherente	0,33	0,67	1,00	1,33
		0,29	0,57	0,86	1,14
Coeficiente c					

La resistencia de un pilote por punta P, en t, se determina a continuación para cada tipo de terreno.

Roca

El valor de P en t, será igual a tres veces la resistencia estructural del pilote T, siempre que se obtenga el apoyo adecuado, lo cual se comprobará mediante el rechazo r obtenido según se indica en las Condiciones Generales de Ejecución del apartado de Construcción de la presente NTE.

Granular de arenas

El valor de P, en t, se determina en la Tabla 3, en función de la resistencia a la penetración estática R_p , en kg/cm^2 , o del número de golpes en el ensayo estándar de penetración dinámica N, y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Se consideran tres zonas de terreno:

A. Zona activa superior, B. Zona activa inferior y C. Zona de seguridad, de acuerdo con el esquema adjunto. La zona C, sólo se considera cuando su resistencia es inferior a la de la Zona B.

El valor de R_p o N para entrar en la Tabla 3, es la media aritmética de los R_p o N, de las zonas A y (B+C). El valor de R_p o N en las Zonas A y (B+C), se determina con el coeficiente entre la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que la componen, por sus R_p o N, y la suma de dichos espesores.

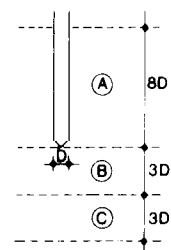
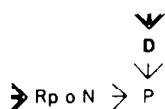


Tabla 3



R_p en kg cm^2	N	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
20	5	8,0	9,8	11,9	14,1	16,6	19,2	22,1	25,1	28,4
30	7	11,9	14,7	17,8	21,2	24,9	28,9	33,1	37,7	42,6
40	10	15,9	19,6	23,8	28,3	33,2	38,5	44,2	50,3	56,7
60	14	23,9	29,5	35,6	42,4	49,8	57,7	66,3	75,4	85,1
80	18	31,8	39,3	47,5	56,5	66,4	77,0	88,4	100,5	113,5
100	22	39,8	49,1	59,4	70,7	83,0	96,2	110,4	125,7	141,9
120	26	47,7	58,9	71,3	84,8	99,5	115,5	132,5	150,8	170,2
140	30	55,7	68,7	83,2	99,0	116,1	134,7	154,6	175,9	198,6
160	34	63,6	78,5	95,0	113,1	132,7	154,0	176,7	201,1	227,0
180	37	71,6	88,4	106,9	127,2	149,3	173,2	198,8	226,2	255,4
200	40	79,5	98,2	118,8	141,4	165,9	192,4	220,9	251,3	283,7

Resistencia por punta P, en t

Reglas complementarias cuando existen estratos coherentes intercalados

- Estrato coherente intercalado en la Zona A.

Si es de consistencia blanda o muy blanda, la Zona A queda reducida a los estratos situados por debajo del estrato coherente.

Si es de consistencia media o superior, se considera que el estrato es granular y con el valor de R_p que realmente tiene.

- Estrato coherente intercalado en la Zona B o C.

Si es de consistencia media o superior, el valor de la resistencia por punta P, se establece a continuación, en función del espesor del estrato e, y de la zona en que esté situado.

$e \geq D$, en la zona B: El menor de los valores P_1 y P_2

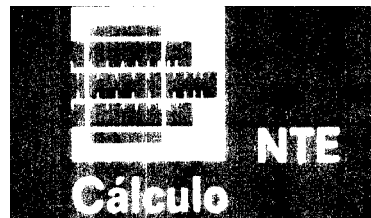
$e \geq D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$, se considera $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$ $P = \frac{P_1 + P_2}{2}$

$e < D$, en la zona B: Si $P_1 \leq P_2$ $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$ $P = P_1 - \frac{e}{D}(P_1 - P_2)$

$e < D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$ $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$ $P = P_1 - \frac{e}{2D}(P_1 - P_2)$

El valor P_1 , se determina considerando que el estrato coherente es granular, y que su R_p o N, es el menor entre los de los estratos que lo limitan.

El valor P_2 , se determina de acuerdo con el apartado de terreno coherente, considerando que la Zona (B+C) es coherente y que su resistencia a la penetración estática R_p , es la del estrato coherente.

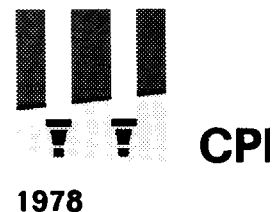


www.geoteknia.com

Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

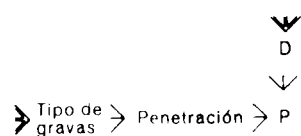
Foundations. Preformed concrete piles.
Calculation



Granular de gravas

El valor P, en t, se determina en la Tabla 4, en función del tipo de gravas, d diámetro equivalente del pilote D, en cm, y de la penetración en número c diámetros D.

Tabla 4



Tipo de gravas	Penetración en n° de diámetros	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
Limpias GW o GP	2D	47,3	58,4	70,7	84,1	98,7	114,4	131,4	149,5	168,7
	4D	56,2	69,4	84,0	100,0	117,4	136,0	156,2	177,8	200,0
	6D	66,9	82,6	99,9	118,9	139,5	161,8	185,8	211,4	238,9
	8D	79,5	98,2	118,8	141,4	165,9	192,4	220,9	251,4	283,9
Arenosas GS	2D	28,3	35,0	42,3	50,4	59,1	68,7	78,7	89,6	101,4
	4D	33,8	41,7	50,4	60,0	70,4	81,7	93,8	106,7	121,4
	6D	40,1	49,5	59,9	71,3	83,7	97,1	111,4	126,8	144,4
	8D	47,7	58,9	71,3	84,8	99,5	115,5	132,5	150,8	170,4
Arcillosas o limosas GC o GM	2D	14,2	17,5	21,2	25,2	29,6	34,3	39,4	44,8	50,6
	4D	16,9	20,8	25,2	30,0	35,2	40,8	46,9	53,5	60,4
	6D	20,1	24,8	30,0	35,7	41,9	48,5	55,8	63,5	71,4
	8D	23,9	29,4	35,0	42,4	49,8	57,7	66,3	75,4	84,9

Resistencia por punta P, en t

Los valores de la Tabla, no incluyen la resistencia correspondiente al trozo c fuste empotrado en la capa de gravas.

Coherente

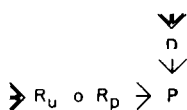
El valor de P, en t, se determina en la Tabla 5, en función de la tensión de ruptura a compresión simple R_u , en kg/cm^2 , o de la resistencia a la penetración estática R_p , en kg/cm^2 , y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Se consideran tres zonas de terreno:

A. Zona activa superior, B. Zona activa inferior y C. Zona de seguridad, c acuerdo con el esquema adjunto. La Zona C, sólo se considera cuando su resistencia es inferior a la de la Zona B.

El valor de R_u o R_p , para entrar en la Tabla 5, es la media aritmética de R_u o R_p , de las Zonas A y (B+C). El valor de R_u o R_p , de las Zonas A y (B+C) se determina con el cociente entre la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que la componen, por sus R_u o R_p , y la suma de c chos espesores.

Tabla 5



Ru en/Rp en kg/cm²	kg/cm²	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
2,5	19	4,5	5,5	6,7	7,9	9,3	10,8	12,4	14,1	15
5,0	38	8,9	11,0	13,4	15,9	18,7	21,6	24,8	28,3	31
7,5	57	13,4	16,6	20,0	23,8	28,0	32,5	37,3	42,4	47
10,0	75	17,9	22,1	26,7	31,8	37,3	43,3	49,7	56,5	63
12,5	94	22,4	27,6	33,4	39,8	46,7	54,1	62,1	70,7	79
15,0	113	26,8	33,1	40,1	47,7	56,0	64,9	74,5	84,8	95
17,5	132	31,3	38,6	46,8	55,7	65,3	75,8	87,0	99,0	111
20,0	150	35,8	44,2	53,4	63,6	74,7	86,6	99,4	113,1	127

Resistencia por punta P, en t

Regla complementaria cuando existen estratos granulares intercalados.

- Estrato granular intercalado en la Zona A, B o C.

Se considera que el estrato es coherente, y que su R_u o R_p es el menor valor entre los de los estratos que lo limitan.

Resistencia por fuste F

La resistencia de un pilote por fuste F, en t, se determina a continuación par cada tipo de terreno.

Granular de arenas

El valor de F, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste F_u , en t/m, determinada en la Tabla 6, en función de la resistencia a la penetración estática R_p , en kg/cm^2 , o del número de golpes en el ensayo estandar de penetración dinámica N, y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Tabla 6

\downarrow
 D
 \downarrow
 $\rightarrow R_p \text{ o } N \rightarrow F_i$

www.geoteknia.com

R _p en kg/cm ²	N	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
20	5	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0
30	7	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0
40	10	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,5
60	14	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8
80	18	4,2	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,0	7,5	8,0
100	22	4,9	5,4	6,0	6,5	7,0	7,6	8,1	8,7	9,2
120	26	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,5	9,0	9,6	10,2
140	30	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3
160	34	6,4	7,2	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,4	12,2
180	37	6,8	7,5	8,3	9,0	9,8	10,5	11,3	12,0	12,8
200	40	7,1	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6	13,3

Resistencia unitaria por fuste F_i, en t/m

Regla complementaria cuando existen estratos coherentes intercalados.

- Si es de consistencia blanda o muy blanda, el valor F_i de los estratos situados por encima del estrato coherente, se considera no mayor del triple del correspondiente a dicho estrato.

Granular de gravas

El valor de F_i en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste F_i en t/m, determinada en la Tabla 7, en función del tipo de gravas y del diámetro del pilote D, en cm.

Tabla 7

\downarrow
 D
 \downarrow
 \rightarrow Tipo de gravas $\rightarrow F_i$

Tipo de gravas	Diámetro equivalente D, en cm								
	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
Limpias GW o GP	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3
Arenosas GS	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,7	10,3
Arcillosas o limosas GC o GM	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8
	Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m								

Coherente

El valor de F_i en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste F_i en t/m, determinada en la Tabla 8, en función de la tensión de rotura a compresión simple R_u en kg/cm^2 , o de la resistencia a la penetración estática R_p en kg/cm^2 , y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Tabla 8

\downarrow
 D
 \downarrow
 $\rightarrow R_u \text{ o } R_p \rightarrow F_i$

Ru en kg/cm ²	Rp en kg/cm ²	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
0,10	0,75	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67
0,20	1,50	0,71	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,18	1,26	1,33
0,30	2,25	1,06	1,18	1,29	1,41	1,53	1,65	1,77	1,88	2,00
0,40	3,00	1,34	1,49	1,64	1,79	1,94	2,09	2,24	2,39	2,54
0,50	4,00	1,62	1,81	1,99	2,17	2,35	2,53	2,71	2,89	3,07
0,75	6,00	2,12	2,36	2,59	2,83	3,06	3,30	3,53	3,77	4,00
1,00	7,50	2,47	2,75	3,02	3,30	3,57	3,85	4,12	4,40	4,67
1,25	9,50	2,69	2,98	3,28	3,58	3,88	4,18	4,48	4,77	5,07
1,50	12,00	2,90	3,22	3,54	3,86	4,19	4,51	4,83	5,15	5,47
2,00	15,00	3,18	3,53	3,89	4,24	4,59	4,95	5,30	5,65	6,01
2,50	18,50	3,43	3,81	4,19	4,57	4,95	5,33	5,71	6,09	6,47
3,00	22,50	3,71	4,12	4,53	4,95	5,36	5,77	6,18	6,60	7,01
4,00	30,00	4,24	4,71	5,18	5,65	6,13	6,60	7,07	7,54	8,01
5,00	37,00	4,70	5,22	5,74	6,27	6,79	7,31	7,83	8,36	8,88
7,50	56,00	5,87	6,52	7,17	7,82	8,47	9,13	9,78	10,43	11,08
10,00	75,00	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	10,99	11,78	12,57	13,35

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

www.geoteknia.com

Si existe un estrato coherente de consistencia blanda o muy blanda, el valor de f_1 de los estratos situados por encima, se considera no mayor del triple de correspondiente a dicho estrato.

Si existen estratos superiores de consistencia media o superior y con límite líquido >40 , el valor de F_i de los estratos comprendidos en los dos metros superiores del terreno se considera nulo.

Regla complementaria cuando existen estratos granulares intercalados.

- El valor de F_i , se determina de acuerdo con el apartado de terreno granular considerándose un valor no mayor del doble del correspondiente a los estratos inferiores a él, coherentes.

Rozamiento negativo

Determinación de R₁

Quando $P > 3F$ el rozamiento negativo R_1 en t, sobre un pilote, se determina del modo siguiente:

- En los casos a, b y c, señalados en las Bases de Cálculo de esta NIE, el valor de R_i , se obtiene como producto del espesor de la capa blanda por el rozamiento negativo unitario R_i en t/m determinado en la Tabla 9, en función de p , u y D .

Siendo:

p. Sobrecarga sobre la capa en el caso a, en t/m^2 .

D. Diámetro equivalente del pilote, en cm.

u. Producto del espesor de la capa, por su peso específico efectivo, t/m^3 . El peso específico efectivo es, por encima del nivel piezométrico, el real del terreno húmedo; por debajo, el del terreno saturado menos el peso específico de agua.

Tabla 9

$$\begin{array}{ccccc} \Rightarrow P & \Rightarrow & & U \\ & & & \downarrow \\ \Rightarrow \text{Caso} & \Rightarrow & D & \Rightarrow & R_i \end{array}$$

		u. Producto del espesor de la capa por su peso específico efectivo, en t m ²														
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Sobrecarga p. en t m ²	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	1	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	2	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	3	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	4	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	5	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	6	→	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16	18
	7	→	→	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14	16
	8	→	→	→	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12	14
	9	→	→	→	→	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	12
10	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	2	4	6	8	10	
Caso a o b	22,5	0,18	0,36	0,54	0,71	0,89	1,07	1,24	1,42	1,60	1,77	1,95	2,13	2,30	2,48	2,66
	25,0	0,20	0,40	0,59	0,79	0,99	1,18	1,38	1,58	1,77	1,97	2,16	2,36	2,56	2,75	2,95
	27,5	0,22	0,44	0,65	0,87	1,08	1,30	1,52	1,73	1,95	2,16	2,38	2,60	2,81	3,03	3,24
	30,0	0,24	0,48	0,71	0,95	1,18	1,42	1,65	1,89	2,13	2,36	2,60	2,83	3,07	3,30	3,54
	32,5	0,26	0,52	0,77	1,03	1,28	1,54	1,79	2,05	2,30	2,56	2,81	3,07	3,32	3,58	3,83
	35,0	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	1,65	1,93	2,20	2,48	2,75	3,03	3,30	3,58	3,85	4,13
	37,5	0,30	0,59	0,89	1,18	1,48	1,77	2,07	2,36	2,66	2,95	3,24	3,54	3,83	4,13	4,42
	40,0	0,32	0,63	0,95	1,26	1,58	1,89	2,20	2,52	2,83	3,15	3,46	3,77	4,09	4,40	4,72
	42,5	0,33	0,66	1,00	1,33	1,66	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00	4,33	4,67	5,00
Caso c	22,5	0,08	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99	1,07
	25,0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,55	0,63	0,71	0,79	0,87	0,95	1,03	1,10	1,18
	27,5	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87	0,96	1,04	1,13	1,21	1,30
	30,0	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,66	0,76	0,85	0,95	1,04	1,14	1,23	1,32	1,42
	32,5	0,11	0,21	0,31	0,41	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,03	1,13	1,23	1,33	1,43	1,54
	35,0	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65
	37,5	0,12	0,24	0,36	0,48	0,59	0,71	0,83	0,95	1,07	1,18	1,30	1,42	1,54	1,65	1,77
	40,0	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,88
	42,5	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,80	0,93	1,06	1,20	1,33	1,46	1,60	1,73	1,86	2,00
D en cm	Rozamiento negativo unitario R ₁ , en t/m															

En el caso d, el valor de R_1 , en t, se obtiene directamente en la Tabla 10, en función de l , r/l y D .

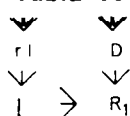
siendo:

- l . Longitud del tramo de pilote hincado en las capas que puedan asentar. Considerando como tales todas las blandas y las que se encuentren sobre ellas.

- r/l . Rebajamiento relativo, definido como cociente entre el rebajamiento del nivel piezométrico r , en m, y la longitud l , en m.

- D . Diámetro equivalente, en cm.

Tabla 10



Longitud l, en m	Rebajamiento relativo r/l				Diámetro equivalente D, en cm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
	4,9	4,4	4,2	4,0	2,8	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	
	7,3	6,6	6,3	6,0	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	
	9,7	8,8	8,3	8,0	11,3	12,6	13,8	15,1	16,3	17,6	18,8	20,1	21,4	
	12,1	11,0	10,4	10,0	17,7	19,6	21,6	23,6	25,5	27,5	29,5	31,4	33,4	
	14,6	13,3	12,5	12,0	25,4	28,3	31,1	33,9	36,8	39,6	42,4	45,2	48,1	
	17,0	15,5	14,6	14,0	34,6	38,5	42,3	46,2	50,0	53,9	57,7	61,6	65,4	
	19,4	17,7	16,7	16,0	45,2	50,3	55,3	60,3	65,3	70,4	75,4	80,4	85,5	
	21,8	19,9	18,8	18,0	57,3	63,6	70,0	76,3	82,7	89,1	95,4	101,8	108,1	
24,3	22,1	20,9	20,0	70,7	78,5	86,4	94,2	102,1	110,0	117,8	125,7	133,5		
Rozamiento negativo R, en t														

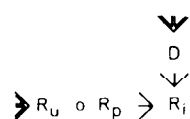
Rozamiento negativo R_1 , en t

No se adoptará para R_1 un valor superior a la resistencia por fuste del pilote, en la capa coherente de consistencia blanda o muy blanda, determinada de acuerdo con el apartado correspondiente al caso a, b, c ó d.

Determinación de R_2

Cuando $P \leq 3F$, el rozamiento negativo R_2 , en t, sobre un pilote, se determina para cualquiera de los casos a, b, c ó d contemplados en las Bases de Cálculo, mediante el producto del espesor de la capa coherente de consistencia blanda o muy blanda, por el rozamiento negativo unitario R_1 , en t/m, determinado en la Tabla 11, en función de la tensión de rotura a compresión simple, R_u , en kg/cm^2 , o de R_p , en kg/cm^2 , y del diámetro equivalente del pilote D , en cm.

Tabla 11



R_u en Kg/cm^2	R_p en Kg/cm^2	Diámetro equivalente D , en cm									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
0,1	0,75	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	
0,2	1,50	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,54	0,58	0,62	0,66	
0,3	2,25	0,53	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94	1,00	
0,4	3,00	0,67	0,74	0,82	0,89	0,96	1,04	1,11	1,19	1,26	
0,5	4,00	0,81	0,90	0,99	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44	1,53	

Rozamiento negativo unitario R_1 , en t/m

Asiento A

El asiento A , en mm, de un grupo de pilotes se determina a continuación para cada tipo de terreno.

Granular

El valor de A , en mm, se determina en la Tabla 12, en función de n , $\frac{Q_t}{Q_r}$ y D .

Siendo:

n . Número de pilotes del grupo

Q_t . Carga media de trabajo de un pilote en t, determinada para cada caso mediante las expresiones siguientes:

- Sin rozamiento negativo

$$Q_t = \frac{Q}{n}$$

- Con rozamiento negativo, Si $P > 3F$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_1$$

Si $P \leq 3F$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_2$$

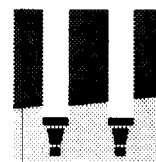
- Q , R_1 y R_2 ; determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

Q_r . Resistencia de un pilote, en t, determinada con la expresión $Q_r = P + F$, P y F determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

D . Diámetro equivalente del pilote, en cm

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles.
Calculation

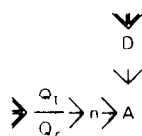


CPP

1978

6

www.geoteknia.com

Tabla 12

Q_t/Q_r	n	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
0,35	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
	2	6	7	7	7	7	7	8	8	8
	3	9	9	10	10	10	11	11	11	11
	4	11	12	12	12	12	13	13	14	14
0,40	1	3	3	3	3	3	4	4	4	4
	2	8	8	8	9	9	9	9	10	10
	3	11	11	12	12	12	13	14	14	14
	4	14	14	15	15	15	16	17	17	18
0,45	1	3	4	4	4	4	4	4	4	5
	2	9	9	10	10	10	11	11	12	12
	3	13	14	14	15	15	16	16	17	17
	4	16	17	17	18	18	19	20	21	21
0,50	1	4	4	4	5	5	5	5	5	5
	2	10	11	11	12	12	13	13	14	14
	3	15	16	16	17	17	18	19	20	20
	4	19	19	20	21	21	23	23	24	25

Coherente

El valor de A, en mm, se determina en la Tabla 13, en función de Q_t , R_p , L y n.

Seiendo:
O: Carga media de trabajo de un pilote, en t, determinada para cada caso mediante las expresiones siguientes:

- Sin rozamiento negativo

$$Q_t = \frac{Q}{n}$$

- Con rozamiento negativo: Si $P > 3F$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_1$$

$$Si\ P \leq 3F$$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_2$$

Q, R₁ y R₂, determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

R_p. Resistencia a la penetración estática del terreno en kg/cm², determinada con el cociente entre, la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que lo componen por sus R_p, y la suma de dichos espesores.

n. Número de pilotos del grupo

Tabla 13

Tabla 13		Carga media de trabajo de un piloto Q_T , en t															Número de pilotos del grupo, n			
Rp en kg/cm ²	Longitud del piloto L, en m	Carga media de trabajo de un piloto Q_T , en t															Número de pilotos del grupo, n			
		24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	1	2	3	4
8		24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108				
8		24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128					
10		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130								
12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132										
14	23 28	42	56	70	84	98	112	126												
16	26 32	48	64	80	96	112	128													
18	30 36	54	72	90	108	126														
20	33 40	60	80	100	120	140														
22	36 44	66	88	110	132															
24	40 48	72	96	120	144															
26	43 52	78	104	130																
28	46 56	84	112	140																
30	50 60	90	120	150																

$R_D \rightarrow Q_T \rightarrow n$

$L \rightarrow A$

4. Cálculo de T

www.geoteknia.com

La resistencia estructural necesaria T , en t, para cada pilote del grupo, se determina en la Tabla 14, en función de n , E , R_1 o R_2 .

Siendo:

n . Número de pilotes del grupo.

E . Carga axil equivalente del grupo, en t, determinada de acuerdo con el apartado correspondiente del presente Cálculo.

R_1 o R_2 . Rozamiento negativo sobre un pilote, en t, determinado de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

Cuando no exista rozamiento negativo se tomará para R_1 o R_2 el valor cero.

Tabla 14

$n \rightarrow E$ $R_1 \text{ o } R_2 \rightarrow T$		Carga axil equivalente del grupo E , en t																			
Número de pilotes del grupo n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		30,0	33,7	37,5	41,2	45,0	48,7	52,5	56,2	60,0	63,7	67,5	71,2	75,0	78,7	82,5	86,2	90,0	93,7	97,5	105,0
2		70,0	78,7	87,5	96,2	105,0	113,7	122,5	131,2	140,0	148,7	157,5	166,2	175,0	183,7	192,5	201,2	210,0	218,7	227,5	245,0
3		120,0	135,0	150,0	165,0	180,0	195,0	210,0	225,0	240,0	255,0	270,0	285,0	300,0	315,0	330,0	345,0	360,0	375,0	390,0	420,0
4		160,0	180,0	200,0	220,0	240,0	260,0	280,0	300,0	320,0	340,0	360,0	380,0	400,0	420,0	440,0	460,0	480,0	500,0	520,0	560,0
Rozamiento negativo, R_1 o R_2 , en t	0	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140
	5	42	47	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102	107	112	117	122	127	132	142
	10	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	144
	15	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	146
	20	48	53	58	63	68	73	78	83	88	93	98	103	108	113	118	123	128	133	138	148
	25	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	150
	30	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137	142	152
	40	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	156
	50	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	160
	60	64	69	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	139	144	149	154	164
	70	68	73	78	83	88	93	98	103	108	113	118	123	128	133	138	143	148	153	158	168
	85	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	139	144	149	154	159	164	174
	100	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
	115	86	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181
	130	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	167	172	177	182	187
		Resistencia estructural necesaria para cada pilote T , en t																			

5. Cálculo de S

La separación S , en cm, entre los ejes de los pilotes del grupo se determina en la Tabla 15, en función de P , F , D y L .

Siendo:

P . Resistencia por punta de un pilote, determinada de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

F . Resistencia por fuste de un pilote, determinada de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

D . Diámetro equivalente de un pilote, en cm.

L . Longitud de los pilotes en m.

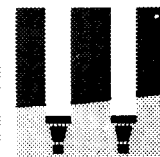
Tabla 15

\downarrow Relación entre P y F \downarrow D \downarrow $L \rightarrow S$		Relación entre P y F																			
Diámetro equivalente D , en cm.		$P > 3F$										$P \leq 3F$									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
	12,0	10,0	8,0	6,0								6,3									60
	17,0	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0						11,3	8,7								70
			18,0	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0				16,3	13,7	11,1	8,5						80
				21,0	19,0	17,0	15,0	13,0	11,0				18,7	16,1	13,5	10,8	8,2				90
					24,0	22,0	20,0	18,0	16,0					21,1	18,5	15,8	13,2	10,6	8,0		100
							25,0	23,0	21,0							20,8	18,2	15,6	13,0	10,3	110
								28,0	26,0								23,2	20,6	18,0	15,3	120
																	25,6	23,0	20,3		130
																		28,0	25,3		140
		Longitud de los pilotes L , en m																			

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles.
Calculation

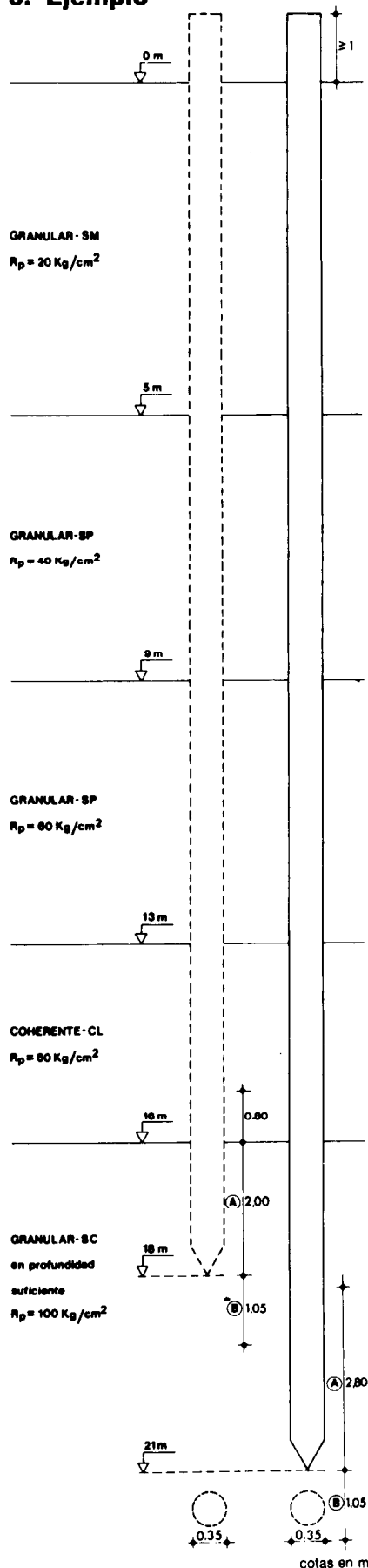
www.geoteknia.com



CPF

1978

5. Ejemplo



Datos

Esfuerzos en el plano superior del grupo de pilotes
Características del terreno

Profundidad estimada para la cimentación
Estructura de hormigón armado de pequeña rigidez, con modulación media entre apoyos de 5 m

Cálculo

Predimensionado
Relación que debe cumplirse
 $E \leq c (P + F)$
Carga axial equivalente E
Tabla 1

Resistencia por punta P

Tabla 3 u Tabla 5

Resistencia por fuste F

Tabla 6 y Tabla 8

Coefficiente c
Tabla 3

Comprobación, $E \leq c (P + F)$

Modificación del predimensionado

Resistencia por punta P
Tabla 3

Resistencia por fuste F
Tabla 6 y Tabla 8

Coefficiente c
Tabla 2
Comprobación, $E < c (P + F)$

Comprobación del asiento

Asiento total máximo admisible 40 mm

Tabla 12

Resistencia estructural necesaria T
Tabla 14

Separación S
Tabla 15

Resultados

$Q = 185 \text{ t}$; $M_x = 6 \text{ mt}$; $M_y = 2,5 \text{ mt}$

Las especificadas en el esquema adjunto
No existe rozamiento negativo

18 m
Asiento total máximo admisible, 40 mm

$n = 3$; $D = 35 \text{ cm}$; $L = 18 \text{ m}$

$M = 1,75 \times 6 = 10,5 \text{ mt}$
 $E = 215 \text{ t}$

$$R_p = \frac{R_p(A) + R_p(B)}{2}$$

$$R_p(A) = \frac{0,80 \times 60 + 2 \times 100}{2,80} = 88,57 \text{ kg/cm}^2$$

Regla complementaria

$$R_p(B) = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_p = \frac{88,57 + 100}{2} = 94,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 77,0 \text{ t}$$

$$F = 5 \times 3,3 + 4 \times 4,5 + 4 \times 5,6 + 3 \times 9,18 + 2 \times 7,6 = 99,49$$

Regla complementaria

$$F = 99,49 \text{ t}$$

$$77,0 < 3 \times 99,49; P < 3 F$$

$$c = 1$$

$$215 > 1 \times (77,0 + 99,49)$$

No se cumple

$$L = 21 \text{ m}$$

$$R_p = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 96,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 5 \times 3,3 + 4 \times 4,5 + 4 \times 5,6 + 3 \times 9,13 + 5 \times 7,6 = 122,29$$

Regla complementaria

$$F = 122,29 \text{ t}$$

$$96,2 < 3 \times 122,29; P < 3 F$$

$$c = 1$$

$$215 < 1 \times (96,2 + 122,29)$$

se cumple

$$Q_t = \frac{Q}{n}; Q_r = P + F$$

$$Q_t = \frac{185}{3} = 61,66 \text{ t}; Q_r = 96,2 + 122,29 = 218,49$$

$$\frac{Q_t}{Q_r} = 0,2$$

$$A = 10 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Se cumple

$$R_s = 0$$

$$T = 75 \text{ t}$$

$$P < 3 F$$

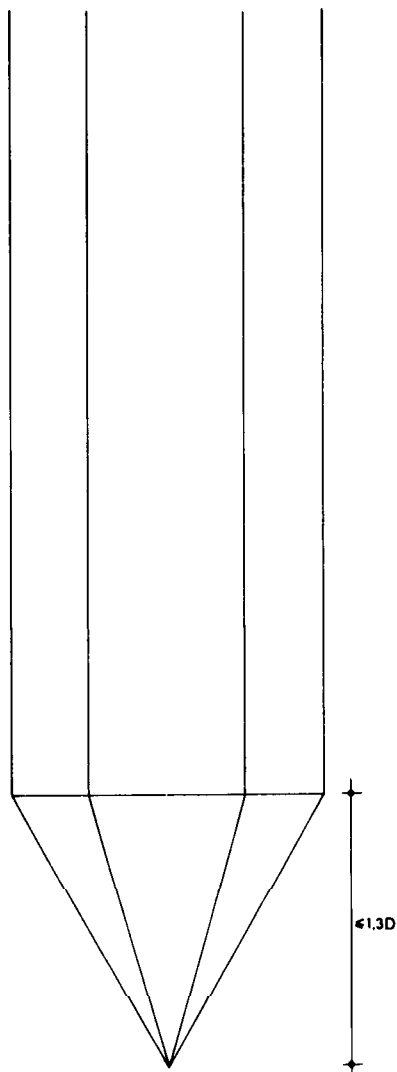
$$S = 120 \text{ cm}$$

$$N = 3; D = 35 \text{ cm}; L = 21 \text{ m}$$

$$T = 75 \text{ t}; S = 120 \text{ cm}$$

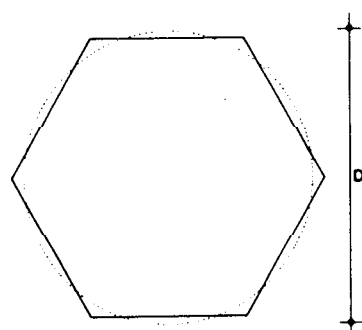
1. Especificaciones

CPP-1 Pilote prefabricado-D.R.-Azuche.Cemento



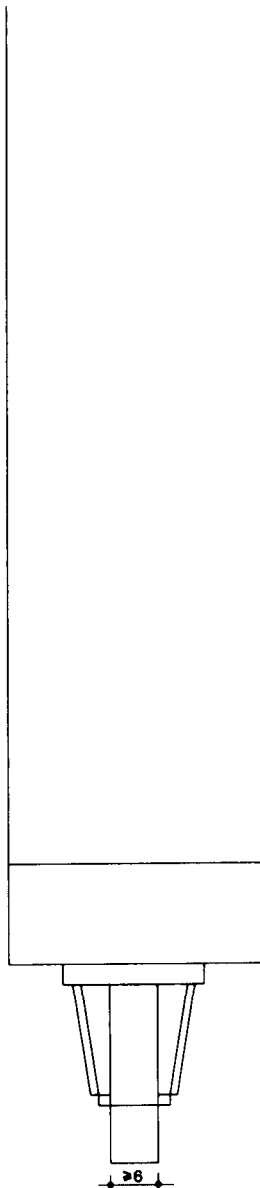
Azuche normal en punta

Alzado



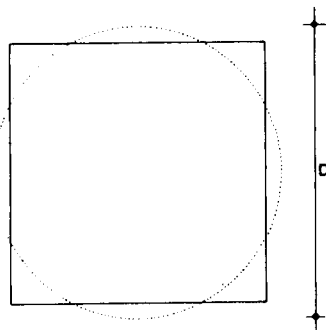
Planta

Los pilotes representados no presuponen tipo



Azuche especial para roca

Alzado



Planta

cotas en cm

Pieza lineal de directriz recta compuesta por uno o varios tramos de sección constante, circular o poligonal regular, de diámetro equivalente D , en cm, según la siguiente serie: 22,5; 25; 27,5; 30; 32,5; 35; 37,5; 40; 42,5. Con un elemento especial en la punta o azuche, para la hincia.

De hormigón armado. El hormigón de resistencia característica a compresión no menor de 350 kg/cm^2 . La armadura longitudinal de acero AE-42. La armadura transversal de acero A 22 L.

Llevará identificación de serie y fecha de fabricación.

El pilote será capaz de soportar las operaciones de transporte manejo é hincia de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de $0,15 \text{ mm}$. No presentará una flecha mayor de $1/300$ de su longitud, ni pandeos locales mayores de 1 cm por metro de longitud.

Cuando el pilote esté compuesto de varios tramos, el sistema de empalme garantizará el comportamiento del conjunto como si fuese un pilote de un sólo tramo.

El azuche será normal o especial para roca. El normal consistirá en un revestimiento de función o acero, plano, en punta cónica o piramidal.

El especial para roca, dispondrá como punta, de un tocho cilíndrico de acero de diámetro no menor de 6 cm y de resistencia no menor que la del pilote.

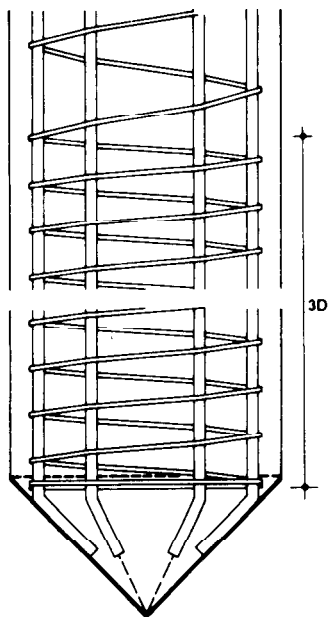
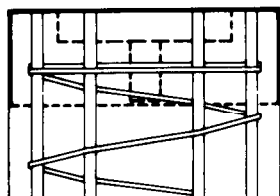
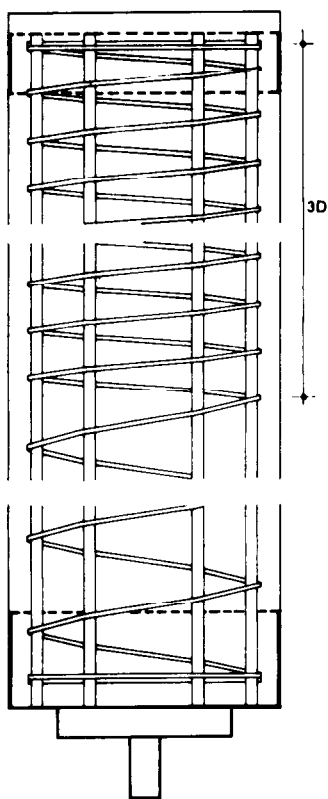
El cemento a emplear para la fabricación del hormigón será Portland P, Puzolánico PUZ o Portland resistente al yeso P-350-Y.

Las barras de la armadura longitudinal se dispondrán, si la sección es poligonal, una en cada vértice como mínimo; si la sección es circular se dispondrán uniformemente en el perímetro con un mínimo de 6.

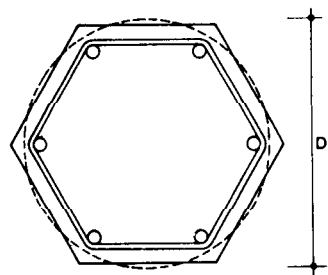
En cualquier caso serán de una sola pieza o el empalme, cuando fuera necesario, se hará mediante soldadura.

La armadura transversal dispuesta en forma helicoidal sujetará en posición a la armadura longitudinal. El recubrimiento de las armaduras será no menor de $2,5 \text{ cm}$.

La armadura longitudinal tendrá una cuantía respecto al área de la sección transversal del pilote no menor de $1,25\%$, y el diámetro de las barras será no menor de 12 mm .

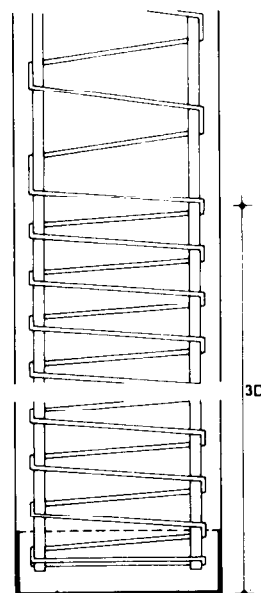
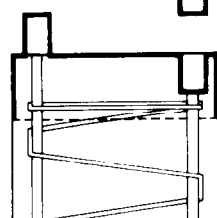
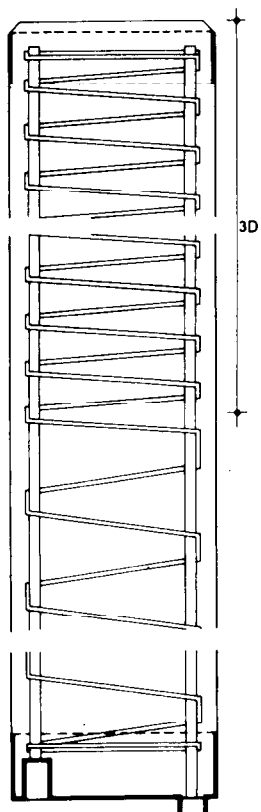


Sección

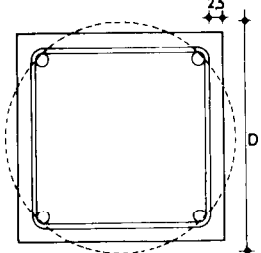


Planta

Los pilotes representados no presuponen tipo



Sección



Planta

cotas en cm

La armadura transversal tendrá una cuantía no menor del 0,2% respecto al volumen del pilote, en toda su longitud, y diámetro no menor de 6 mm. En punta y cabeza, y en una longitud no menor de 3 D, se duplicará dicha cuantía.

Se indicará y garantizará mediante certificado la resistencia estructural del pilote R_{et} , determinada con las siguientes expresiones, según la categoría del pilote.

Categoría I. Pilote prefabricado en instalaciones permanentes y fijas.

$$R = \frac{0,23 f_{ck} \cdot A_c + 1.600 A_s}{1.000} < \frac{125 A}{1.000}$$

Categoría II. Pilote prefabricado en instalaciones en obra.

$$R = \frac{0,20 f_{ck} \cdot A_c + 1.400 A_s}{1.000} < \frac{90 A}{1.000}$$

siendo:

f_{ck} . Resistencia característica de hormigón a compresión, en kg/cm^2 .

No se adoptará un valor superior a los siguientes:

Categoría I: 450 kg/cm^2

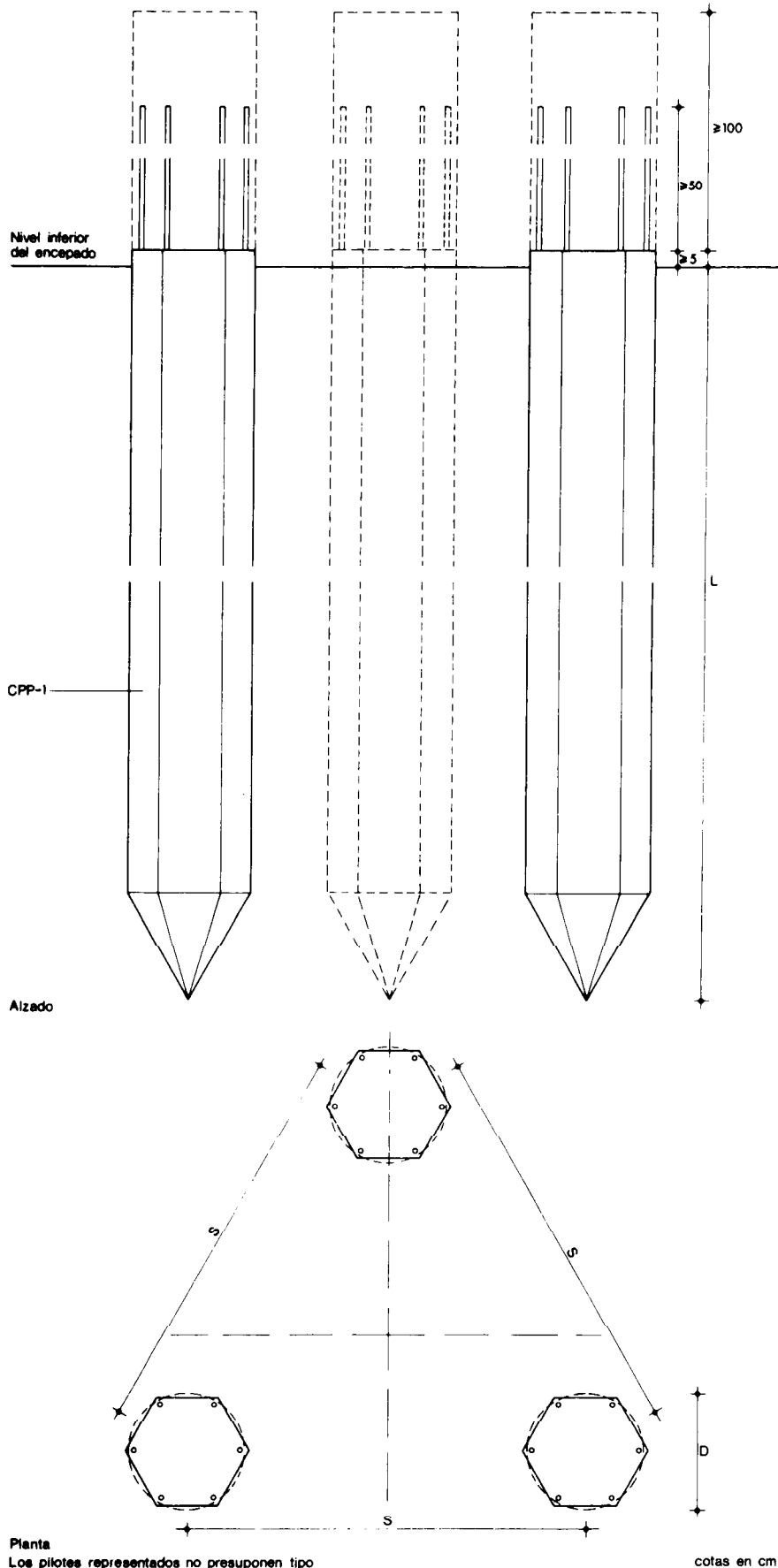
Categoría II: 400 kg/cm^2

A_c . Área del hormigón de la sección transversal, en cm^2 .

A_s . Área de la armadura longitudinal de la sección transversal, en cm^2 .

A . Área de la sección transversal del pilote, en cm^2 .

CPP-2 Grupo de pilotes prefabricados-n-D-L-S-T-Azucho-Cemento



cotas en cm

CPP-1 Pilote prefabricado.

Se hincarán en el terreno n pilotes, de diámetro equivalente D , en cm, de resistencia estructural $R > T$, en t, tipo de Azucho y Cemento y con separación S , en cm, según Documentación Técnica.

La longitud de cada pilote, o conjunto de tramos que lo forman, será no menor que la longitud L , en m, más un mínimo de 100 cm para su posterior descabezado.

El hincado en el terreno se realizará mediante un dispositivo de hincia que asegure la penetración vertical.

El dispositivo de hincia, o martinete, dispondrá de maza y gemelas o guías.

Las mazas podrán ser:

- De caída libre, y de simple efecto con peso no menor de 0,5 veces el peso del pilote o tramo, y altura de caída no mayor de 2 m.

- De doble efecto y Diesel, con peso equivalente no menor de 0,5 veces el peso del pilote o tramo.

Siendo el peso equivalente un número de toneladas igual a la energía del golpe de la maza en t.m.

Entre la maza y la cabeza del pilote se dispondrá una almohadilla, de madera dura u otro material elástico, y un casco, sombrerete o sufridera de acero, provisto de alas laterales deslizables sobre las guías del martinete.

Los pilotes se hincarán en el terreno hasta la profundidad prevista en el Cálculo, refrendada por el rechazo r obtenido como se indica en las Condiciones Generales de Ejecución. Cuando el pilote sea con Azucho especial, por disponerse su punta en roca, se hincará hasta la profundidad de ésta, dándose a continuación del orden de 300 golpes, reduciendo la energía de éstos disminuyendo la altura de caída de la maza a unos 5 cm.

La hincia se terminará con una andanada de 10 a 20 golpes, con la energía de golpe normal para asegurar el apoyo.

Se descabezará a mano o con martillos picadores pequeños, para no dañar la parte sana. Se mantendrá la sección del pilote en una altura que permita una entrega en el encepado de 5 cm.

La armadura longitudinal quedará descubierta en una longitud no menor de 50 cm.

2. Condiciones generales de ejecución

www.geoteknia.com

De cada pilote hincado, se realizará un parte en el que constará la fecha de hincado, diámetro, longitud enterrada, altura de descabezado, los incidentes apreciados durante la hinca, en su caso el empotramiento logrado en la punta, y el rechazo r obtenido en tres andanadas consecutivas de 10 golpes. El valor del rechazo r , se deduce de la siguiente Tabla en la que r/L es el rechazo relativo necesario en andanada de 10 golpes para alcanzar una resistencia al hundimiento igual a la carga media del pilote, para una relación m/p entre el peso de la maza y el peso del pilote, y una altura h de caída de la maza. Los cuatro valores que figuran en cada posición de la Tabla se corresponden, por este orden y de arriba a abajo, con las tensiones medias de trabajo en el pilote de: 35, 65, 95 y 125 kg/cm^2 y siendo:

- r . rechazo, en mm
- h . altura de caída de la maza, en m
- m . peso de la maza, en t
- p . peso del pilote, incluido en este último el sombrerete y otras piezas auxiliares fijas a él, en t
- L . longitud enterrada del pilote, en m

h en m	Relación m/p										
	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,50	0,74	0,94	1,16	1,43	1,75	2,14	2,61	3,20	3,97	5,00	6,44
	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16	0,71	1,49
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,60	1,19	1,42	1,70	2,02	2,40	2,87	3,43	4,14	5,06	6,29	8,02
	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,75	1,41	2,34
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,70	1,63	1,91	2,23	2,61	3,05	3,59	4,25	5,09	6,16	7,59	9,61
	—	—	—	—	—	—	0,31	0,76	1,34	2,11	3,20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,53
0,80	2,08	2,40	2,76	3,19	3,70	4,32	5,08	6,03	7,25	8,89	11,20
	—	—	—	—	0,02	0,35	0,76	1,27	1,93	2,81	4,05
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,27	1,12
0,90	2,53	2,88	3,30	3,78	4,35	5,05	5,90	6,97	8,35	10,19	12,79
	—	—	—	0,06	0,37	0,74	1,20	1,77	2,52	3,51	4,91
	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06	0,75	1,70
1,00	2,98	3,37	3,83	4,37	5,01	5,78	6,72	7,91	9,44	11,49	14,37
	—	—	0,08	0,37	0,72	1,13	1,64	2,28	3,11	4,21	5,76
	—	—	—	—	—	—	—	—	0,47	1,22	2,29
1,10	3,42	3,86	4,36	4,95	5,66	6,50	7,54	8,85	10,53	12,79	15,96
	—	0,10	0,37	0,69	1,07	1,52	2,08	2,79	3,69	4,91	6,62
	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,87	1,70	2,87
1,20	3,87	4,35	4,90	5,54	6,31	7,23	8,36	9,79	11,63	14,09	17,55
	0,11	0,36	0,66	1,01	1,42	1,92	2,53	3,29	4,28	5,61	7,47
	—	—	—	—	—	—	0,07	0,60	1,27	2,18	3,46
1,30	4,32	4,83	5,43	6,13	6,96	7,96	9,19	10,73	12,72	15,39	19,13
	0,35	0,62	0,95	1,32	1,77	2,31	2,97	3,80	4,87	6,31	8,33
	—	—	—	—	—	—	0,37	0,94	1,68	2,66	4,04
1,40	4,77	5,32	5,96	6,71	7,61	8,69	10,01	11,67	13,82	16,69	20,72
	0,59	0,89	1,23	1,64	2,12	2,70	3,41	4,31	5,46	7,01	9,18
	—	—	—	—	—	0,19	0,68	1,29	2,08	3,14	4,62
1,50	5,22	5,81	6,49	7,30	8,26	9,41	10,83	12,61	14,91	17,99	22,31
	0,83	1,15	1,52	1,95	2,47	3,09	3,85	4,81	6,05	7,71	10,03
	—	—	—	—	0,03	0,46	0,98	1,64	2,48	3,62	5,21
1,60	5,66	6,29	7,03	7,89	8,91	10,14	11,65	13,55	16,00	19,29	23,90
	1,07	1,41	1,81	2,27	2,82	3,48	4,30	5,32	6,64	8,41	10,89
	—	—	—	—	0,27	0,73	1,28	1,98	2,89	4,10	5,79
1,70	6,11	6,78	7,56	8,47	9,56	10,87	12,47	14,49	17,10	20,59	25,48
	1,31	1,67	2,09	2,58	3,17	3,87	4,74	5,83	7,23	9,11	11,74
	—	—	—	0,11	0,61	0,00	1,50	2,33	3,20	4,57	6,38
1,80	6,56	7,27	8,09	9,06	10,21	11,60	13,30	15,43	18,19	21,88	27,07
	1,55	1,94	2,38	2,90	3,52	4,27	5,18	6,33	7,82	9,81	12,60
	—	—	—	0,33	0,75	1,26	1,89	2,68	3,69	5,05	6,96
1,90	7,01	7,76	8,63	9,65	10,86	12,32	14,12	16,37	19,29	23,18	28,66
	1,79	2,20	2,67	3,22	3,87	4,66	5,62	6,84	8,41	10,51	13,45
	—	—	0,17	0,54	0,99	1,53	2,19	3,02	4,10	5,53	7,55
2,00	7,45	8,24	9,16	10,23	11,51	13,05	14,94	17,31	20,38	24,48	30,25
	2,04	2,46	2,95	3,53	4,22	5,05	6,07	7,35	9,00	11,20	14,31
	—	0,03	0,36	0,76	1,23	1,80	2,49	3,37	4,50	6,01	8,13
	—	—	—	—	—	—	—	0,58	1,44	2,59	4,20

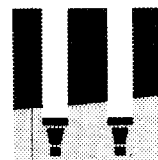
Rechazo relativo r/L

Para valores intermedios entre los que figuran en la Tabla se puede interpolar linealmente.
Para mazas de doble efecto o Diesel se adoptará una altura de caída equivalente, igual a la ener-



Pilotes Prefabricados

*Foundations. Preformed concrete piles.
Construction*



CPP

1978

gía de la maza por golpe, dividida por el peso de sus partes móviles.

Los resultados de la hincia se tomarán por sí solos como una prueba de la capacidad resistente del pilote. En particular, la profundidad deberá coincidir aproximadamente con la prevista en Cálculo, en el caso de que ésta resulte ser inalcanzable, será objeto de un estudio especial no contemplado en la presente NTE.

3. Condiciones de seguridad en el trabajo

Se evitará la permanencia o paso de personas bajo cargas suspendidas, acotando las áreas de trabajo.

Los pilotes se izarán suspendidos de forma que la carga sea estable y segura. Se suspenderán los trabajos cuando exista viento con una velocidad superior a 60 km/h.

Diariamente se revisará el estado de los dispositivos de manejo e hincia de los pilotes antes de comenzar los trabajos.

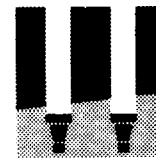
Las tareas de guía del pilote serán realizadas mediante elementos auxiliares que permitan el alejamiento de trabajadores del mismo, en el momento de la hincia.

La maquinaria de hincia, cuando no esté en uso, debe mantenerse en posición tal que quede asegurada la imposibilidad de movimientos o caídas accidentales de elementos de la misma.

La tarea de descabezado de los pilotes se realizará de forma que no se produzcan proyecciones de trozos o partículas de hormigón sobre personas próximas, o bien, se dispondrán los apantallamientos necesarios. Los trabajadores encargados del picado, irán provistos de gafas, casco, mandil y botas de seguridad.

Los trabajadores sometidos a un nivel de ruido continuo o de impacto, que supere las limitaciones establecidas por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, deberán estar provistos de tapones o auriculares de amortiguamiento del nivel sonoro.

Se cumplirán además, todas las disposiciones generales que sean de aplicación de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



1. Materiales y equipos de origen industrial

Los materiales y equipos de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas en las NTE, así como las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a fabricación y control industrial.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando, únicamente, sus características aparentes.

2. Control de la ejecución

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
CPP-2 Grupo de pilotes prefabricados-n.D.L.S.T.Azu-che-Cemento	Disposición de los pilotes	Uno cada 3 grupos de pilotes	Desviaciones en planta superiores al 20% del diámetro equivalente del pilote Desviaciones en dirección superiores al 4%
	Número y diámetro del grupo de pilotes	Uno cada grupo	Distinto de lo especificado
	Hinca de los pilotes	Uno cada pilote	Aparecen durante la hinca roturas disgregaciones o fisuras superiores a 0,15 mm
	Profundidad y rechazo	Uno cada 3 grupos de pilotes	No se alcanza la longitud L y el rechazo es distinto al especificado
	Descabezado de los pilotes	Uno cada 3 grupos de pilotes	Distinto de lo especificado
	Anclaje y entrega al encepado de la armadura longitudinal	Uno cada 3 grupos de pilotes	Inferior a lo especificado

3. Criterio de medición

Especificación	Unidad de medición	Forma de medición
CPP-2 Grupo de pilotes prefabricados-n.D.L.S.T.Azu-che-Cemento	m	Longitud L, realmente ejecutada, incrementada en un metro

www.geoteknia.com

1. Criterio de valoración

La valoración de cada especificación se obtiene sumando los productos de los precios unitarios, correspondientes a las especificaciones recuadradas que la componen, por sus coeficientes de medición sustituidos los parámetros por sus valores numéricos en m.

En los precios unitarios irán incluidos, además de los conceptos que se expresan en cada caso, la mano de obra directa e indirecta incluso obligaciones sociales y parte proporcional de medios auxiliares.

La valoración dada se referirá a la ejecución material de la unidad completa terminada

Especificación	Unidad	Precio unitario	Coeficiente de medición
CPP-2 Grupo de pilotes prefabricados-n·D·L·S·T·Azúche-Cemento	ud		
Incluso empalmes, almohadillas y descabezado de los pilotes	m	CPP-1	$n(L+1)$

2. Ejemplo

CPP-2 Grupo de pilotes prefabricados-3·35·21·75·120·Normal-P-350

Datos: $n=3$
 $D=35$ cm
 $L=21$ m
 $S=120$ cm
 Azúche normal
 Cemento, P-350

Unidad	Precio unitario	Coeficiente de medición	Precio unitario	Coeficiente de medición
m	CPP-1	$\times n(L+1)$	$= 2.120$	$\times 3(21+1) = 139.920$
Total Pta / ud = 139.920				

1. Criterio de mantenimiento

La propiedad conservará en su poder la Documentación Técnica en la que figurarán las solicitudes para las que han sido previstos los grupos de pilotes. Cuando fuera apreciada alguna anomalía, fisuras o cualquier otro tipo de lesión en el edificio, será estudiado por Técnico competente que dictaminará su importancia y peligrosidad y, en el caso de ser imputable a la cimentación, los refuerzos o racalces que deban realizarse.

Cuando se prevea una modificación que pueda alterar las solicitudes previstas en los grupos de pilotes, será necesario el dictamen de un Técnico competente.