



## Curso básico de muros anclados para edificaciones

### Contenido :

- Introducción
- Maquinarias
- Introducción al diseño
- Diseño de un anillo
- Proceso constructivo
- Slide
- Diseño de 2 anillos
- Introducción a los micropilotes
- Diseño de micropilotes

### Horarios:

Lunes, miércoles y viernes  
Grupo 1: 10 am  
Grupo 2: 3 pm  
Grupo 3: 7 pm  
Martes, jueves y sábado  
Grupo 4 : 7pm y 10 am



**BATALLA DE JUNÍN**

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES

Síguenos :   

[www.anclajesjunin.com](http://www.anclajesjunin.com)



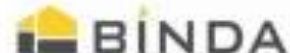
# BATALLA DE JUNÍN

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES

## WEBINAR 9: INTRODUCCION A LOS MICROPILOTES



INTIWASI



# CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. APLICACIÓN
3. PROCESO CONSTRUCTIVO
4. MODELOS DE CALCULO
5. TIPOS DE PRUEBA





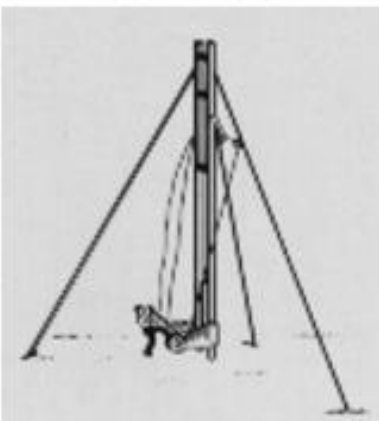
# 1. INTRODUCCION

El concepto de pilote o mecanismo que sea capaz de transmitir esfuerzos a un nivel competente que se encuentra a una profundidad relativa es una práctica que se desarrolló desde los primeros tiempos.



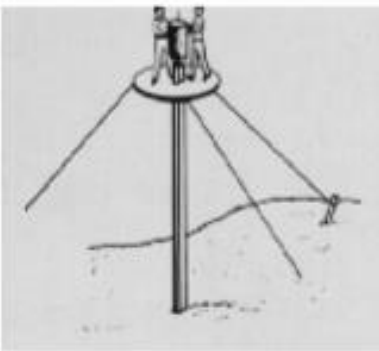
La hinca de troncos de madera, por medios manuales, sobre todo en terrenos flojos, para alcanzar sustratos duros, ha sido una práctica común en todo el mundo desde que el hombre se vuelve sedentario e intenta ubicar su habitación en especial cerca de los ríos.

Se sabe que el uso de las pilas hincadas ha existido desde épocas prehistóricas y las referencias a los pilotes o pilas de madera de cedro, usados en Babilonia, se pueden encontrar en la biblia.



Se han encontrado, igualmente, numerosos restos arqueológicos de estos sistemas constructivos en áreas pantanosas, donde presentaban la doble función de cimentación y de separación de la base de la vivienda de las aguas circundantes.

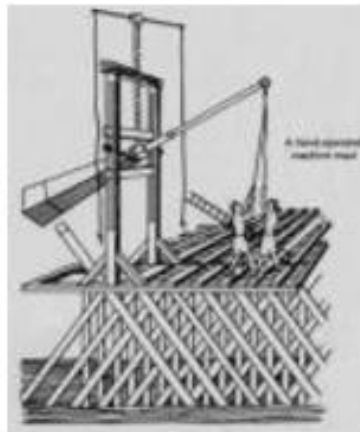
En la edad media se desarrollaron numerosas construcciones de este tipo en Venecia y en Holanda.



Las pilas durante estos muchos años estaban hechas de los árboles, de tal forma que dichos troncos presentaban un diámetro progresivo decreciente hacia su punta, hincándose hasta que la penetración se hacía imposible con los métodos de hinca utilizados.

Esta condición, conocida como denegación, era una función combinada de las condiciones del terreno y de los métodos utilizados.

Los métodos utilizados eran principalmente mediante golpes de mazo y golpes mediante diferentes medios mecánicos, utilizando sistemas de palanca e incluso ruedas de agua..



La revolución industrial, con la utilización de la energía del vapor, cambió la situación de una forma drástica. El primer martillo de vapor para estas aplicaciones fue inventado por Nasmyth en 1845.

El desarrollo de construcciones más importantes hizo necesario capacidades de pilotes mayores que las disponibles hasta ese momento.

Cuando, a mediados del siglo XIX, los tornos y las brazaderas mecanizadas entraron en uso, fue posible desarrollar perforaciones empotradas en suelos inestables, bajo el nivel freático a un

costo bastante bajo.



Por los años 20, la tecnología del hormigón había alcanzado un nivel del desarrollo, que hizo posible la ejecución de pilotes de gran diámetro.



Otro desarrollo era la técnica de perforación rotatoria, que fue utilizada sobre todo para las perforaciones relativamente profundas (pozos de petróleo).

En 1952, el contratista italiano Fondedile, bajo dirección técnica del Dr. Lizzi, comenzó a construir pilotes con diámetros más pequeños que los estipulados por códigos de la construcción de la época (Bruce 1994).

Estas "pilotes" originalmente fueron llamadas *radice del pali* (pilas de la raíz); se conocen hoy generalmente como el nombre micropiles (Ellis 1990).

En Europa, en los años 50, existía la necesidad de plantear sistemas de recalce de edificios y sobre todo monumentos históricos; requiriendo sistemas que pudieran (Bruce 1994; Bruce et al. 1995, 1995b):

- proporcionar un buen soporte estructural aceptando las cargas transmitidas con repercusiones mínimas,
- que los efectos sobre la estructura fuesen mínimos.
- Tener pocas limitaciones de espacio y acceso a la zona de trabajo.
- que pudieran trabajar en cualquier tipo de suelo.

Las "pilas de la raíz" fueron concebidas con diámetro pequeño, perforadas, rellenas, siendo ideales para los usos de recalce. (Bruce et al. 1995).

La característica principal de un micropile es su diámetro notablemente pequeño, en comparación con el pilotaje, que permite su desarrollo con un equipo mucho más reducido que las pilas tradicionales y utilizable en cualquier tipo de terreno. (Mascardi 1982).

Los micros primitivos fueron construidas con diámetros del orden de 100 milímetros y probados con cargas de más de 400 kN sin sufrir deformaciones evidentes.(Bruce et al. 1995b).

El uso de la perforación y la introducción de la lechada para construir el micropilote reduce tanto las vibraciones como cualquier efecto que pueda producirse en la estructura en comparación con otras técnicas de instalaciones de pilotes.

En 1962, Fondedile introdujo "pilas de la raíz" en el Reino Unido para recalzar edificios históricos. En la misma década, sistemas similares fueron utilizados en Alemania en obras subterráneas (Bruce et al. 1995b).



Los micropiles fueron utilizados por primera vez en los ESTADOS UNIDOS en 1973. Sin embargo, esta técnica fue vista en principio con escepticismo y su desarrollo no comenzó hasta finales de la década de los '80 (Bruce et al. 1995b).

Hoy, los micropiles son utilizados prácticamente en todo el mundo especialmente para la rehabilitación y recalce de edificios.

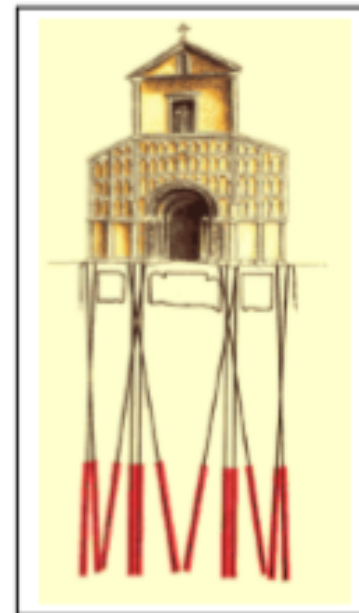
## 2.2 Usos potenciales

Sus usos potenciales pueden englobarse en tres grupos:

- a.- Elementos portantes trabajando a compresión.
- b.- Como elementos a tracción en estabilización de taludes.
- c.- En estructuras de contención de tierras.

### 2.2.1 Elementos portantes

- En edificaciones o edificios industriales, muy ligeros asentados sobre suelos blandos o para reducir asientos diferenciales entre una construcción antigua y una nueva. En el primer caso compiten con las técnicas de refuerzo y mejora de suelos blandos cada vez más extendidas: Precarga, jet-grouting, vibroflotación, columnas de grava, etc.
- En trabajos de recalce, a menudo combinados con un refuerzo de la estructura.
- Para cimentación de maquinarias aisladas.
- Para soporte de soleras en edificios industriales. A menudo se emplean con una medida correctora. También en este caso deben competir con las técnicas de mejora de suelos.





### 2.2.2 Micropilotes a tracción

- Para resistir subpresiones no compensadas por el peso de la estructura en losas situadas bajo el nivel freático.
- Para la cimentación de torres y mástiles.

### 2.2.3 Como estructuras de contención de tierra

- Para formar un muro de suelo reforzado.
- En estabilización de laderas inestables.
- Para formar muros de contención de tierras sustituyendo a los tradicionales muros pantalla o muros de pilotes si las condiciones de perforabilidad del terreno les hacen competitivos y no hay condicionantes a las deformaciones horizontales del muro.

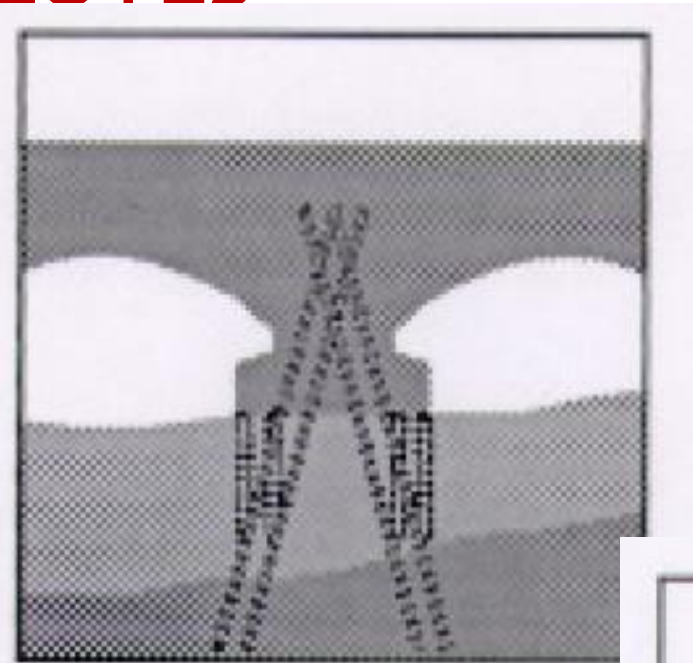




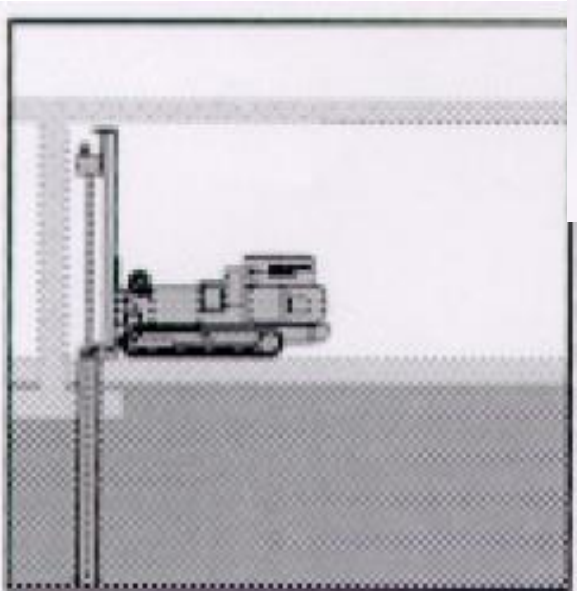
## 2. APLICACION



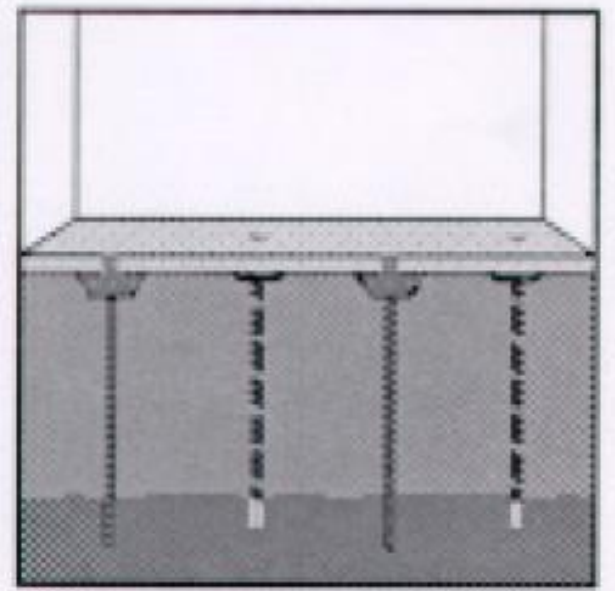
# APLICACIÓN DE LOS MICROPILOTES



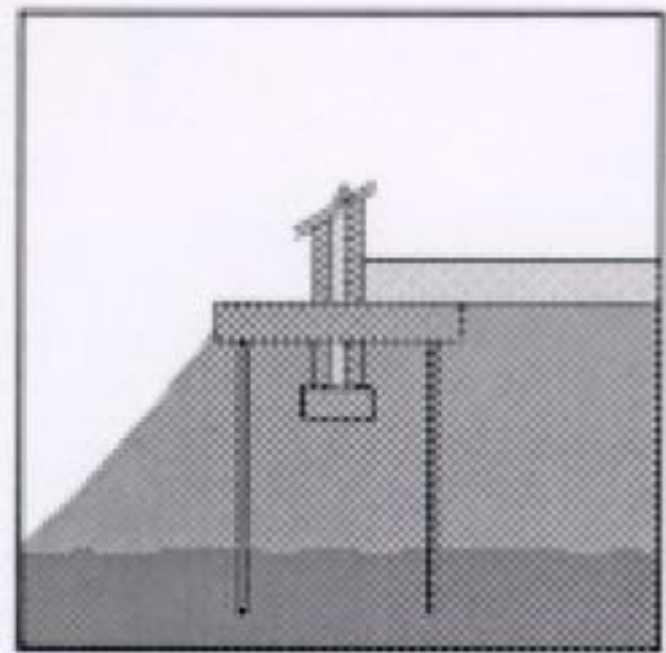
**Seismic Retrofit**



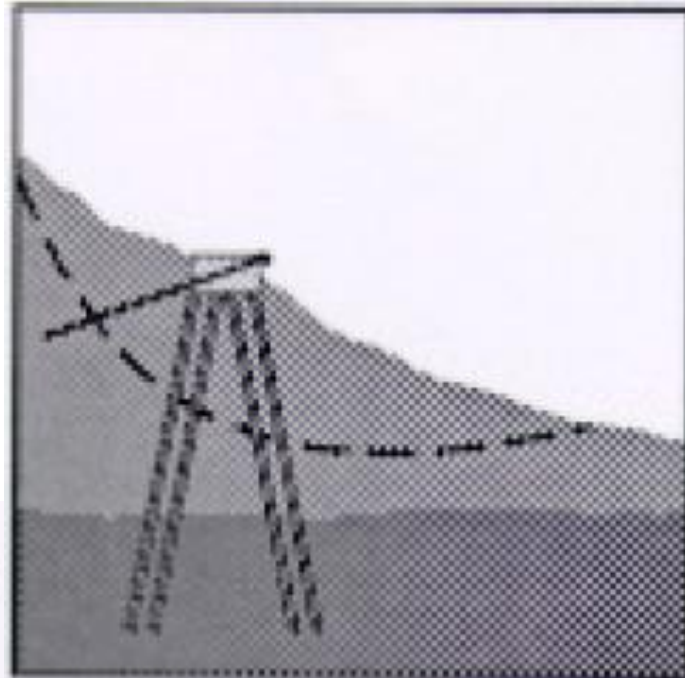
**Supporting New Loads  
in Congested Areas**



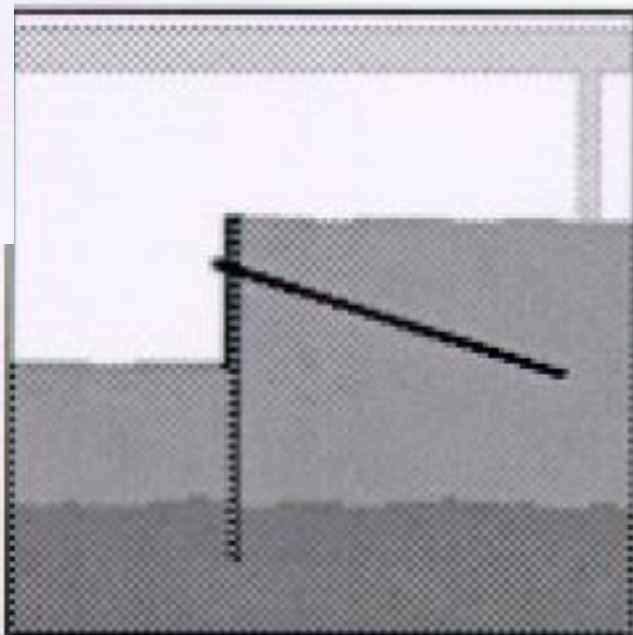
**Arresting Structural  
Settlement**



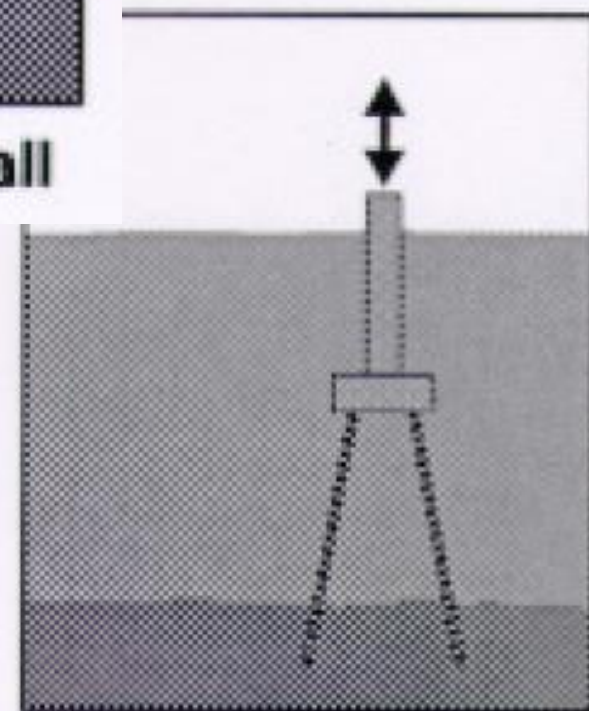
**Underpinning**



**Reticulated Pile Wall**



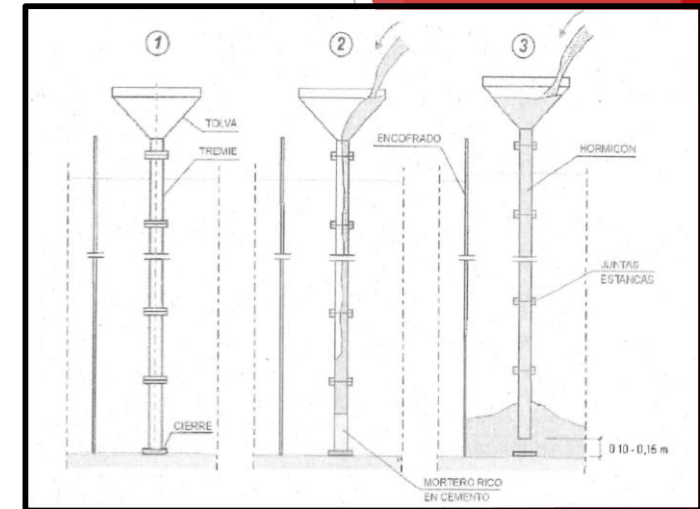
**Excavation Support in Confined Areas**



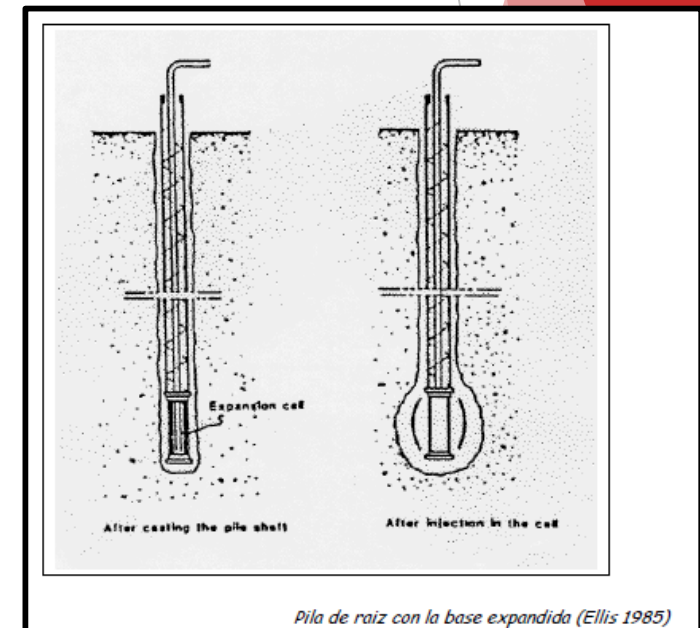
**Resisting Uplift/  
Dynamic Loads**

# TIPOS DE MICROPILOTE

- Tipo Pali (Pilas de raíz): Solo contienen una barra de acero (tubería de 10mm) o una jaula para el refuerzo.



- Tipo Pila de Raiz con bulbo: Después de que la lechada exterior del refuerzo haya endurecido, una lechada limpia de cemento se inyecta a través de una vaina de acero para “hinchar” la célula. La burbuja que se hincha rompe las paredes de la célula y se crea un bulbo con una presión casi uniforme en el suelo. El propósito de esta base ampliada es aumentar la fuerza de la punta del micropile mientras que mantiene la alta resistencia friccional lateral.



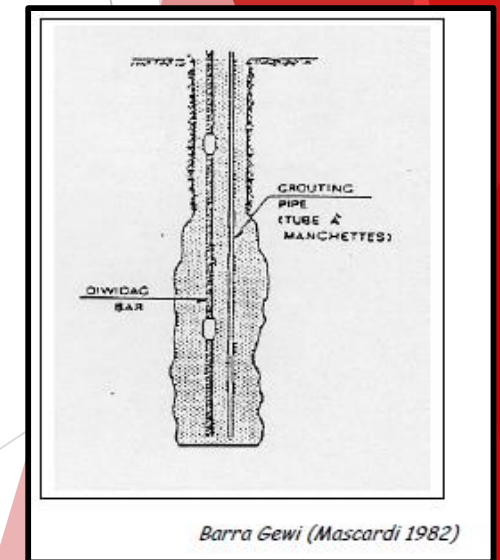


- Micropilote tubfix: Se utiliza una tubería de acero y una tubería de inyección. La inyección se realiza en etapas repetidas después que la lechada primaria haya fraguado y finalmente se llena la tubería con lechada.
- Barra de Gewi: Puede ser inyectado en varias veces, el refuerzo es una barra de acero de alta resistencia y la lechada se inyecta por una tubería de pvc. Los pilotes gewi se utilizan para todo tipo de transmisión directa de carga  $f_s=2$  para tracción

<u>CAPACIDAD PILOTES GEWI (KN)</u>						
Diámetro nominal (mm)		28	40	50	3x40	3x50
Calidad del acero $f_y/f_s$	Sección transversal de la barra $A_s$ (mm <sup>2</sup> )					
	420/500	$F_y=f_s \cdot A_s$	616	1257	1963	3770
	$F_y/1,71$	259	528	825	1583	2474
	$F_y/1,75$	151	309	482	926	1447
500/550	$F_y=f_s \cdot A_s$	148	302	471	905	1414
	$F_y/1,71$	308	628	982	1885	2945
	$F_y/1,75$	180	367	574	1102	1722
		176	359	561	1077	1683

Cap.13-Imagen 6 Capacidades de los pilotes de la marca DSY, modelo Gewi (C. Arenas)

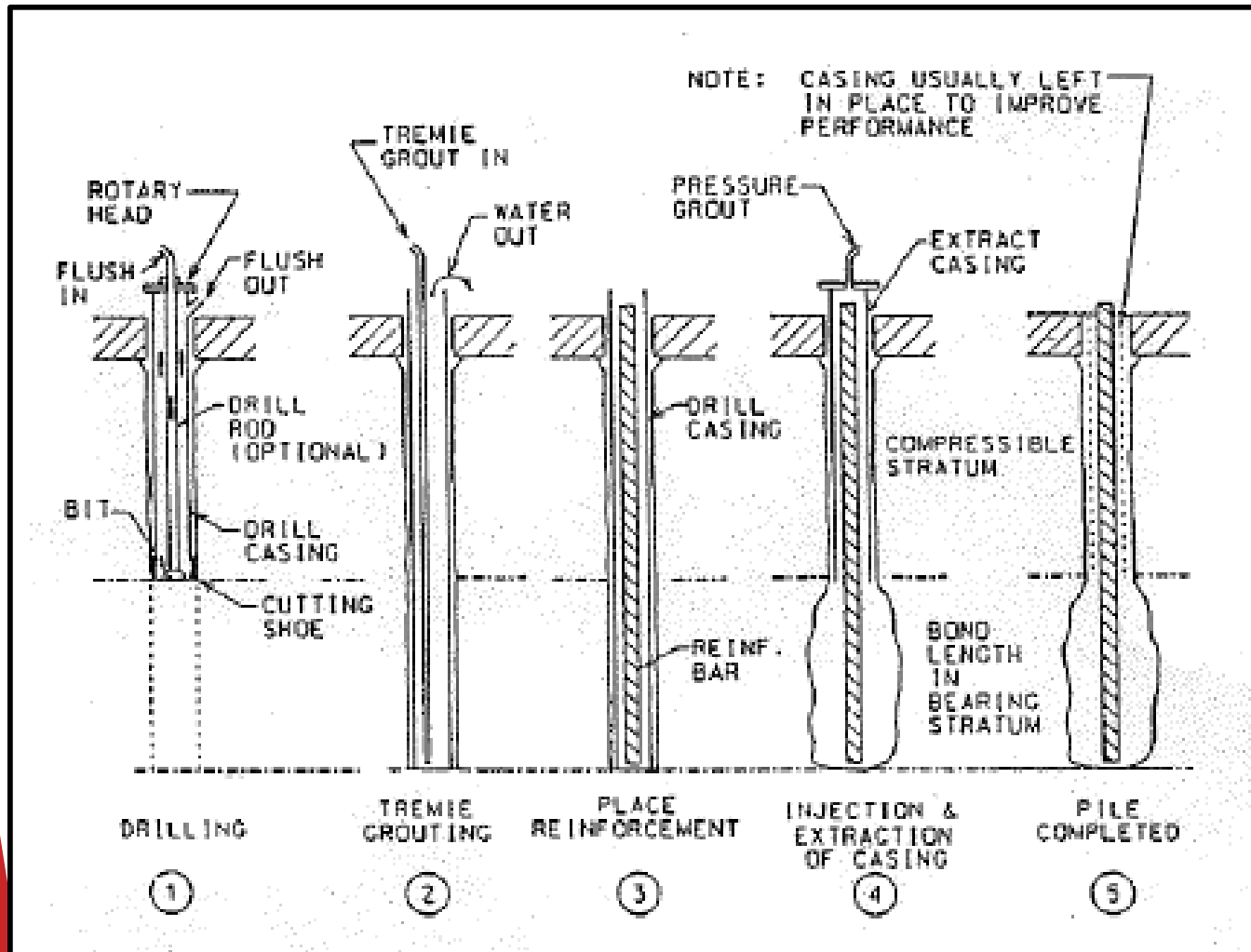
En la anterior tabla se encuentran indicadas las cargas límite de trabajo referidas a la sección de la barra a distintos tamaños.



# 3. PROCESO CONSTRUCTIVO

The background features a close-up, low-angle shot of a concrete slab under construction. A grid of steel reinforcement bars (rebar) is visible, protruding from a grey concrete surface. The rebar is arranged in a regular pattern, with some bars having caps or covers. The lighting is dramatic, with a bright light source on the left creating a lens flare and casting long shadows. A large, semi-transparent red graphic element, consisting of several overlapping geometric shapes, is positioned on the right side of the image, partially obscuring the construction scene.

# PROCESO CONSTRUCTIVO



## ▶ DESARROLLO DE LA PERFORACION Y COLOCACION DE LA VAINA

Se efectúa por rotoperforación. En principio no parece necesario emplear entubación, aunque en caso de ser necesaria se realizaría. Se registrarán los diversos terrenos atravesados según parte adjunto de perforación, para determinar la profundidad del micropilote.

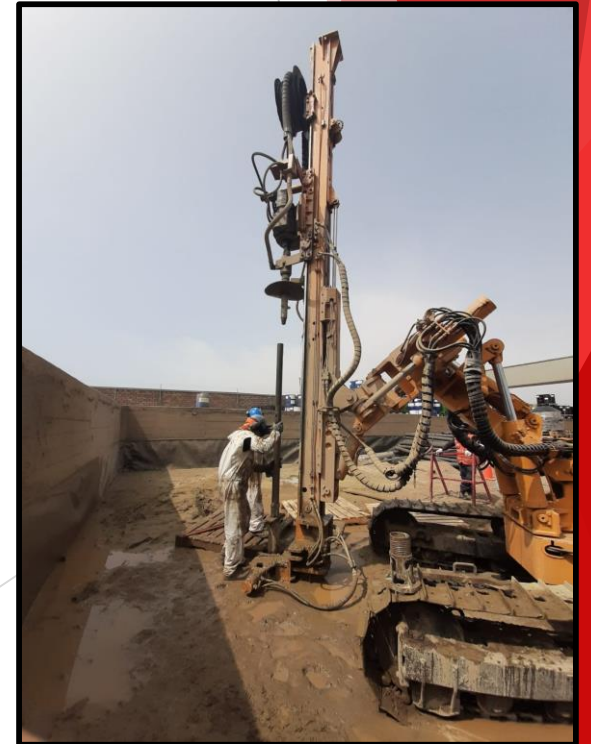
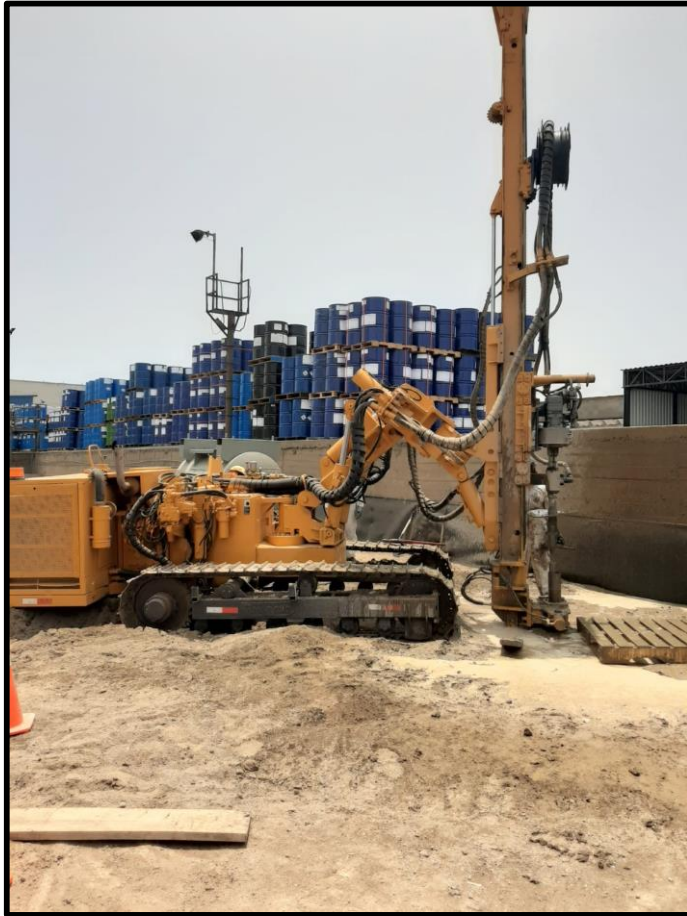
## ▶ REFUERZO DE ACERO

La armadura se introducirá en el interior del taladro. Como se ha descrito anteriormente su extremo inferior está cegado.

## ▶ INYECTAR LA LECHADA

Se introducirá un tubo de inyección hasta la máxima profundidad del micropilote y se procederá a la inyección del mismo hasta que la lechada aflore limpia por la boca del taladro. El volumen inyectado se reflejará en el parte adjunto de inyección.









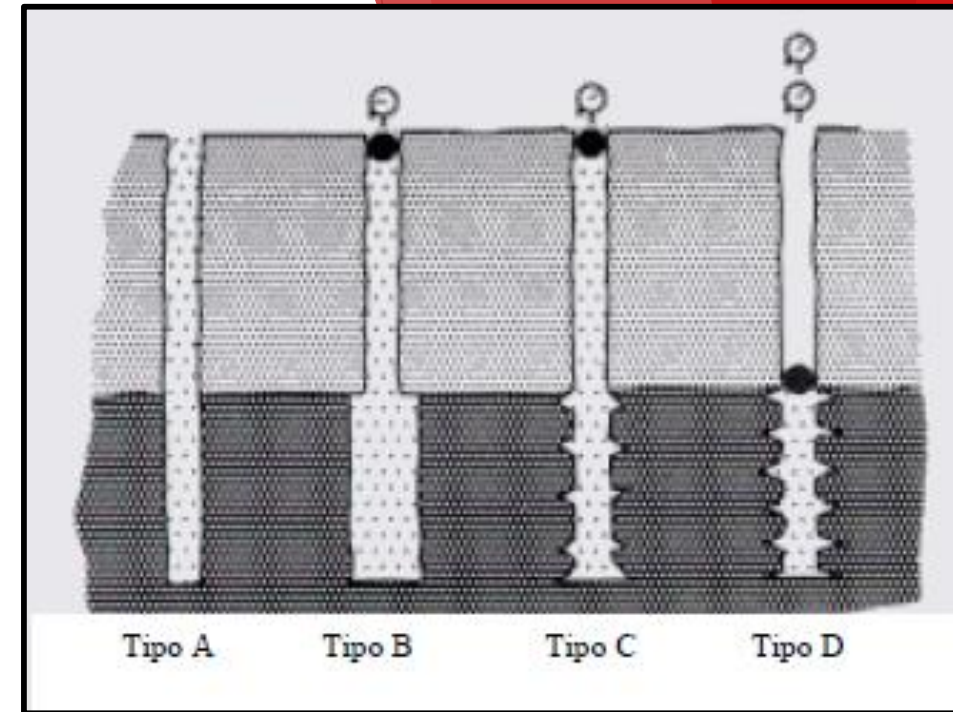






# CLASIFICACION SEGÚN LA LECHADA

- ▶ TIPO A: Lechada vertida por la cabeza por gravedad
- ▶ TIPO B: Lechada inyectada mientras se retira la vaina temporal, presiones entre 0.3 a 1 MPa (IGU)
- ▶ TIPO C: Inyección del tipo A y después de unos minutos (15-25) se inyecta a mayor presión >1MPa.
- ▶ TIPO D: Inyección tipo A y después de unas horas se vuelve a inyectar, presiones de 2-8 MPa (IRS)



#### Tipo A:

La lechada es vertida por la cabeza del micropilote por gravedad.

#### Tipo B:

La lechada se inyecta mientras que se retira, de existir la vaina temporal. El rango de presiones es oscilante entre 0.3 a 1 Mpa. Los micropilotes de tipo IGU se incluyen dentro de este tipo, aunque se realizan a presiones más altas.

#### Tipo C:

La lechada se coloca como en el tipo A, pero después de pasados entre 15 y 25 minutos (inyección primaria) se inyecta más lechada a presión.

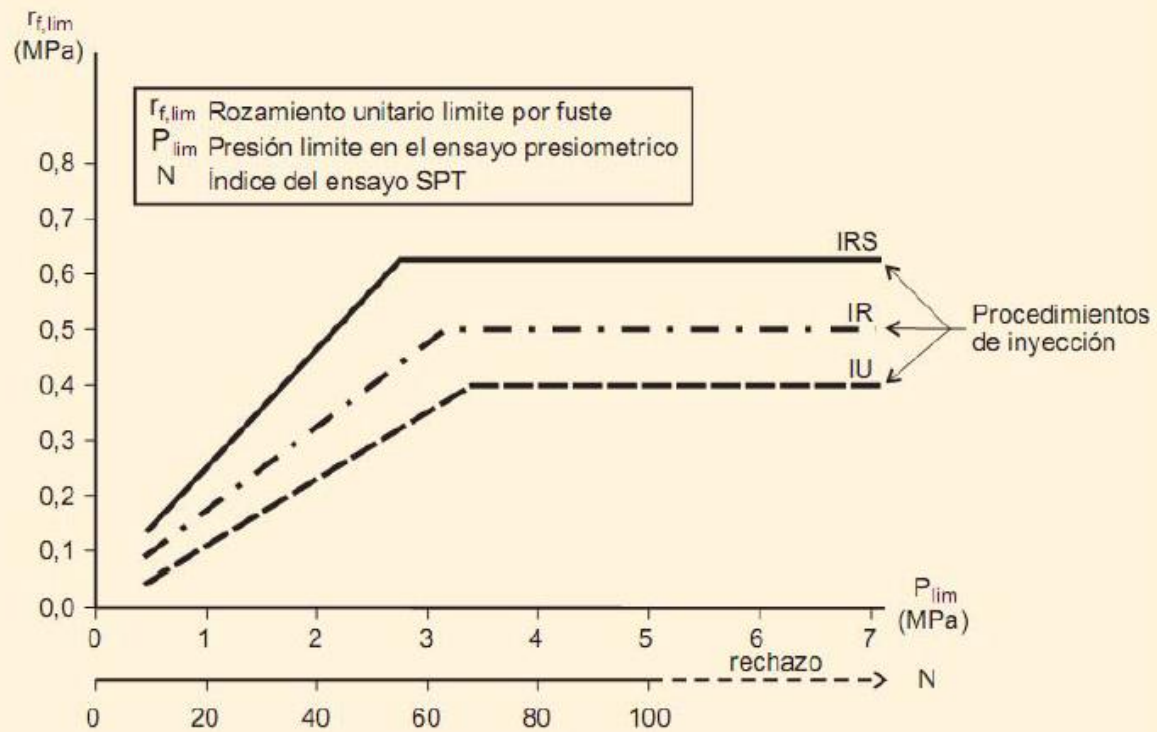
En este esquema las presiones utilizadas son superiores a 1 Mpa. Los micropilotes de tipo IGU están dentro de esta categoría.

#### Tipo D:

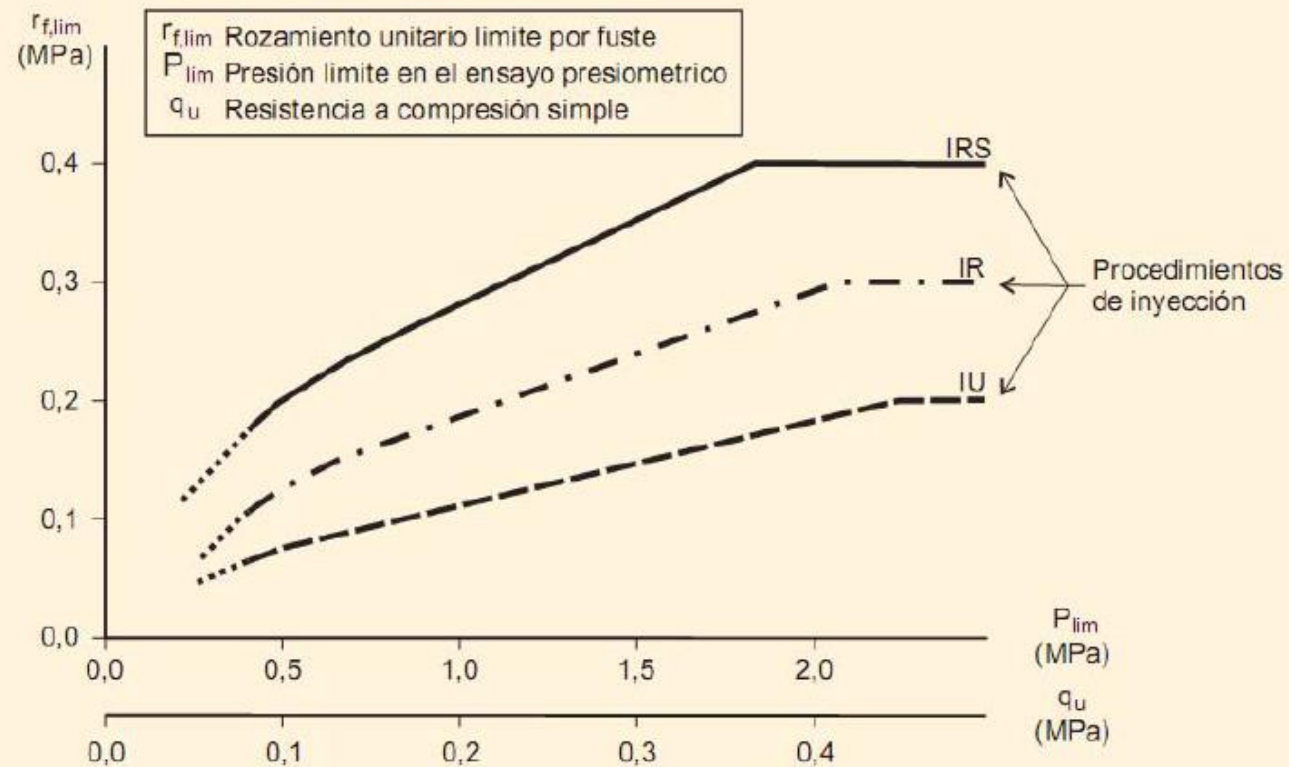
La lechada se coloca como en el tipo A, pero después de que algunas horas (después de que frague la lechada primaria) se inyecta más lechada. Se puede inyectar diversas zonas según lo que se requiera. Las presiones varían comúnmente a partir del 2 a 8 MPa. Tubfix, las barras Gewi y los micropilotes IRS están dentro de esta categoría, y se utilizan comúnmente en todo el mundo.

Aplicaciones	Estructuras de sujeción	Refuerzos in situ			
Aplicación	Recalces Nuevas cimentaciones Refuerzo sísmico.	Estabilización de deslizamientos y pantallas.	Consolidación de suelos	Reducción de asentos	Estabilidad estructural
Tipo de construcción	Todos los tipos	Tipos A y B	Tipos A y B	Tipo A	Tipo A
Utilización	El 95 % de su aplicación	Menos del 5 %	Menos del 1 %	--	Menos del 1 %

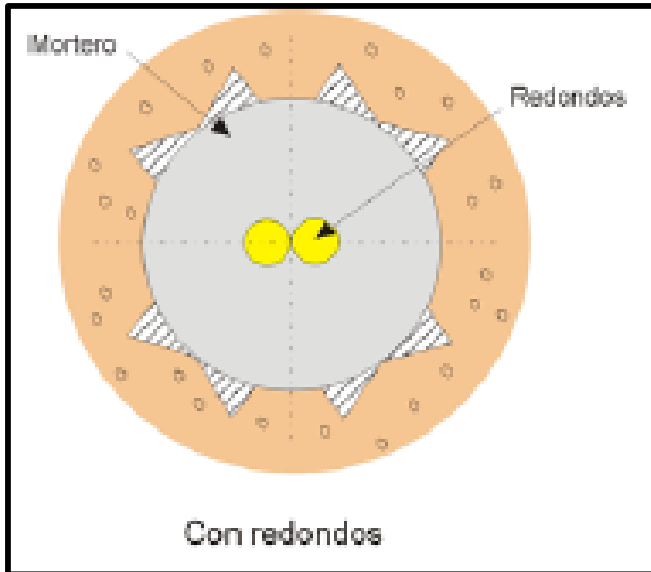
### ARENAS Y GRAVAS



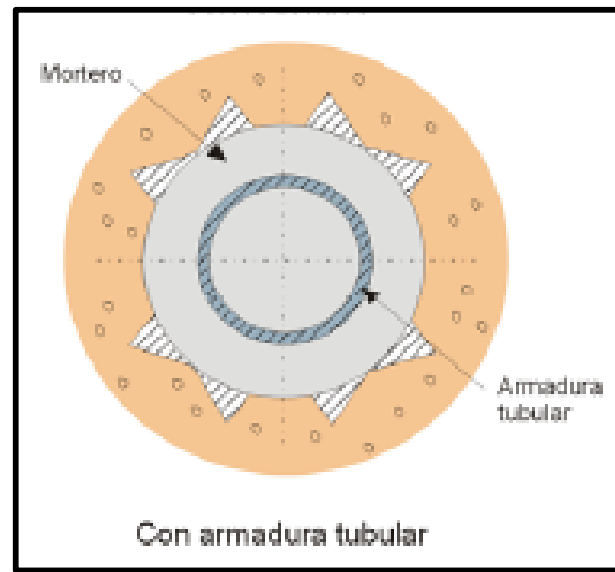
### ARCILLAS Y LIMOS



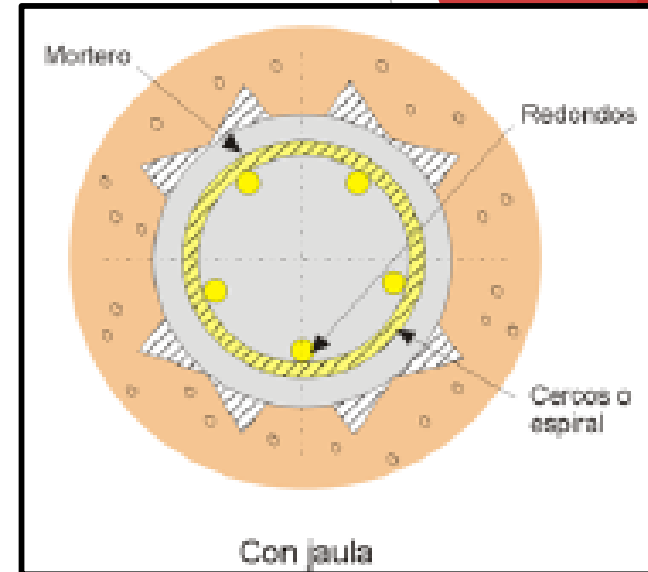
# CLASIFICACION SEGÚN LA ARMADURA



- ▶ Dos o más barras de acero colocados al centro



- ▶ Tubería de acero o armadura tubular



- ▶ Mixto, con barras de acero y tubería

La elección del tipo de armadura depende de las condiciones de cada caso concreto y, en general, está ligada al diámetro y a la capacidad de carga del micropilote.



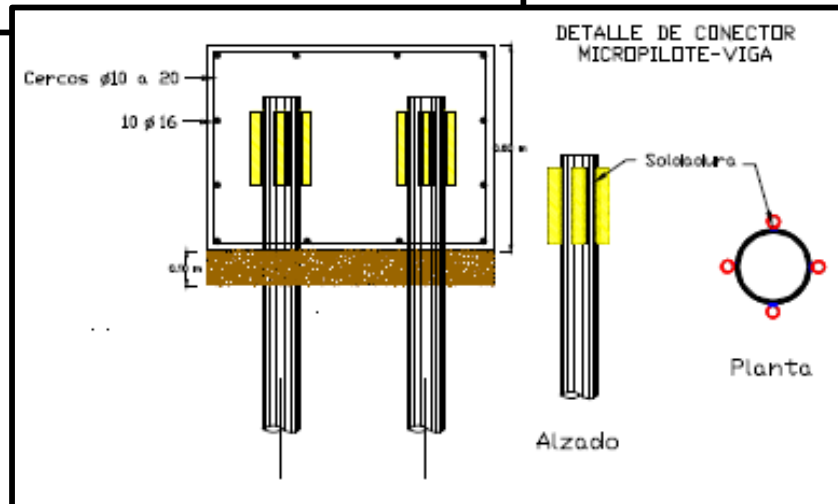
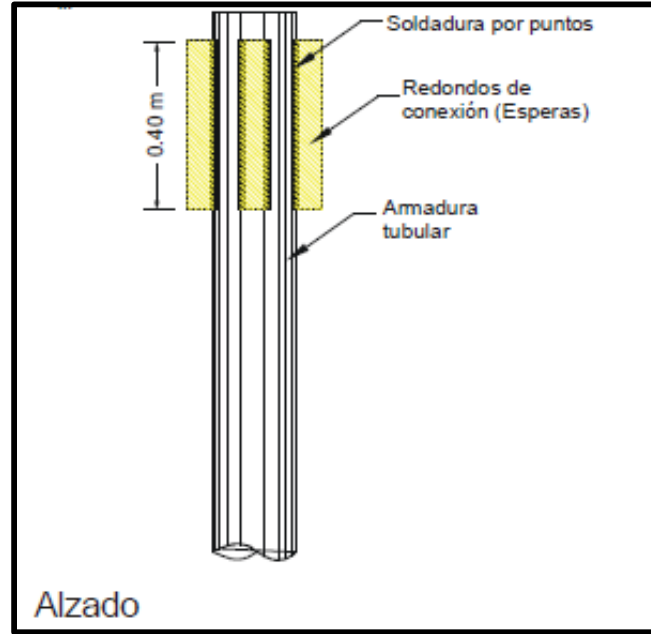
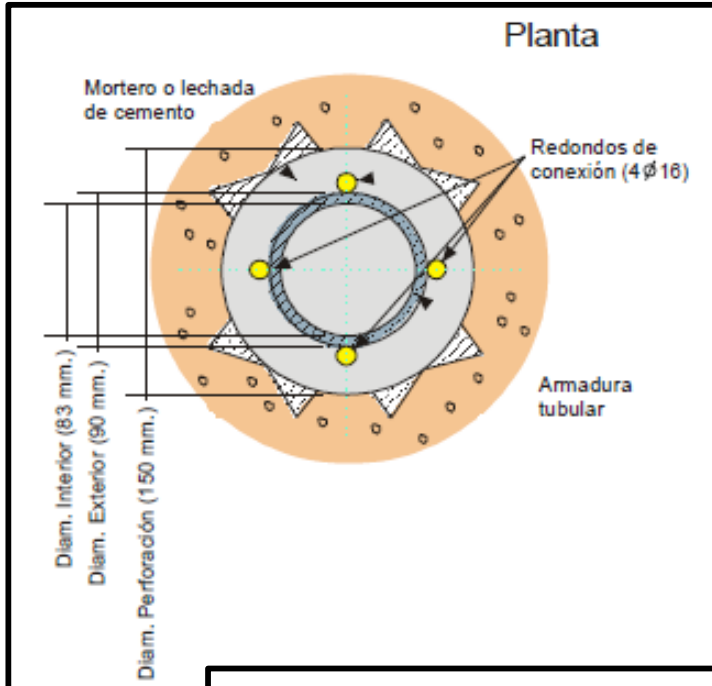
# Encepado

- ▶ Como precaución constructiva a tener en cuenta, dado que la superficie de la armadura es totalmente lisa, para mejorar la adherencia de las mismas al encepado de cabeza se suele recurrir a soldar unas barras de acero corrugado, que en los casos normales serán cuatro, de un diámetro  $\phi 16$  y en una longitud total de 60 cm a 70 cm, longitud en la que la soldadura no es continua, sino que está aplicada puntualmente con una separación de 10 cm a 12 cm.

## ▶ Soldadas



## ▶ Mecanizadas



# 4. MODELOS DE CALCULO



# Método de calculo empírico por Lizzi - PALI RADICE

$$P_{ult} = \pi D L K I$$

$P_{ult}$  = carga última del palo radice a compresión (no incluye coeficientes de seguridad).

$D$  = diámetro nominal (de perforación).

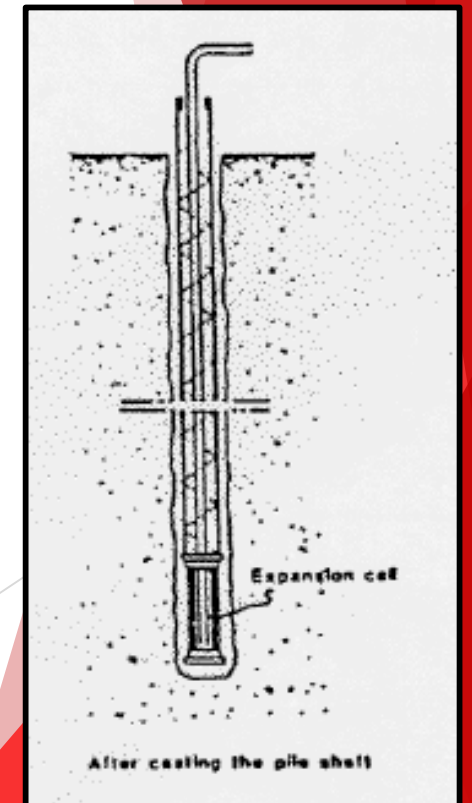
$L$  = longitud.

$K$  = coeficiente que representa el rozamiento por el fuste.

$I$  = coeficiente adimensional que depende del diámetro.

SUELO	K (KP)
Blando	50
Suelto	100
De compacidad media	150
Muy compacto, grava o arena	200

DIÁMETRO (cm)	I
10	1.00
15	0.90
20	0.85
25	0.80





# Método de Decourt

$$Q_t = Q_l + Q_b$$

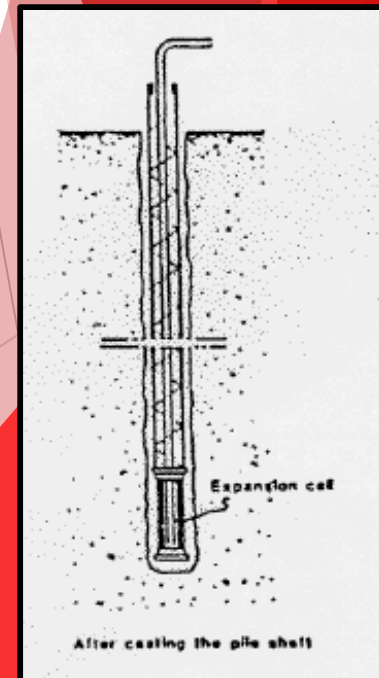
$$(q_l A_l + q_b \cdot A_b)$$

$$Q_F = \left[ \frac{N_{Average}}{3} + 1 \left( \frac{t}{m^2} \right) \right] * A_F$$

Tabla 2. Parámetros empíricos de Decourt (1995)

Tipo de solo	C
Areia	165
Silte arenoso	115
Silte argiloso	100
Argila	80

$$q_b = CN_b \text{ (kPa)}$$



# Método de Bustamante

$$R = R_p + R_s$$

$$R_p = 0.15 R_s$$

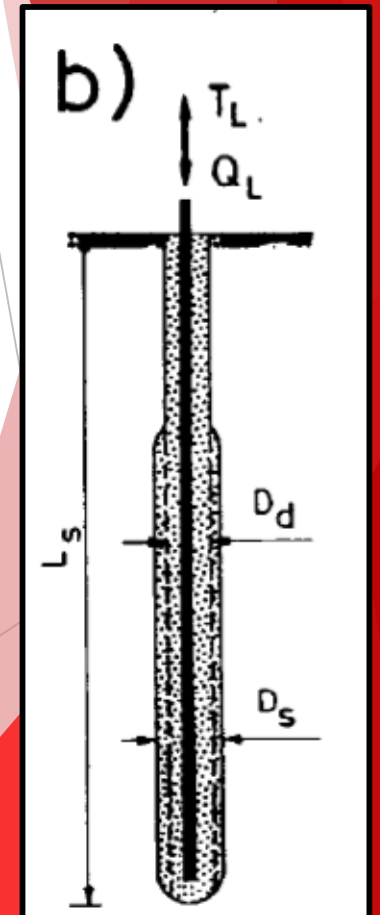
$$R_p = S_p \cdot K_p \cdot P_i$$

DONDE:

- $S_p$ : Sección de la punta del bulbo de sellado de diámetro  $D_s$
- $K_p$ : Factor de capacidad portante de la punta
- $P_i$ : Presión límite del suelo bajo la punta medida con un presiómetro

**TABLA  $K_p$  (Factor de Capacidad portante)**

Arenas y gravas	1.2
Arcillas	1.6
Margas	1.8
Roca	1.5



# Método de Bustamante

$$R = R_p + R_s$$

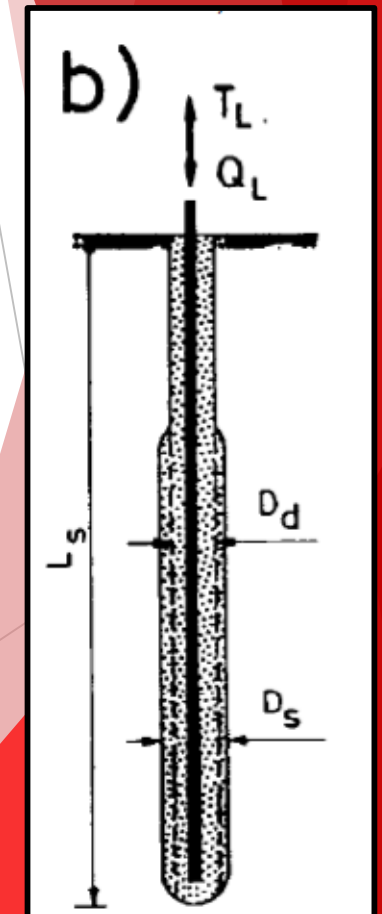
$$R_s = \sum \pi \cdot D_i \cdot L_i \cdot q_{si}$$

$D_i$ : diámetro medio real ( $D_{si} = \alpha D_{di}$ )

$L_i$ : Longitud de la capa

$q_{si}$ : Resistencia unitaria por fuste (fricción lateral)

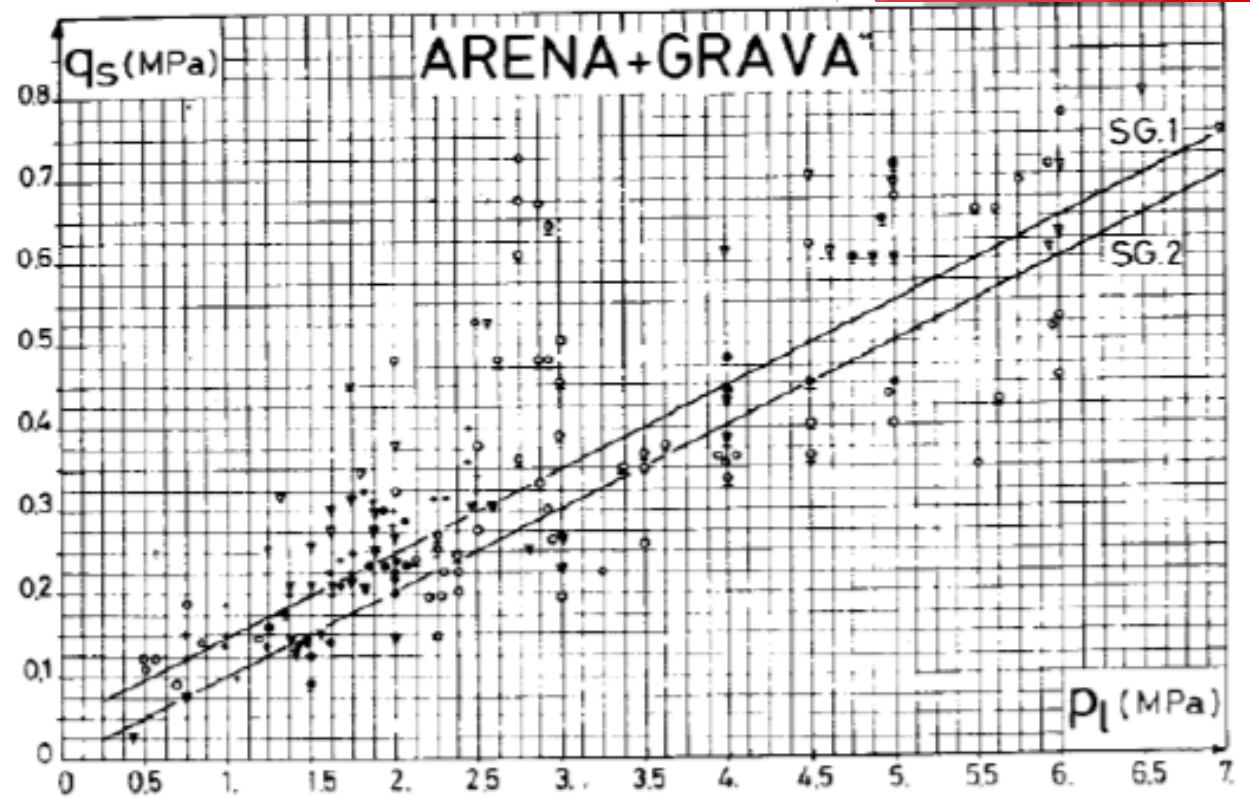
SUELOS	COEFICIENTE $\alpha$		Cantidad mínima de lechada aconsejada $V_l$
	IRS *	IGU **	
Grava	1,8 a 1,8	1,3 a 1,4	1,5 $V_s$
Grava arenosa	1,6 a 1,8	1,2 a 1,4	1,5 $V_s$
Arena en grava	1,5 a 1,6	1,2 a 1,3	1,5 $V_s$
Arena gruesa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1,5 $V_s$
Arena mediana	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1,5 $V_s$
Arena fina	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1,5 $V_s$
Arena limosa	1,4 a 1,5	1,1 a 1,2	1,5 a 2,0 $V_s$ para IRS 1,5 $V_s$ para IGU
Limo	1,4 a 1,6	1,1 a 1,2	2,0 $V_s$ para IRS 1,5 $V_s$ para IGU
Arcilla	1,8 a 2,0		2,5 a 3,0 $V_s$ para IRS 1,5 a 2,0 $V_s$ para IGU
Marga	1,8	1,1 a 1,2	1,5 a 2,0 $V_s$ para capa compacta
Marga-calcrea	1,8	1,1 a 1,2	
Creta alterada o fragmentada	1,8	1,1 a 1,2	2,0 a 6,0 $V_s$ ó más si la capa está fracturada
Roca alterada o fragmentada	1,2 a 1,8	1,1	1,1 a 1,5 $V_s$ si la capa está finamente fissurada 2,0 ó más si la capa está fracturada





$$R_S = \sum \pi \cdot D_i \cdot L_i \cdot q_{si}$$

SUELOS	Modo de inyección	
	IRS *	IGU **
Grava Grava arenosa Arena con grava Arena gruesa Arena mediana Arena fina Arena limosa	SG.1	SG.2
Limo Arcilla	AL.1	AL.2
Marga Marga-calcareas Creta alterada o fragmentada	MC.1	MC.21
Roca alterada o fragmentada	≥R.1	≥R.21

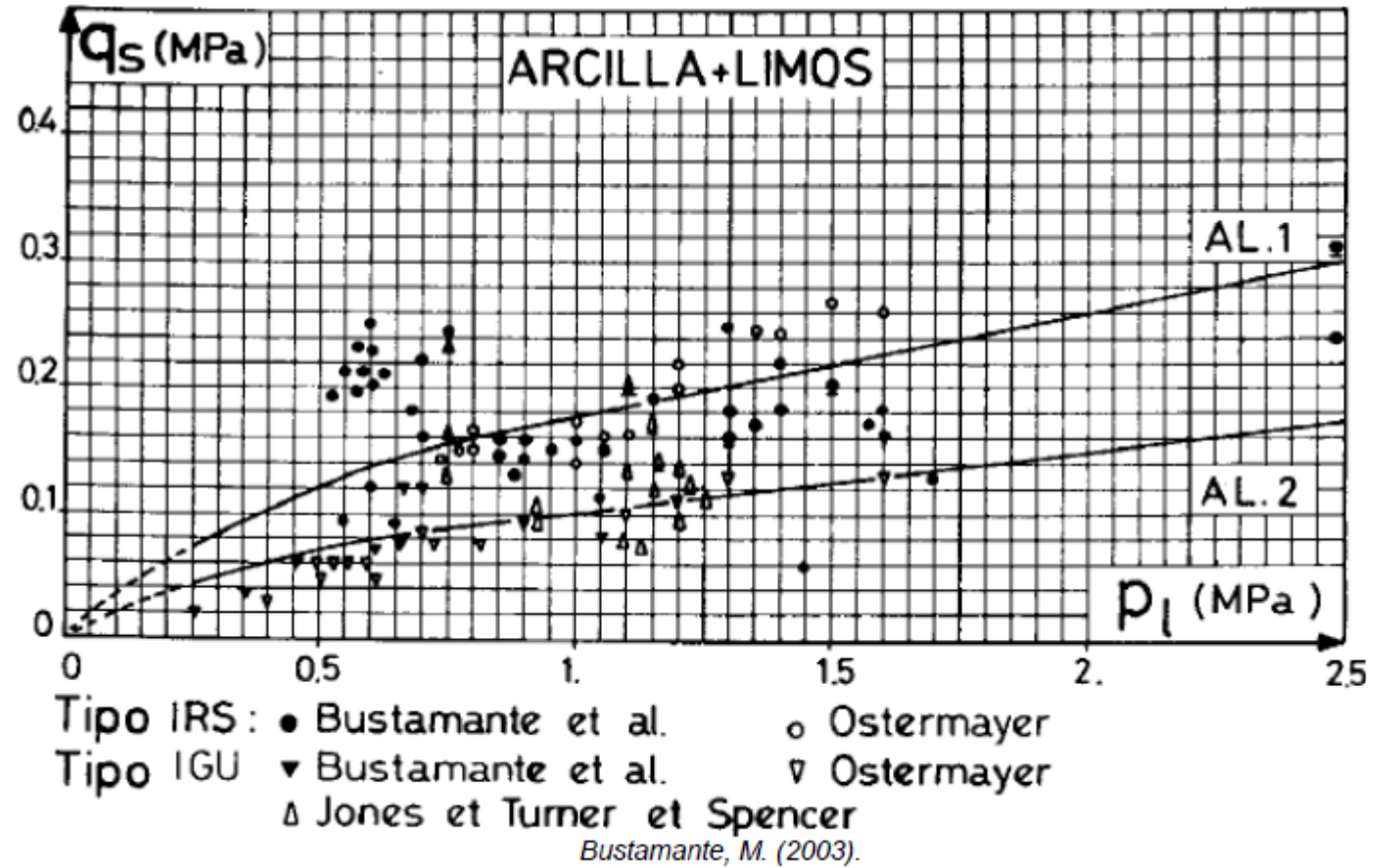


Tipo IRS: ● Bustamante et al.    ○ Ostermayer et Scheele  
 + Fujita et al.    \* Koreck  
 Tipo IGU: ▼ Bustamante et al.    ▽ Ostermayer

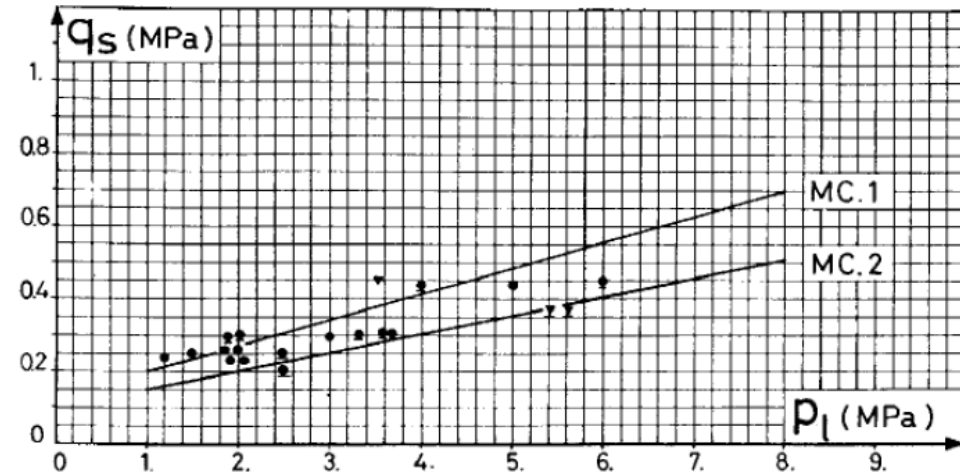
Bustamante, M. (2003).

$$R_S = \sum \pi \cdot D_i \cdot L_i \cdot q_{si}$$

SUELOS	Modo de inyección	
	IRS *	IGU **
Grava Grava arenosa Arena con grava Arena gruesa Arena mediana Arena fina Arena limosa	SG.1	SG.2
Limo Arcilla	AL.1	AL.2
Marga Marga-calcrea Creta alterada o fragmentada	MC.1	MC.21
Roca alterada o fragmentada	≥R.1	≥R.21



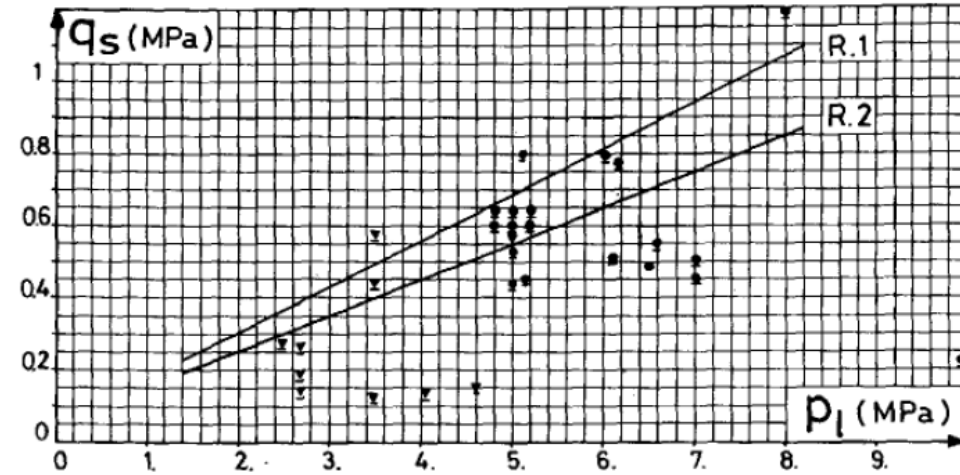
## CRETA ALTERADA Y FRAGMENTADA MARGAS Y MARGO-CALCAREA



Tipo IRS : ● Bustamante et al.  
 Tipo IGU : ▲ Bustamante et al.

*Bustamante, M. (2003).*

## ROCA ALTERADA Y FRAGMENTADA

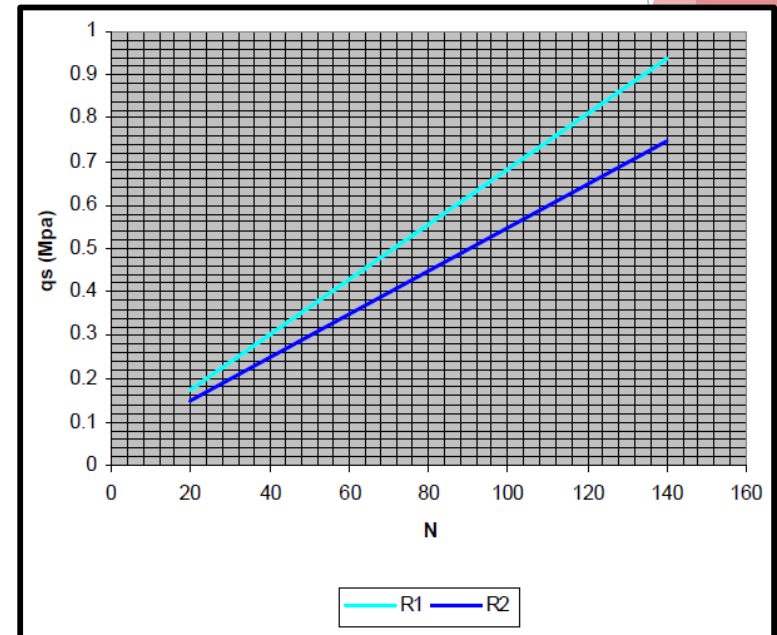
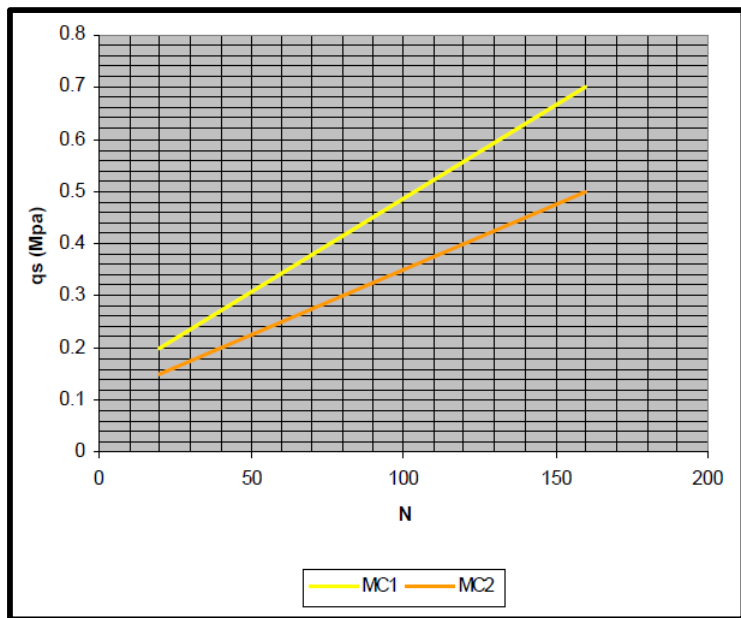
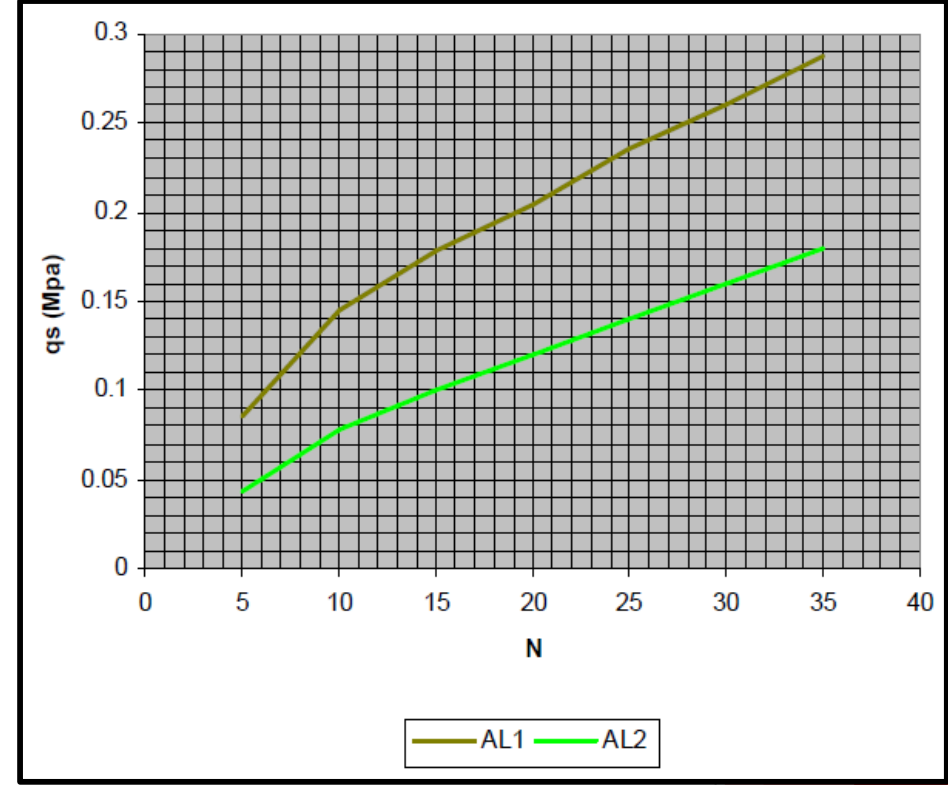
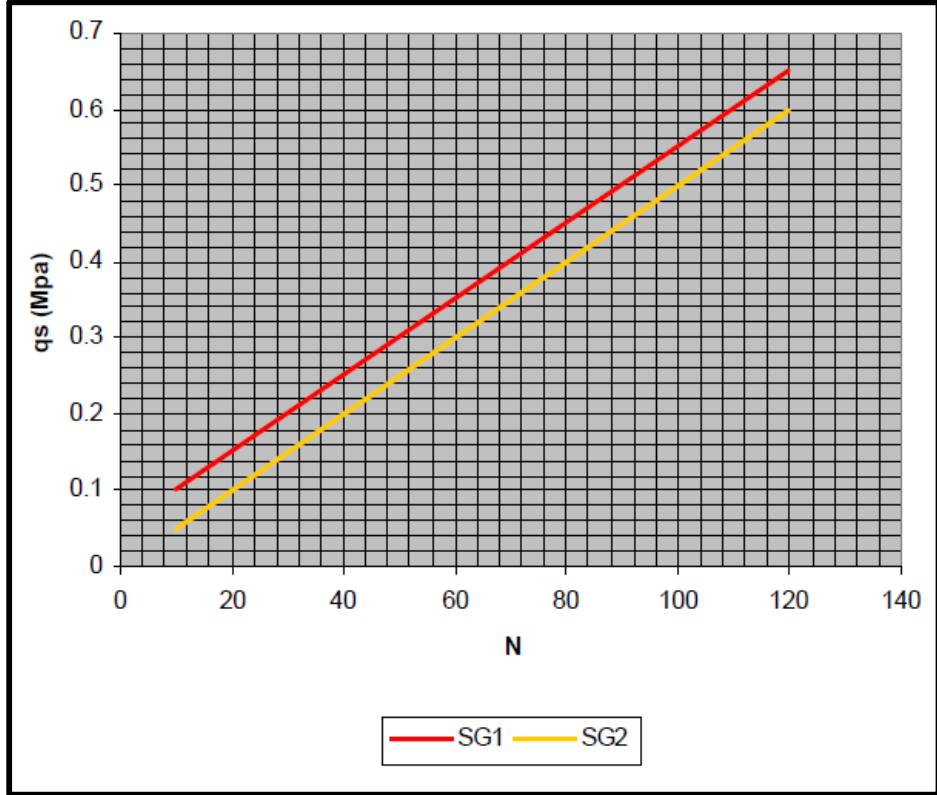


Tipo IRS : ● Bustamante et al.  
 Tipo IGU : ▼ Bustamante et al.

*Bustamante, M. (2003).*

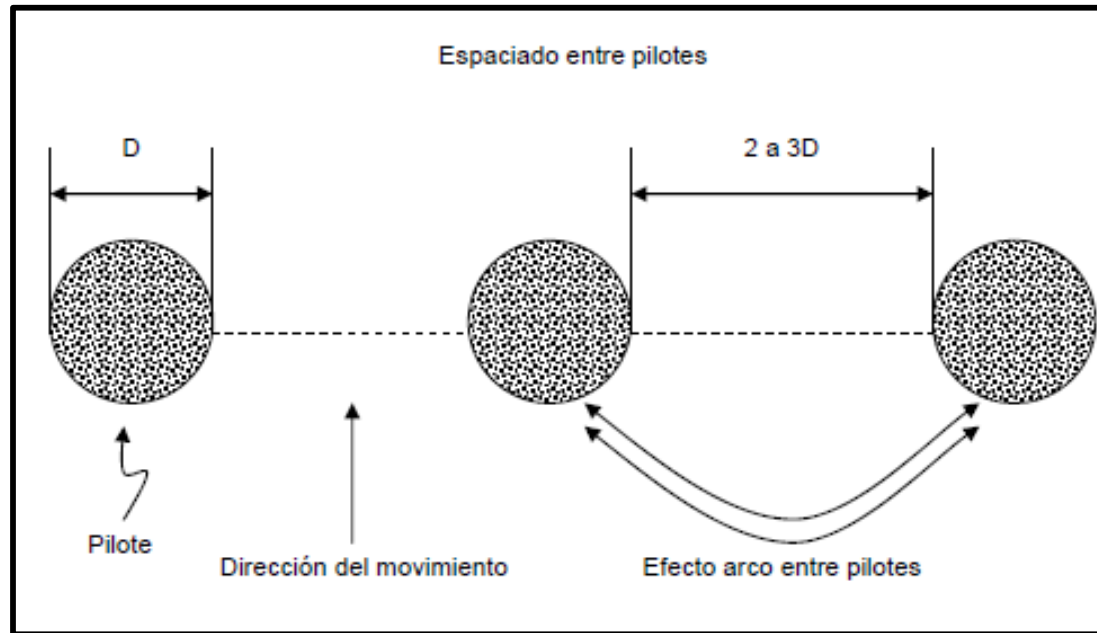
$$R_s = \sum \pi \cdot D_i \cdot L_i \cdot q_{si}$$

SUELOS	Modo de inyección	
	IRS *	IGU **
Grava Grava arenosa Arena con grava Arena gruesa Arena mediana Arena fina Arena limosa	SG.1	SG.2
Limo Arcilla	AL.1	AL.2
Marga Marga-calcárea Creta alterada o fragmentada	MC.1	MC.21
Roca alterada o fragmentada	≥R.1	≥R.21

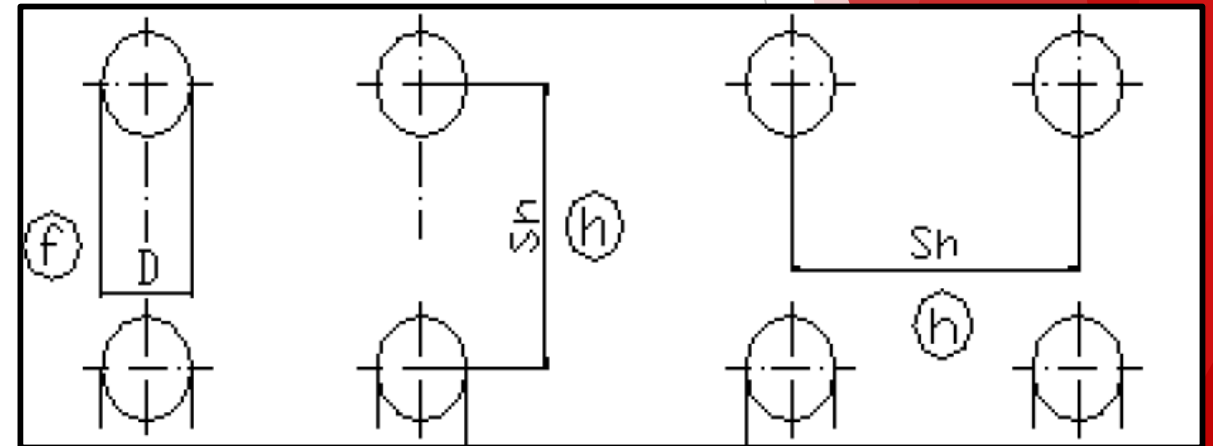




# DISTRIBUCION DE MP



Generalmente un espaciado entre micropilotes de dos a tres veces su diámetro suele ser suficiente (Nethero, 1982).

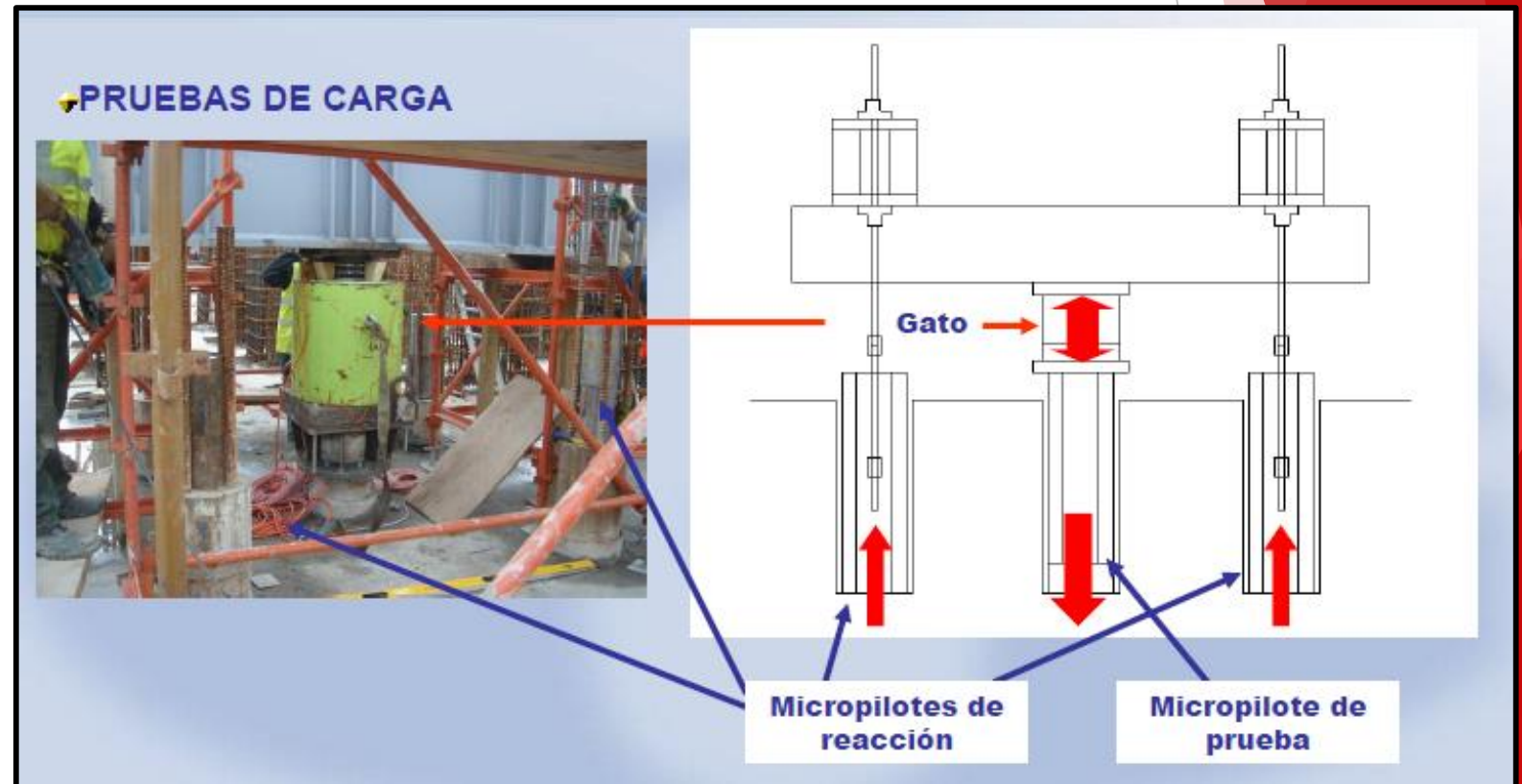




# 5. TIPOS DE PRUEBA

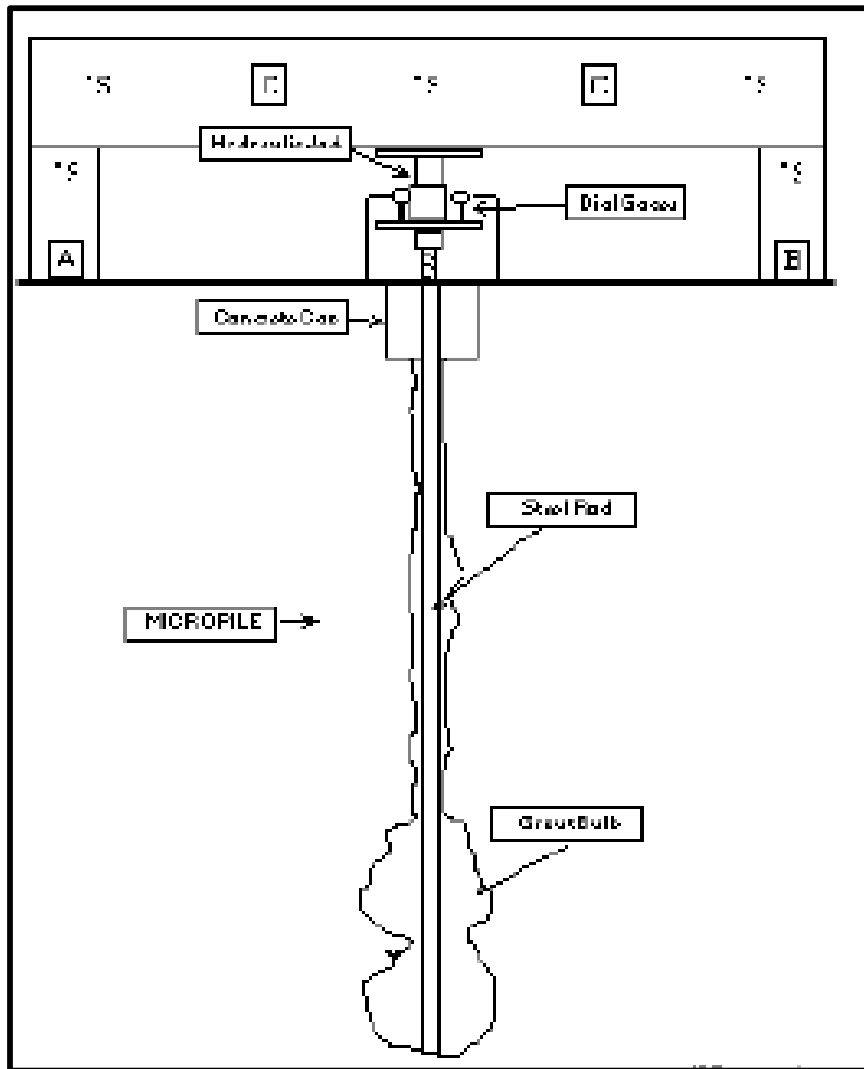
# PRUEBAS DE CARGA

- ▶ Para comprobar las hipótesis de diseño y calidad de los resultados
- ▶ Aumentar la seguridad en obra
- ▶ Metodología de instalación
- ▶ Tipo de terreno
- ▶ Diámetro





# Ensayo a compresión



# Ensayo de tracción

