



## ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA FUNDACIÓN COMBINADA PLATEA - MICROPILOTES

Simón, José Ignacio; Sfer, Domingo  
Ingenieros Civiles  
Instituto de Estructuras “Ing. Arturo M. Guzmán”  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán  
dsfer@herrera.unt.edu.ar

### RESUMEN

En la ciudad de San Miguel de Tucumán se presenta un suelo tipo “limo–arcilloso”, generalmente las plateas son el tipo de fundación más utilizado en edificios en altura, las tensiones que se generan por debajo de las plateas son menores que las admisibles. No obstante, muchas veces los asentamientos producidos superan los límites tolerables, y consecuentemente se manifiestan problemas estructurales en la edificación misma y en las adyacentes.

A los fines de disminuir estos asentamientos, suelen utilizarse micropilotes de diámetro reducido y de profundidad limitada. Estos micropilotes actúan en forma combinada con la platea de fundación produciéndose una transferencia de carga conjunta.

En este trabajo se toma como referencia datos experimentales (carga–desplazamiento) de un micropilote. Se analiza la compatibilidad de desplazamientos entre la platea y los micropilotes, se plantea el equilibrio en la relación carga–desplazamiento de cada elemento estructural y se obtiene así las solicitaciones reales de cada uno de los elementos constituyentes de esta fundación.

De esta forma se prueba que la disposición de micropilotes bajo platea produce una reducción de tensiones y una consecuente sensible disminución de los asentamientos.

### ABSTRACT

*In the city of San Miguel de Tucumán there is a “silty-clay” soil, Foundation Plates are frequently used in tall buildings. In General, the soils stress under plates are less than the admissible ones. However, many times the settlements produced exceed the tolerable limits, and consequently structural problems appear in the building itself and in the adjacent ones.*

*In order to reduce these settlements, micropiles of reduced diameter and limited depth are used. These micropiles act in combination with the foundation plate and producing a joint load transfer.*

*In this work, experimental data (load – displacement) of a micropile is taken as reference. The compatibility of displacements between the plate and the micropiles is*



*analyzed, the balance in the load-displacement relationship of each structural element is proposed and the real load of each elements of the foundation is obtained  
In this way, it is proved that the arrangement of micropiles under the plate produces an effective reduction of stresses and a consequent decrease in settlements.*

## **Introducción**

El Proyecto Estructural de edificios en altura demanda la adecuada elección de un sistema de fundación de acuerdo al suelo donde se cimentará. Esto significa que la fundación debe cumplir con requisitos de tensiones máximas que se desarrollan en el suelo como así también de desplazamientos o asentamientos máximos admisibles.

La ciudad de San Miguel de Tucumán presenta un suelo del tipo “limo – arcilloso”. Las cimentaciones superficiales (plateas de fundación) son las fundaciones más utilizadas para edificios en altura, produciendo tensiones en el suelo por debajo de los valores admisibles de acuerdo a los criterios de resistencia. Sin embargo, los asentamientos provocados muchas veces superan los límites tolerables, con los consecuentes problemas y daños en la estructura misma y estructuras adyacentes.

Las cimentaciones profundas son utilizadas en los edificios más altos de la ciudad, en estos casos se usan los pilotes. Con los pilotes se alcanzan estratos muy compactos a una profundidad mayor a 25 m. Con este tipo de fundación se tienen asentamientos casi nulos. Sin embargo, esto implica un alto costo que en algunos casos limita su uso.

Los micropilotes son elementos estructurales similares a pilotes, de diámetro reducido (20 – 35 cm.) y una longitud entre 5 y 6 m. Su capacidad portante se desarrolla por la resistencia de fricción y de punta de capas más profundas y su costo es relativamente bajo. En general, para edificios en altura, estos se utilizan en combinación con una platea de fundación para transferir las cargas en forma conjunta.

Las cimentaciones constituidas por una combinación de platea y micropilotes constituyen una alternativa ventajosa respecto a las fundaciones puramente superficiales o profundas. Esta variante viene utilizándose en nuestro medio con frecuencia con muy buenos resultados.

El mecanismo combinado puede explicarse considerando que los desplazamientos en de los micropilotes son mucho menores que los esperables en las plateas. Consecuentemente, su trabajo conjunto compatible en términos de desplazamientos hace que las reacciones en los micropilotes sean mayores que las admisibles y esto provoca una descarga sensible en la platea y por lo tanto una reducción en las tensiones y asentamientos.

En las últimas décadas este tema ha captado el interés de los ingenieros geotécnicos y estructuralistas, habiéndose generado un considerable avance en el entendimiento del comportamiento del suelo y su interacción con los elementos que conforman este tipo de fundaciones conjuntas. Esta combinación tiene sus

antecedentes en el sistema denominado “raft pile foundation”, analizado por otros investigadores precedentemente en diversas partes del mundo.

### Mecanismo Fundación Combinada Platea – Micropilotes

La platea de fundación, debido a su rigidez flexional, distribuye la carga total de la superestructura a dos partes:

- Una parte directamente al suelo a través de la integral de las tensiones  $\sigma(x,y)$ , que resulta en la Reacción de platea.
- Otra parte solicitando a los pilotes en base a su resistencia de punta y por fricción lateral transmitiendo la carga a capas inferiores del suelo.

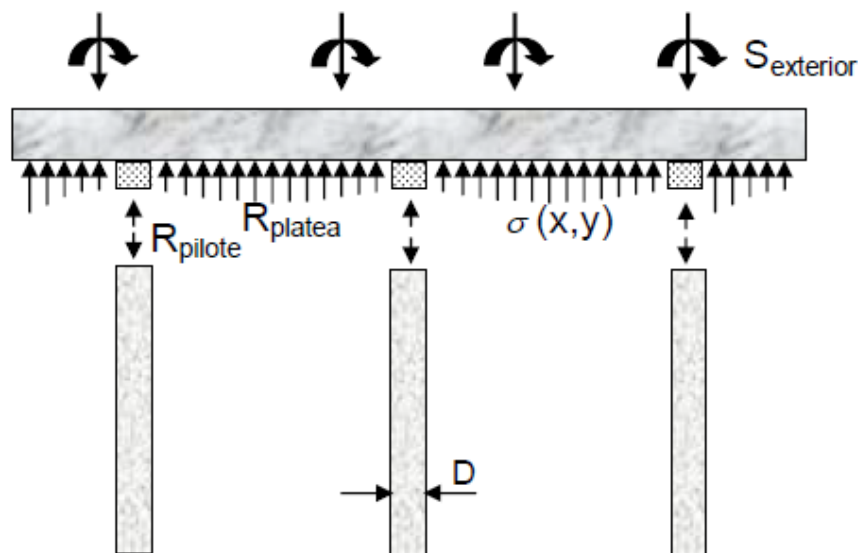


Figura 1. Mecanismo de Transferencia Platea-Micropilote

Por lo tanto

$$R_{total} = \sum_{j=1}^n R_{pilote,j} + R_{platea} \quad (1)$$

Siendo  $q_l(z)$  la tensión de rozamiento entre el pilote y el suelo a la altura  $z$  medida desde la superficie y  $q_b$  las tensiones en la punta del pilote.

La resistencia lateral será:

$$R_l = \int q_l(z) \pi D dz \quad (2)$$



La resistencia por punta:

$$R_p = 0,25 q_b \pi D^2 \quad (3)$$

Siendo D el diámetro del micropilote.

Luego la Resistencia del micropilote será:

$$R_{pilote,j} = R_{l,j} + R_{p,j} \quad (4)$$

El comportamiento de una fundación combinada platea – micropilote suele definirse en función de un coeficiente  $\alpha$ , que es la relación entre la fuerza absorbida por los pilotes y la fuerza total que absorbe la fundación combinada:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^n R_{pilote,j}}{R_{total}} \quad (5)$$

En teoría el valor de  $\alpha$  varía entre 0 y 1, el primer valor corresponde al caso que toda la carga sea absorbida por la platea y el último valor al caso que solo trabajen los pilotes. Por lo general en la fundación combinada el valor de  $\alpha$  está comprendido entre 0,3 y 0,8.

Un adecuado análisis de la Fundación Platea – Micropilote debe conducir a los siguientes resultados:

- Asentamientos máximos
- Distribución de la carga exterior entre la platea y los micropilotes

### Propuesta de análisis combinado

En el presente trabajo se propone un procedimiento para el tratamiento de la cimentación combinada platea – micropilote, en el cual se tendrán en cuenta los asentamientos.

El fundamento del método se basa en la realidad física de que en la cimentación combinada el asentamiento de la platea en la posición de los micropilotes debe ser el mismo. Se planteará el equilibrio de desplazamientos utilizando las herramientas disponibles con el objetivo de obtener el asentamiento máximo y la distribución de carga entre platea y micropilote.

Como se mencionó, es importante tener en cuenta los asentamientos para poder realizar una estimación de la distribución de cargas entre la platea y los micropilotes y que no resulten solo de una aproximación.

Por lo tanto, se trata de un problema de compatibilidad donde además del equilibrio de fuerzas, se plantea también el equilibrio de los desplazamientos entre platea y micropilote.



Resulta evidente que en el sistema mixto platea - micropilote el desplazamiento de la platea en la posición en la que se encuentran los micropilotes debe ser igual al asentamiento de los mismos.

Partiendo de esta afirmación, resulta que el asentamiento del micropilote definirá la carga tomada por el mismo. Asumiendo un valor de carga tomado por cada micropilote en correspondencia con su asentamiento, según la relación carga – asentamiento obtenida experimentalmente, luego la carga transmitida por la platea disminuirá y de la misma manera los asentamientos.

El problema consiste entonces en encontrar un valor de asentamiento que cumpla con la condición de compatibilidad y así determinar la fuerza absorbida por los pilotes y por la platea para el sistema equilibrado.

La condición de compatibilidad de desplazamientos se expresa de la siguiente manera:

$$S_{max} = S_{pil} \quad (6)$$

Donde:

$S_{m\acute{a}x}$  = asentamiento en el centro de la platea, considerando la reducción por comportamiento rígido.

$S_{pil}$  = Asentamiento de los micropilotes, obtenido de la relación carga/asentamiento del micropilote ensayado.

Para el cálculo de asentamientos de la platea se utiliza la teoría de la elasticidad aplicando el método de Steinbrenner. Dicho asentamiento se calculará en el centro de la platea considerando una distribución uniforme de la carga sobre la misma y comportamiento rígido.

El valor de los asentamientos y carga de los micropilotes se obtendrá directamente de los datos del ensayo de carga – desplazamiento de un micropilote.

Debido a la no linealidad en la relación del valor de la carga tomada por un micropilote con su asentamiento, compatibilizar el asentamiento de la platea calculado por el método de Steinbrenner con el de los micropilotes en la combinación platea – micropilote resulta un problema no lineal. Para la resolución de dicho problema se propone un proceso de cálculo iterativo donde se irá modificando la carga o el asentamiento del micropilote hasta llegar a la situación de equilibrio.

### **Procedimiento de cálculo**

Se trata de un cálculo iterativo hasta alcanzar la compatibilidad de desplazamientos mencionada y el correspondiente equilibrio de fuerzas entre la carga exterior y las reacciones de micropilotes y platea. El método propuesto se describe a continuación:

Se determina la carga total ( $q$ ) distribuida uniformemente sobre la platea. Esta carga total corresponde a las cargas de servicios (cargas permanentes más sobrecarga de uso).



Se calcula el asentamiento de la misma sin micropilotes bajo las cargas de servicio y permanentes en el centro de la platea, utilizando la ecuación de Steinbrenner. Este valor se reduce al 80% para considerar un comportamiento rígido. Este sería el valor del asentamiento máximo esperable

Se propone la cantidad de micropilotes y su distribución sobre la platea. Cuando se trate de grupos de micropilotes los mismos se separan una distancia mínima igual a 3 diámetros para evitar el efecto de grupo y minimizar la influencia del trabajo de un micropilote sobre otro adyacente.

Se propone un valor de asentamiento inferior al máximo determinado. Con ese valor se determina la carga del pilote de los datos experimentales.

Se reduce la carga de la platea debido a la acción de los micropilotes en función de la carga estimada y se determina una nueva carga ( $q^*$ ) para el conjunto platea - micropilote.

$$q^* = q - \frac{n \times P_{pil}}{A_p} \quad (7)$$

Donde:

$n$  = número de micropilotes

$P_{pil}$  = carga que toma cada micropilote

$A_p$  = Área de la platea

Se calcula nuevamente el asentamiento con el nuevo valor de carga mediante la ecuación de Steinbrenner y se obtiene el asentamiento del conjunto platea - micropilote.

Se verifica la compatibilidad de los desplazamientos según (6)  $S_{max} = S_{pil}$

Si esta condición no se cumple se analizan los resultados y se propondrá un nuevo valor de carga y asentamiento del micropilote. De la misma manera se procederá determinar nuevamente la carga del conjunto platea – micropilote ( $q^*$ ), se calcula su asentamiento y verificar que se cumpla la condición de equilibrio de desplazamientos.

El proceso termina una vez que se verifica el equilibrio de desplazamientos y se obtienen las sollicitaciones para el sistema equilibrado.

El proceso se puede resumir como se muestra en el siguiente diagrama:

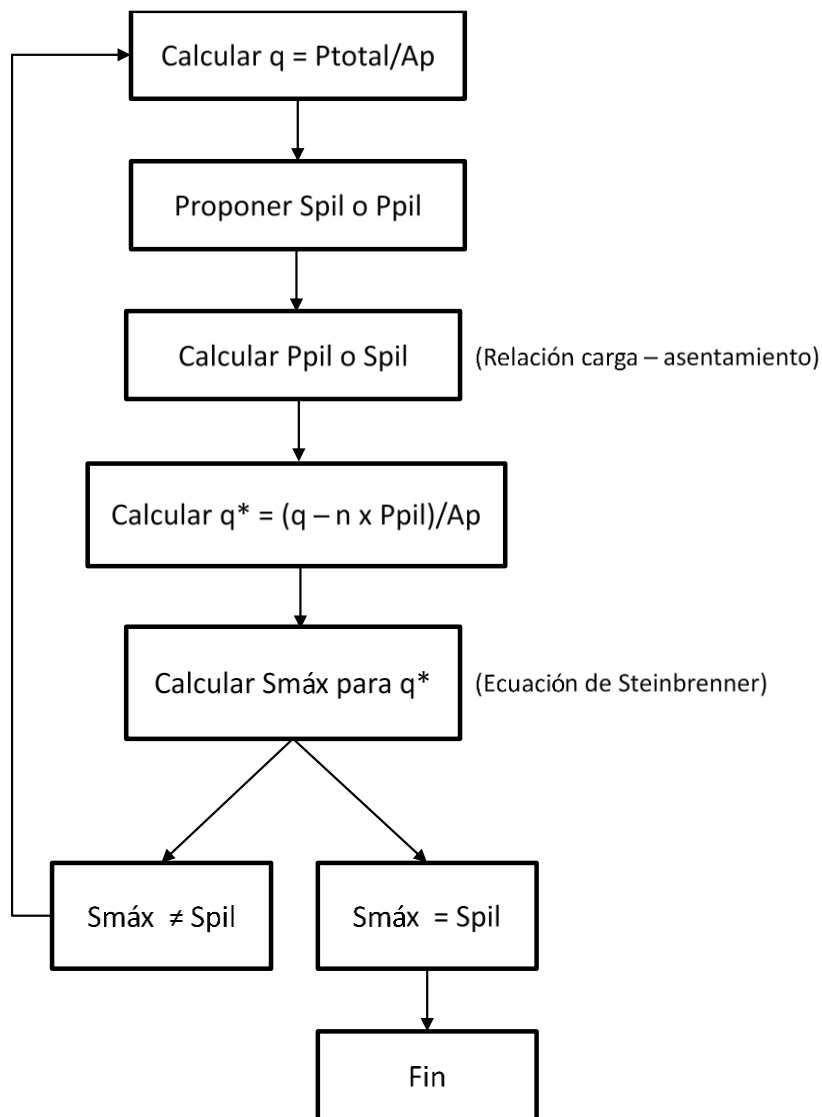


Figura 2. Esquema de cálculo Platea-Micropilote

### Ejemplo de cálculo

Se aplica el método para el tratamiento combinado platea – micropilote propuesto para la resolución de un problema.

En este ejemplo se presenta una estructura de 10 niveles fundada sobre una platea en un suelo arcilloso típico de San Miguel de Tucumán. Se determinan las cargas en el plano de cimentación y luego se calculan las solicitaciones que corresponden a los micropilotes conforme al asentamiento de la estructura. El asentamiento deberá ser compatible entre platea y micropilotes. El análisis se realizará considerando que se disponen 2, 3 y 4 micropilotes debajo de cada columna.

La geometría del micropilote propuesto en este ejemplo es similar al del ensayo experimental, del cual se dispone los resultados carga – asentamiento.



Se trata de micropilotes de 5 m de longitud y 25 cm de diámetro.

La estructura de este ejemplo se describe en el siguiente esquema. Corresponde a una estructura muy simple, de pórticos con columnas y vigas sobre la que descansan las losas de los pisos.

En la figura 3 se presenta una planta tipo y la planta de fundación con platea y vigas de fundación. En la figura 4 se muestra un corte de la estructura.

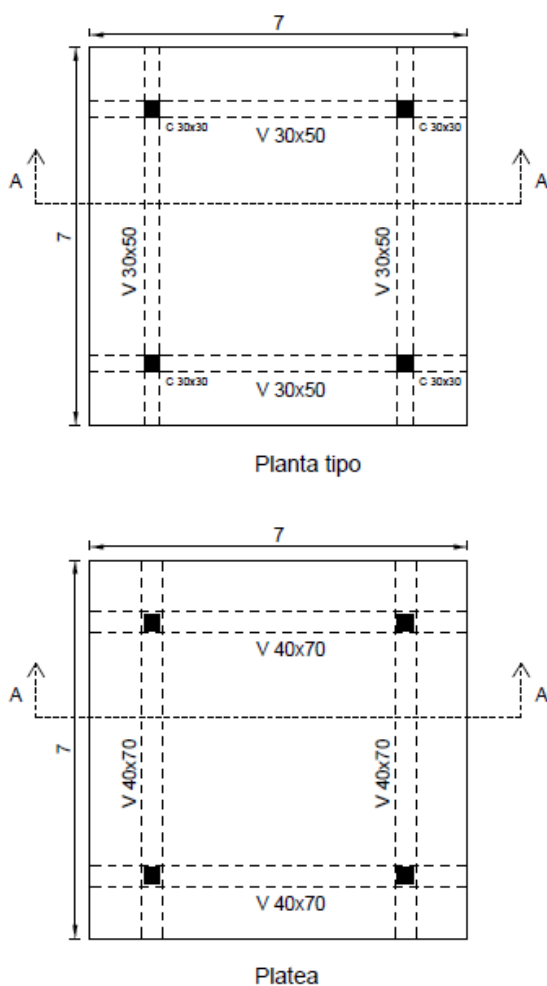


Figura 3. Planta Estructura Ejemplo

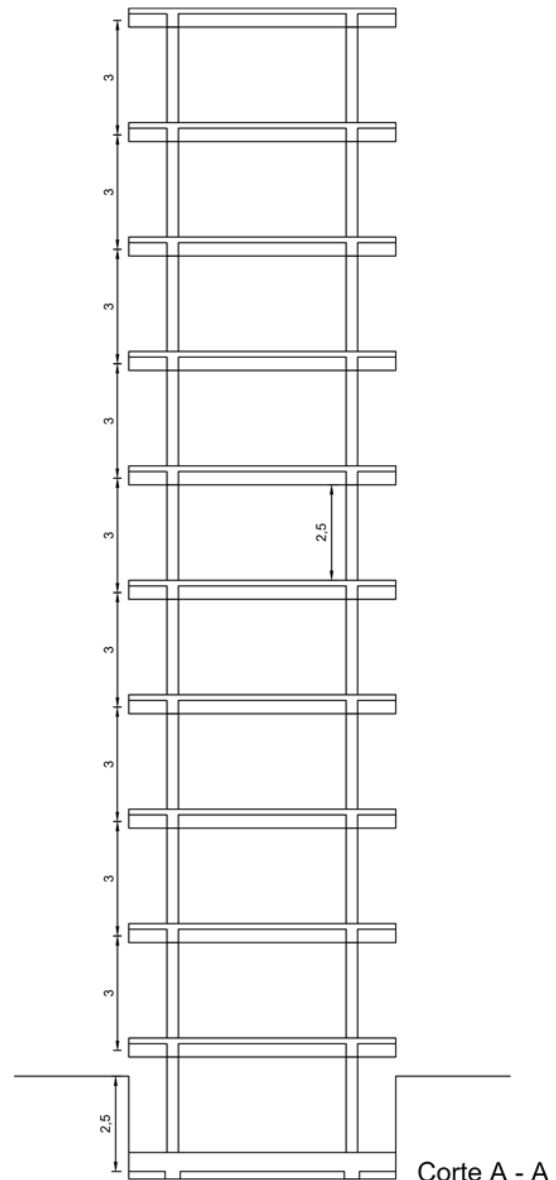


Figura 4: Corte Estructura Ejemplo

## Evaluación de cargas

En este ejemplo se considera las cargas permanentes debidas a peso propio y una sobrecarga de servicio de 3 KN/m<sup>2</sup>. En la siguiente tabla se analiza el peso de un

nivel, el cual se repite 10 veces.

ELEMENTO	area/ sección m <sup>2</sup>	espesor/ long. m	Volumen m <sup>3</sup>	Peso KN
losa	49.00	0.15	7.35	176.40
Vigas	0.11	25.60	2.69	64.51
columnas	0.09	10.00	0.90	21.60
				<b>262.51</b>

*Tabla 1. Peso propio Nivel*

La sobrecarga correspondiente a un nivel será de 147 KN.

Considerando los 10 niveles por encima de la platea se tiene una carga de 2625.10 KN de peso propio más una sobrecarga de 1470 KN.

Por otro lado, en la siguiente tabla se analiza el peso de la platea.

ELEMENTO	area/ sección m <sup>2</sup>	espesor/ long. m	Volumen m <sup>3</sup>	Peso KN
platea	49.00	0.50	24.50	588.00
Vigas	0.08	26.80	2.14	51.46
				<b>639.46</b>

*Tabla 2. Peso propio Platea*

Considerando una distribución uniforme de tensiones por debajo de la platea se determina la tensión del suelo como el cociente entre la carga total y el área de la platea. En este caso se tiene una tensión de tiene un valor de 0.0966 MPa, que es inferior al valor admisible (0.1 MPa).

### Evaluación de asentamientos

Se calcula el asentamiento en el centro de la platea sin considerar la acción de los micropilotes con la teoría de la elasticidad (Steinbrenner) considerando comportamiento rígido:

$$S = 4q_n B' \frac{1-\mu^2}{E_s} I_s \quad (8)$$

Donde:

$$B' = B/2$$

$q_n$  = Presión de contacto neta en la cimentación



$E_s$  = Módulo de elasticidad del suelo

$\mu$  = Módulo de Poisson

$I_s$  = Factor de Influencia de Steinbrenner

Este factor se determina mediante:

$$I_s = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \quad (9)$$

En este caso, considerando que la platea es de 7m x 7m, luego  $L$  es igual a  $B$  igual a 3.50 m. Por otro lado, la profundidad del estrato a analizar  $H$  es igual a  $2B$ , es decir 14m. Entonces los factores  $M = L/B$  es 1 y  $N = H/B$  es 4. Con estos se obtienen los factores de influencia  $I_1 = 0.408$  e  $I_2 = 0.037$ . Con estos determinamos el factor de Steinbrenner  $I_s = 0.418$

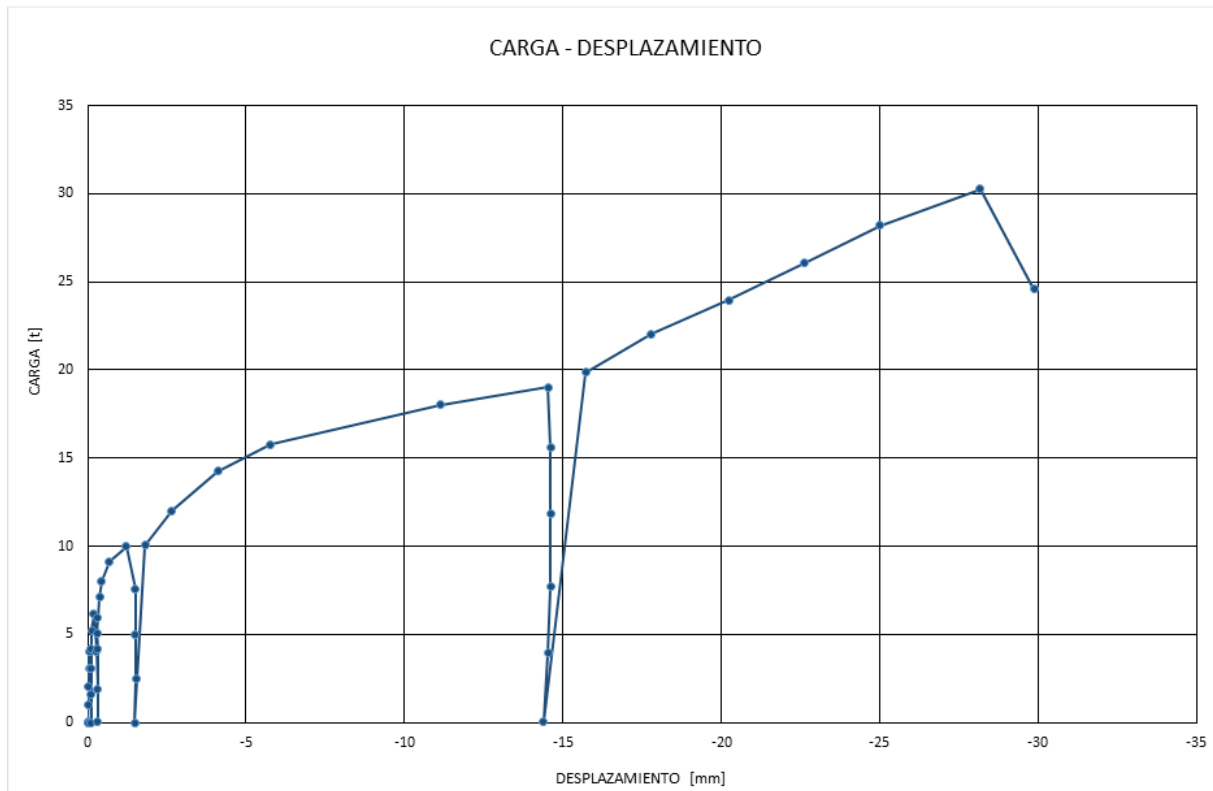
Asímismo la carga neta surge de la diferencia entre la tensión de contacto y la tensión debida al peso del suelo. Es decir:

Considerando que la profundidad de fundación es de 2.5 m y que el peso específico del suelo es de 17 KN/m<sup>3</sup>, la Presión neta resulta de la diferencia de la Presión total 0.0966 MPa menos 0.0425 MPa, es decir que la Presión neta es de 0.0541 MPa.

Reemplazando en la expresión (8) se tiene que el asentamiento de la platea sin considerar la acción de los micropilotes es  $S = 53.1 \text{ mm}$ , si afectamos con el 80% se tiene un asentamiento máximo de  $S_{max} = 42.5 \text{ mm}$

### Reacción del micropilote

Teniendo en cuenta los datos experimentales de la figura 5, se considera el desplazamiento de 25 mm que corresponde a una reacción de 28 t ó 280 KN.



*Figura 5. Gráfico de datos experimentales del ensayo de Micropilote*

Con este valor se va tomando en cuenta la reacción total que relaja la presión de la platea y se comienza a iterar. En síntesis, se propone un desplazamiento de pilote, luego se calcula el nuevo asentamiento de platea hasta lograr la coincidencia entre el desplazamiento propuesto y asentamiento calculado.

### **Caso 1 : 2 Micropilotes bajo cada columna**

En la siguiente figura se representa el caso 1

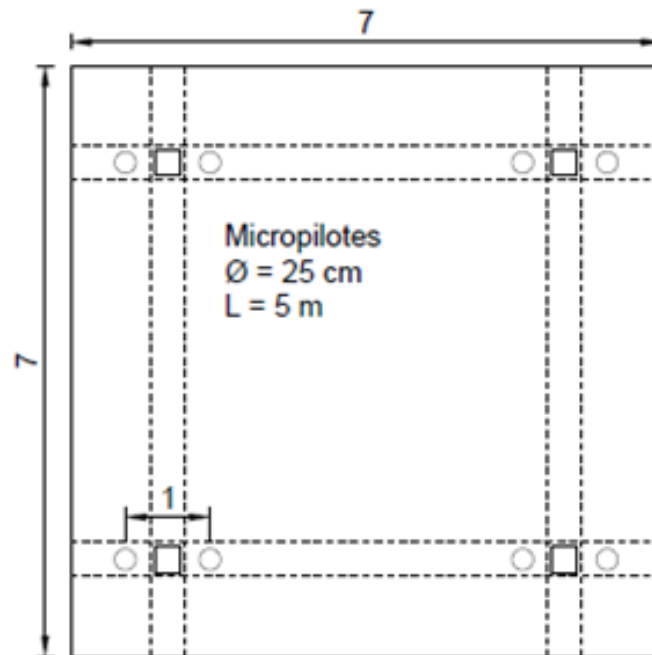


Figura 6. Esquema Caso 1

Para este caso se tiene que la carga neta se ve disminuida por las reacciones de los micropilotes, si reemplazamos en la expresión (7) se tiene:

$$q^* = 0.0541 \text{ MPa} - \frac{8 \times 280 \text{ KN}}{49 \text{ m}^2} = 0.0084 \text{ MPa} \quad (10)$$

Con esta nueva carga neta se determina el asentamiento para la platea considerando ahora la acción de los micropilotes, con lo cual  $S_{m\acute{a}x} = 8.2 \text{ mm} > 25 \text{ mm} = S_{pil}$

Al no cumplirse el equilibrio de desplazamientos iteramos considerando un  $S_{pil} = 16 \text{ mm}$ . Con esta propuesta la reacción obtenida de los datos experimentales baja y se sigue el proceso iterativo hasta conseguir el equilibrio de desplazamientos. En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos en las iteraciones.

ITERACION	$S_{pil}$ mm	Reacción KN	q neta Mpa	$S_{max}$ mm
0	0.0	0	0.0541	42.5
1	25.0	280	0.0084	6.6
2	16.5	210	0.0198	15.6
3	16.0	207	0.0203	15.4
4	15.8	208	0.0201	15.8

Tabla 3. Iteración Caso 1

Es decir que el equilibrio se logra con una reacción de 208 KN para un desplazamiento de 15.8 mm.



### Caso 2 : 3 Micropilotes bajo cada columna

En la siguiente figura se representa el caso 1

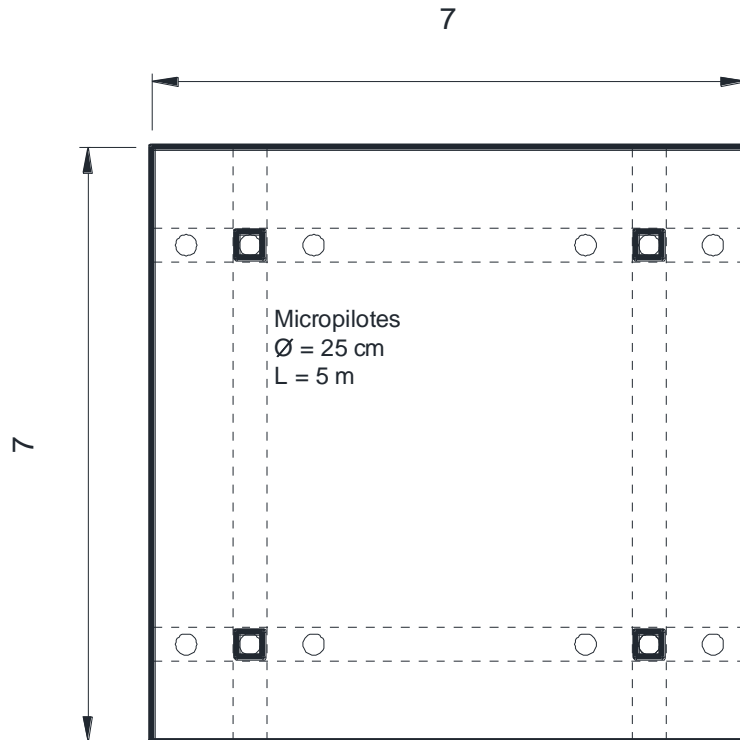


Figura 7. Esquema Caso 2

Para este caso se tiene que la carga neta también se ve disminuida por las reacciones de 12 micropilotes, se considera entonces un descenso de 15 mm del pilote, con lo cual reemplazando en la expresión (7) se tiene:

$$q^* = 0.0541 \text{ MPa} - \frac{12 \times 195 \text{ KN}}{49 \text{ m}^2} = 0.0063 \text{ MPa} \quad (10)$$

Con esta nueva carga neta se determina el asentamiento para la platea considerando ahora la acción de los 12 micropilotes, con lo cual  $S_{\text{m}á\text{x}} = 5 \text{ mm} > 15 \text{ mm} = S_{\text{pil}}$

Al no cumplirse el equilibrio de desplazamientos iteramos considerando un  $S_{\text{pil}} = 10 \text{ mm}$ . Con esta propuesta la reacción obtenida de los datos experimentales baja y se sigue el proceso iterativo hasta conseguir el equilibrio de desplazamientos. En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos en las iteraciones.

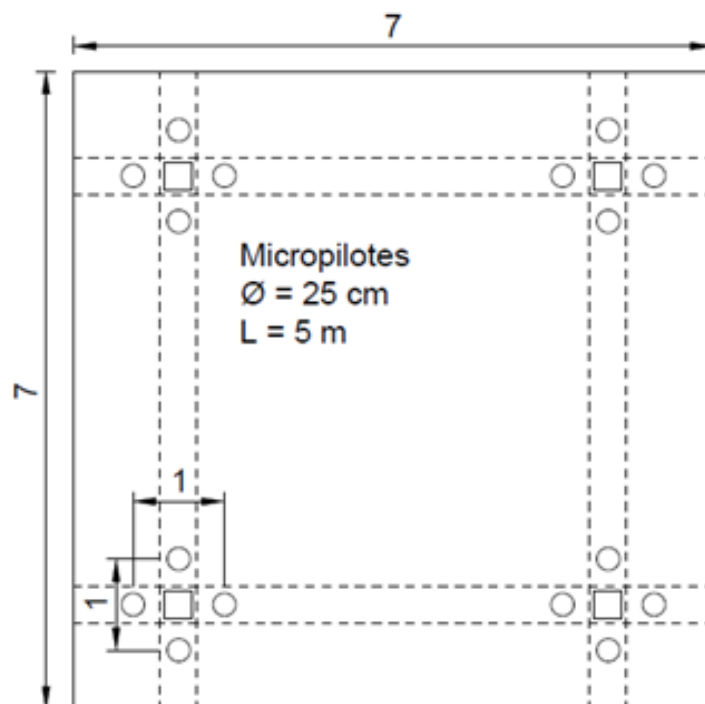
ITERACION	Spil mm	Reacción KN	q neta Mpa	Smax mm
0	0.0	0	0.0541	42.5
1	15.0	195	0.0063	5.0
2	10.0	175	0.0112	8.8
3	9.5	172	0.0120	9.5

*Tabla 4. Iteración Caso 2*

Es decir que el equilibrio se logra con una reacción de 172 KN para un desplazamiento de 9.5 mm.

**Caso 3 :** 4 Micropilotes bajo cada columna

En la siguiente figura se representa el caso 3



*Figura 8. Esquema Caso 3*

En forma análoga al caso anterior se tiene que la carga neta también se ve disminuida por las reacciones, en este caso por 16 micropilotes, se considera entonces un descenso de 5 mm del pilote, con lo cual reemplazando en la expresión (7) se tiene:

$$q^* = 0.0541 \text{ MPa} - \frac{16 \times 150 \text{ KN}}{49 \text{ m}^2} = 0.0051 \text{ MPa} \quad (10)$$

Con esta nueva carga neta se determina el asentamiento para la platea



considerando ahora la acción de los 16 micropilotes, con lo cual  $S_{m\acute{a}x} = 4 \text{ mm} < 5 \text{ mm} = S_{pil}$

Al no cumplirse el equilibrio de desplazamientos iteramos considerando un  $S_{pil} = 4.5 \text{ mm}$ . Se sigue el proceso iterativo hasta conseguir el equilibrio de desplazamientos. En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos en las iteraciones.

ITERACION	Spil mm	Reacción KN	q neta Mpa	Smax mm
0	0.0	0	0.0541	42.5
1	5.0	150	0.0051	4.0
2	4.5	147	0.0061	4.7
3	4.6	148	0.0058	4.6

Tabla 5. Iteración Caso 2

Es decir que el equilibrio se logra con una reacción de 148 KN para un desplazamiento de 4.6 mm.

## Conclusiones

El proyecto y cálculo de este tipo de fundación combinada requiere de la utilización de un modelo físico real que considere el comportamiento diferencial de ambos tipos de cimentaciones, por un lado las plateas que presentan grandes desplazamientos en su comportamiento, comparado con el comportamiento de los micropilotes.

El procedimiento propuesto impone el equilibrio de desplazamientos entre platea y micropilotes y así obtener las solicitaciones en cada uno de ellos. Se observa que para su aplicación es necesario contar con datos experimentales del comportamiento carga – desplazamiento de un micropilote sobre el suelo de cimentación.

Los resultados obtenidos resultan acordes a las observaciones que se presentan en edificios de la ciudad. Edificios de 8 niveles cimentados sobre platea y micropilotes prácticamente no han sufrido asentamientos. Esto confirma la validez del método propuesto y el análisis desarrollado en base a resultados experimentales.

En este trabajo se observan claramente las ventajas de utilizar esta cimentación combinada en suelos limo – arcillosos. Se puede apreciar que los micropilotes trabajan con cargas mayores a la admisible y absorben un porcentaje mayor al 50% de la carga total. Por otro lado los asentamientos determinados para esta fundación combinada se reducen en más del 60% respecto de los asentamientos de una platea aislada, según la cantidad de micropilotes que se utilicen. Sumado a ello, se presentan ventajas considerando que no existen daños en estructuras vecinas si se tienen controlados los asentamientos, como es el caso de la fundación combinada.

La disposición de micropilotes bajo platea también produce el efecto de reducción de los esfuerzos sobre la misma. Esto conduce a la disminución de la armadura



necesaria, que debe ser tenida en cuenta, lo cual conduce a plateas más económicas, lo cual no se ha considerado en este trabajo pero representa otra ventaja significativa.

Se remarca la importancia y lo valioso que resulta disponer de ensayos de carga a rotura de micropilotes, no solo para un suelo tipo, como el analizado en el proyecto, sino también para un suelo particular en el cual se cimentará un edificio. Sobre todo en una cimentación combinada platea – micropilote cuyo comportamiento no es lineal. Estos datos se utilizan como entrada en el modelo y se calcula de forma iterativa hasta llegar a la solución correspondiente al sistema equilibrado.

Ante el notable aumento de la construcción de edificios en altura en la ciudad, y la generalización en el uso de este tipo de fundación combinada se sugiere para un adecuado proyecto, el desarrollo de ensayos de carga a micropilotes sobre el suelo y así desarrollar un diseño en forma más precisa de la fundación, teniendo en cuenta de forma más realista los asentamientos probables.

El proyecto de edificios en altura en base al análisis experimental aportará al entendimiento del comportamiento platea – micropilote en el suelo de la ciudad y se obtendrán resultados más próximos a la realidad.

La capacidad de carga del micropilote se puede aprovechar incluso hasta valores máximos (carga última) sin que el sistema entre en colapso. Esto permite a la cimentación soportar grandes cargas con asentamientos tolerables. Por lo que edificios de gran altura también podrían ser cimentados mediante la combinación de platea y micropilotes sin necesidad de recurrir a cimentaciones profundas que resultan mucho más costosas.

## **Bibliografía**

- Braja M. Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones – 4ta Edición. 2001.
- Bowles Joseph E. Foundations Analysis and Design – Fifth Edition. 1997.
- CIRSOC 101 Reglamento Argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras. 2005.
- CIRSOC 201 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. 2005.
- Cudmani Roberto O. Fundaciones Platea Pilotes en suelos plásticos. 2008.
- Mafud, Daniel Fundaciones Platea Pilotes en suelos plásticos. Tesis de Magister en Ingeniería Estructural, Universidad Nacional de Tucumán, 2008.