

CARACTERISTICAS ELASTICAS DE LA GRAVA FLUVIAL DE SANTIAGO DETERMINADAS POR MEDICIONES DE ASENTAMIENTOS EN EDIFICIOS ALTOS

Mauricio POBLETE*

Pedro ORTIGOSA*

Patricio CAIOZZI**

Alberto SCHOLZ**

SUMARIO

Se midieron los asentamientos producidos durante la construcción de 3 edificios altos, fundados en el ripio típico de Santiago mediante zapatas rectangulares o cuadradas conectadas entre sí con vigas de fundación. Se ha encontrado que esos sistemas de fundación se comportan como elementos apoyados sobre un medio muy rígido y cuasi linealmente elástico. Los datos obtenidos se aprovecharon para deducir los valores reales del módulo de deformación a profundidades equivalentes, los que se incorporan a la ley de variación del módulo en profundidad propuesta por Ortigosa⁹.

INTRODUCCION

Con el fin de incorporar nuevos datos al conocimiento de las características de deformación de la grava fluvial de Santiago se controlaron los asentamientos de 3 edificios altos ubicados en el sector central y oriente de la ciudad, todos los cuales se fundan sobre zapatas corridas y aisladas, conectadas entre sí con vigas y/o muros de fundación. Se utilizó una técnica de nivelación topográfica de alta precisión^{1,2}, con la que se logra una exactitud de ± 0.1 mm en la

* Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Investigador del IDIEM.

** Ingeniero Civil, Universidad de Chile.

medición de deformaciones verticales.

El suelo de fundación es el *ripió típico de Santiago*, compuesto de grava arenosa de cantos redondeados, con bolones aislados y algunos finos arcilloso-limosos rodeando las partículas gruesas. Según se ha detectado en todas las exploraciones de suelos realizadas con calicatas profundas de 14 a 18 m, en las excavaciones para edificios de hasta 3 subterráneos y a lo largo de la Línea 1 del Metro de Santiago, la compacidad de la grava es en todo el sector muy alta, especialmente bajo los 4.5 - 7 m de profundidad, donde se aprecia una extraordinaria trabazón mecánica, lo que le confiere a la grava una significativa cohesión.

La napa de agua subterránea se encuentra profunda, bajo los 25 - 30 m en el caso del edificio ISE, y a más de 40 - 50 m en los otros dos edificios controlados⁴.

Las mediciones en dos de estos edificios, ISE y Costa Azul, se han ligado a puntos de referencia (PR) exteriores, entregando asentamientos totales a lo largo de un período de 17 - 19 meses durante la construcción de su obra gruesa y de la casi totalidad de las terminaciones e instalaciones.

El tercer edificio instrumentado, Eurocentro, se ha controlado durante 12 meses, hasta el término de su obra gruesa, pero sólo con nivelaciones cerradas entre puntos de control (PC), por lo que los asentamientos medidos son únicamente de tipo diferencial.

EDIFICIO ISE - LAS CONDES, SANTIAGO

Se trata de un edificio de 19 pisos, con una planta general de aproximadamente 34 x 23 m, que está fundado a la profundidad de 8.0 m bajo el nivel del terreno circundante.

Se instalaron 8 puntos de control (PC) a nivel del primer piso, en las posiciones que se señalan en la Fig. 1, en la cual se muestra además la ubicación del edificio y de los puntos de referencia (PR), uno de ellos instalado especialmente en grava muy compacta (PR1).

En la Fig. 2 se entregan los resultados de 5 mediciones realizadas en diferentes etapas de la construcción, las cuales se han graficado en función de la carga bruta P a nivel de sello de fundación del edificio, carga que comprende el peso propio de los elementos estructurales más sobrecargas diversas. La recta ajustada que allí se ha trazado representa un promedio de la tendencia de los asentamientos medidos y ella, extrapolada al origen $P = 0$, permite estimar el valor de los asentamientos totales ρ_T producidos desde el inicio mismo de la construcción.

Esta forma de extrapolar al origen los resultados, con el fin de evaluar los asentamientos totales ρ_T , supone que la pendiente dada por los asentamientos parciales medidos ρ' no se ve afectada por la recompresión del suelo.

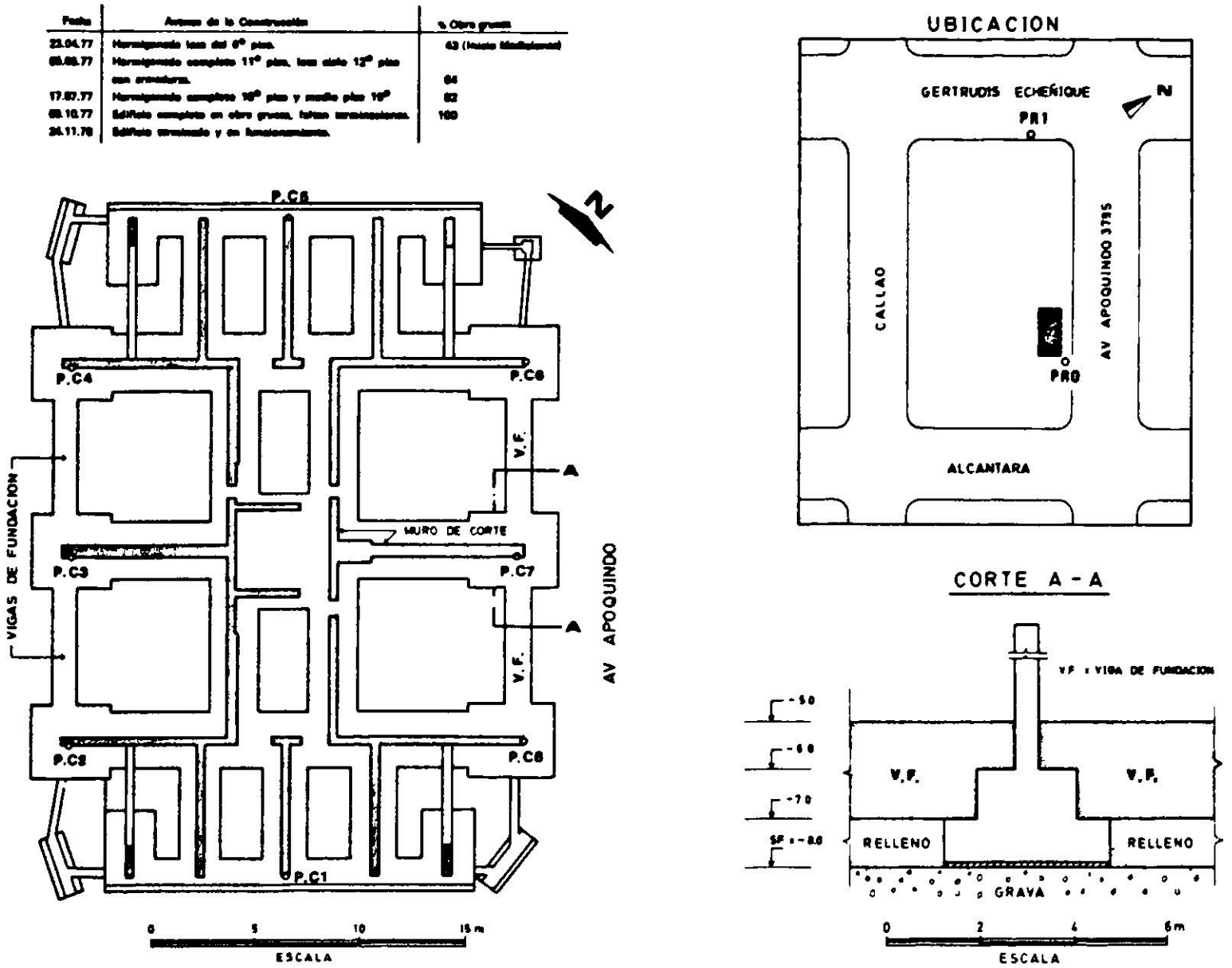


Fig. 1. Datos edificio ISE Santiago.

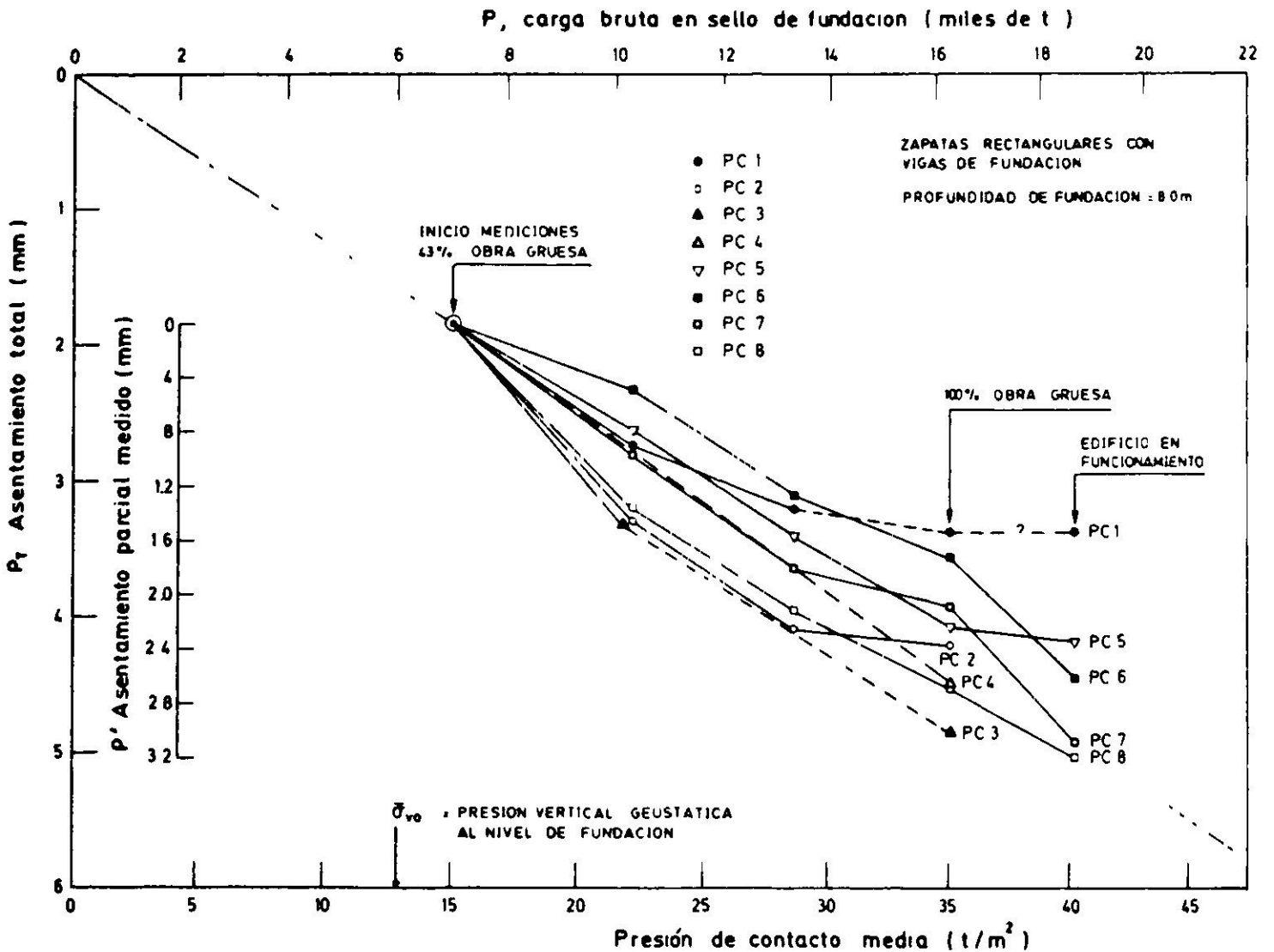


Fig. 2. Asentamientos por cargas estáticas en edificio ISE Santiago.

Esta recompresión se extiende en el rango de presiones de contacto $0 - \bar{\sigma}_{v_0}$ y se origina por la descarga del suelo por el proceso de excavación, fenómeno que sí fue considerado en el caso de edificios apoyados en las arenas saturadas de Concepción y Viña del Mar con napa de agua superficial¹³.

Hay varias razones que justifican dicho método de extrapolación para los edificios apoyados en el *ripio de Santiago*: primeramente, es usual en el *ripio de Santiago* efectuar las estimaciones de asentamientos empleando cargas brutas; en segundo lugar, varios ensayos de pruebas de cargas verticales y horizontales y ensayos triaxiales en probetas naturales no perturbadas efectuados a profundidades entre 2 y 10 m, no acusan efectos significativos de precompresión a nivel de esfuerzos geostáticos ni a ningún otro⁹. En tercer lugar, para las profundidades usuales de fundación y los altos niveles de presiones de contacto estáticas en uso en los edificios altos de Santiago, del orden de $60 - 90 \text{ t/m}^2$, la magnitud de los esfuerzos geostáticos pierde relevancia. En los casos analizados las presiones medias de contacto bajo las zapatas fluctúan entre 33 y 41 t/m^2 para la última medición, en que sólo estaban actuando las cargas estáticas de peso propio, sin las sobrecargas de norma.

Los resultados de la Fig. 2 indican que los asentamientos totales ρ_T en las diversas zapatas, con el edificio terminado y en funcionamiento, son pequeños (del orden de 5 mm como máximo). Dentro de este orden de magnitud el asiento diferencial máximo entre dos zapatas cualesquiera resulta de 1.5 mm, valor que para efectos prácticos puede considerarse irrelevante y demuestra que el conjunto sistema de fundación-superestructura se comporta virtualmente como un cuerpo rígido. Además, siendo el edificio simétrico, sin excentricidades de carga vertical, y habiéndose medido un descenso uniforme, se demuestra la gran homogeneidad del subsuelo dentro de la planta que es relativamente extensa.

EDIFICIO COSTA AZUL - PROVIDENCIA, SANTIAGO

Es una torre de 12 pisos de altura, con una planta general aproximada de $15 \times 21 \text{ m}$, que está fundada a 2.85 m de profundidad en grupos de zapatas corridas unidas por muros de fundación, tal como se aprecia en la planta de la Fig. 3.

Para las mediciones se instalaron 6 puntos de control (PC) en las ubicaciones señaladas en la misma figura y un PRO ubicado a cierta distancia en una estructura antigua que cumple con los requerimientos necesarios¹².

En este edificio se hicieron 4 series de mediciones de los asentamientos. La serie inicial correspondió a un avance de $1/3$ en la obra gruesa y la final a obra gruesa terminada más $2/3$ de las terminaciones ya colocadas.

Los resultados de estas 4 mediciones realizadas se presentan en la Fig. 4. Similarmente al caso del edificio ISE, a dichos valores se ha ajustado una

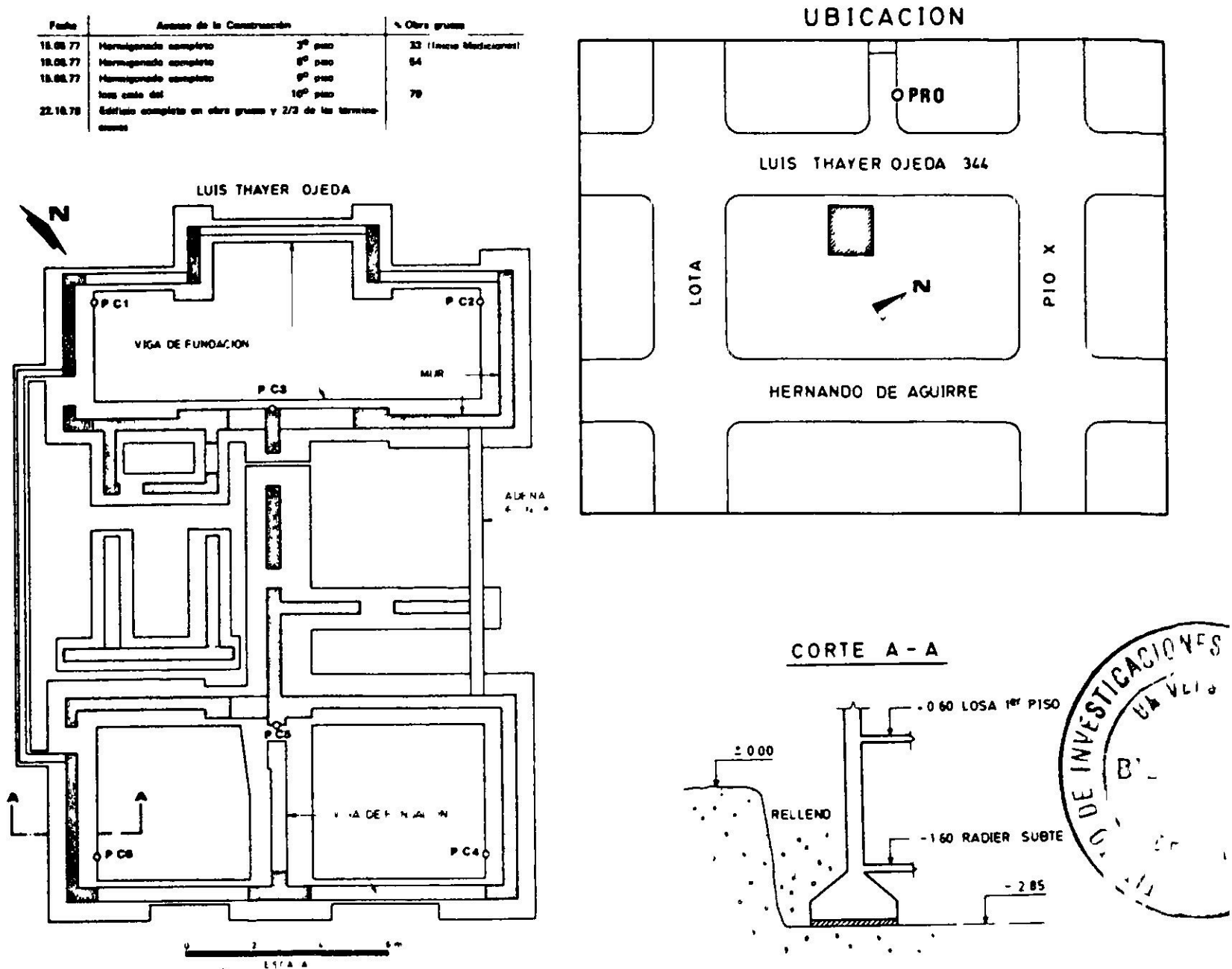


Fig. 3. Datos edificio Costa Azul - Santiago.

recta promedio que permite estimar los asentamientos totales ρ_T .

En este caso es notable también la uniformidad de los asentamientos de cada una de las zapatas instrumentadas. La magnitud de los asientos totales permanece también dentro de rangos pequeños al término de la obra gruesa y de la mayor parte de las terminaciones, con valores del orden de 5 - 6 mm. Por su parte, los asentamientos diferenciales medidos son muy pequeños y no exceden de 0.8 mm entre dos zapatas cualesquiera de la planta, confirmando la homogeneidad del subsuelo y la efectividad de los sistemas de amarre mediante muros y vigas de fundación que hacen que el conjunto fundaciones-superestructura se comporte virtualmente como cuerpo rígido. Dicha rigidez, conjuntamente con la existencia de una carga vertical con una excentricidad prácticamente nula, hacen que no se detecten giros de fundación.

COMPARACION ENTRE ASENTAMIENTOS TOTALES MEDIDOS Y CALCULADOS

A partir de los asentamientos, que presentan una variación cuasilínea con la carga bruta P , se ha buscado caracterizar la rigidez del suelo de apoyo (ripio de

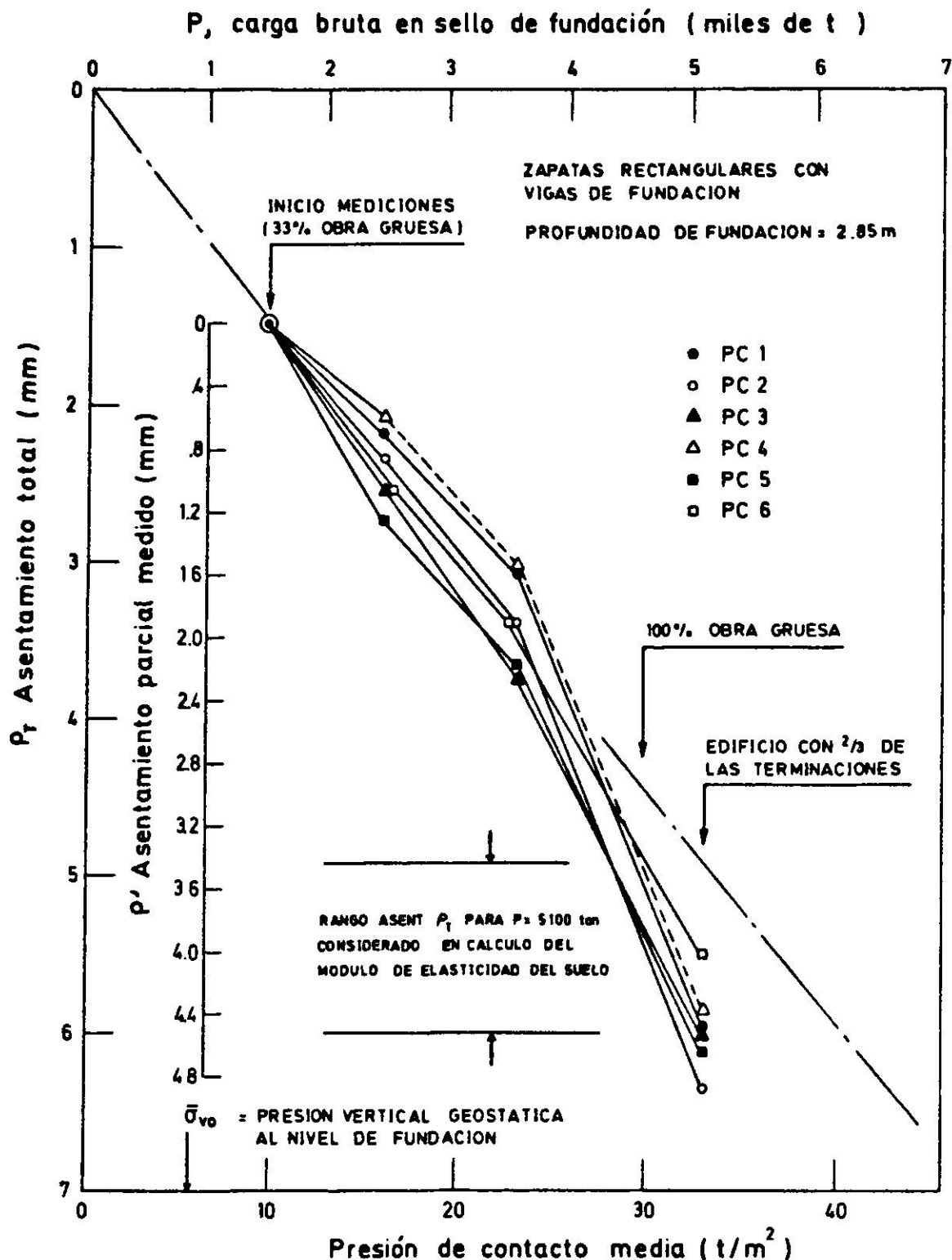


Fig. 4. Asentamientos para cargas estáticas en edificio Costa Azul - Santiago.

Santiago) mediante el módulo de deformación para carga estática asignado a una cierta profundidad equivalente. En este caso, por tratarse de un emparrillado de zapatas rígidas conectadas entre sí por elementos rígidos (muros o vigas de fundación), se ha utilizado un método aproximado de cálculo desarrollado por Musante y Ortigosa⁸. Dicho método aplica la teoría de la elasticidad al cálculo de asentamientos de las zapatas, las que se desconectan mediante diversos cortes efectuados en el sistema de fundación. Como los elementos conectores entre zapatas son rígidos, se impone la condición de que el asentamiento en cualquier punto del sistema de fundación es el mismo. En el caso que la resultante de las cargas verticales presente excentricidades con respecto al centro de rigidez de la planta de fundación se impone, además, la condición de que dicho sistema rota como cuerpo rígido.

Considerando cargas verticales sin excentricidad, como es el caso de los edificios ISE y Costa Azul, el asentamiento de una zapata i (o viga de fundación),

supuesta *aislada* del resto, queda dado por:

$$\rho_i = \frac{P_i}{B_i L_i} \cdot \frac{B_i (1 - \nu^2)}{E} I_{\rho_i} \quad 1$$

en que:

B_i = ancho de la zapata *aislada*, o de la viga de fundación

L_i = largo de la zapata *aislada*, o de la viga de fundación

P_i = carga vertical a nivel de sello de fundación de la zapata o viga de fundación

E = módulo de deformación del suelo de apoyo*

ν = módulo de Poisson del suelo, considerado igual a 0.25**

I_{ρ_i} = coeficiente de influencia, que depende de la geometría del área cargada, rigidez de la fundación, etc. Su valor, $I_{\rho_{\square}}$ para zapatas rectangulares rígidas se ha obtenido de la conocida relación de Terzaghi¹³:

$$I_{\rho_{\square}} = \frac{1.5}{1 + 0.5 B_i/L_i} I_{\rho_{\square}} \quad 2$$

en que $I_{\rho_{\square}} = 0.82$ es el valor típico que entrega la teoría de la elasticidad para zapatas rígidas de sección cuadrada.

La sumatoria de los P_i es la resultante total P o carga bruta del edificio a nivel del sello de fundación que se aplica en el centro de rigidez del sistema:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n \rho_i \frac{E (L_i/I_{\rho_i})}{(1 - \nu^2)}$$

pero como

$$\rho_i = \rho_{i+1} = \rho_n = \rho_T, \quad \text{resulta}$$

$$P = \rho_T \frac{E}{(1 - \nu^2)} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{I_{\rho_i}}$$

de donde

$$E = \frac{P (1 - \nu^2)}{\rho_T \sum_{i=1}^n (L_i/I_{\rho_i})} \quad 3$$

en que ρ_T es el asentamiento total promedio del sistema de zapatas. Naturalmente que los valores de E obtenidos de este análisis dependen de la forma cómo se efectúen los cortes para aislar cada zapata y viga de fundación. En los casos analizados en este trabajo (edificio ISE y Costa Azul) los cálculos se efectuaron

* Debido a que el módulo de deformación del *ripio de Santiago* varía con la profundidad, su valor para una zapata de ancho B_i quedaría definido a una profundidad equivalente dentro del bulbo de presiones de la zapata igual a B_i . Considerando que el sistema de fundación de los edificios controlados tiene un sello de apoyo común para todas las zapatas y que los anchos de éstas no difieren apreciablemente entre sí, es posible asociar a cada una de ellas un módulo de deformación común.

** Este valor ha sido extractado de las Refs. 6 y 8. En todo caso cualquier error en su estimación no afecta mayormente los resultados.

con al menos dos cortes bien diferentes, cuyos resultados se promediaron, por encontrarse que los valores de E no variaron en más de 2 - 2.5%.

Cabe señalar que para los edificios ISE y Costa Azul se verificó que los elementos conectores fueran efectivamente rígidos, lo que se cumple para todos ellos, excepto para dos elementos secundarios en el edificio Costa Azul, que fueron excluidos de los cálculos. Luego se procedió a la estimación del módulo E mediante la expresión 3, en que P/ρ_T se obtuvo como la pendiente de la recta ajustada de las Figs. 2 y 4. Los resultados se presentan en la Tabla I.

TABLA I
ESTIMACION DEL MODULO DE DEFORMACION, E ,
SEGUN EXPRESION (3)

	$Li/l\rho_i^*$	P (t)	ρ_T (m)	E (t/m ²)	Z_{eq}^{**} (m)
Edificio ISE	173.4	18700	0.0049	20633	10.4
Edificio Costa Azul	96.44	5100	0.0049 0.0060	10118 8263	4.1

* Valor promedio entre dos cortes.

** Profundidad equivalente $Z_{eq} = D_f \bar{B}$, en que D_f profundidad de fundación y \bar{B} ancho promedio de las zapatas constitutivas del sistema de fundación.

Para el caso del edificio Costa Azul la determinación de E se efectuó utilizando valores extremos del asentamiento para una carga de 5100 t (ver Fig. 4), en atención a la aparente discrepancia entre los valores de la última medición y la tendencia que venía siendo observada en las mediciones anteriores.

Los valores resultantes de los módulos de deformación estáticos se han incorporado a un conjunto de datos de pruebas de carga y ensayos triaxiales recopilados por Ortigosa⁹ según se ilustra en la Fig. 5. Puede verse que los datos obtenidos con mediciones de asentamientos confirman las tendencias insinuadas por las pruebas de carga a escala reducida y por los ensayos triaxiales. Dichos datos confirman también la existencia en la grava fluvial de Santiago de un sustrato superficial de depositación muy reciente, denominado *segunda depositación*, al que le sigue un sustrato más antiguo de mayor rigidez relativa, denominado *primera depositación*, con un contacto que se aprecia claramente en excavaciones y pozos de reconocimiento y que fluctúa aproximadamente en el rango de 4.5 a 7 m de profundidad bajo la superficie del terreno

ASIENTOS DIFERENCIALES EN EDIFICIO EUROCENTRO, SANTIAGO

El edificio Eurocentro es una torre de 20 pisos de altura, con una planta general de aproximadamente 33 x 40 m que se funda a la profundidad de

9.20 m bajo el nivel de las calles circundantes. Se ubica en una zona de gran densidad de edificios altos, teniendo adyacente a ella un edificio de 15 pisos y 2 subterráneos. La estructura es de marcos rígidos cuyas columnas se apoyan sobre zapatas aisladas conectadas entre sí por vigas de fundación, según se aprecia en la Fig. 6.

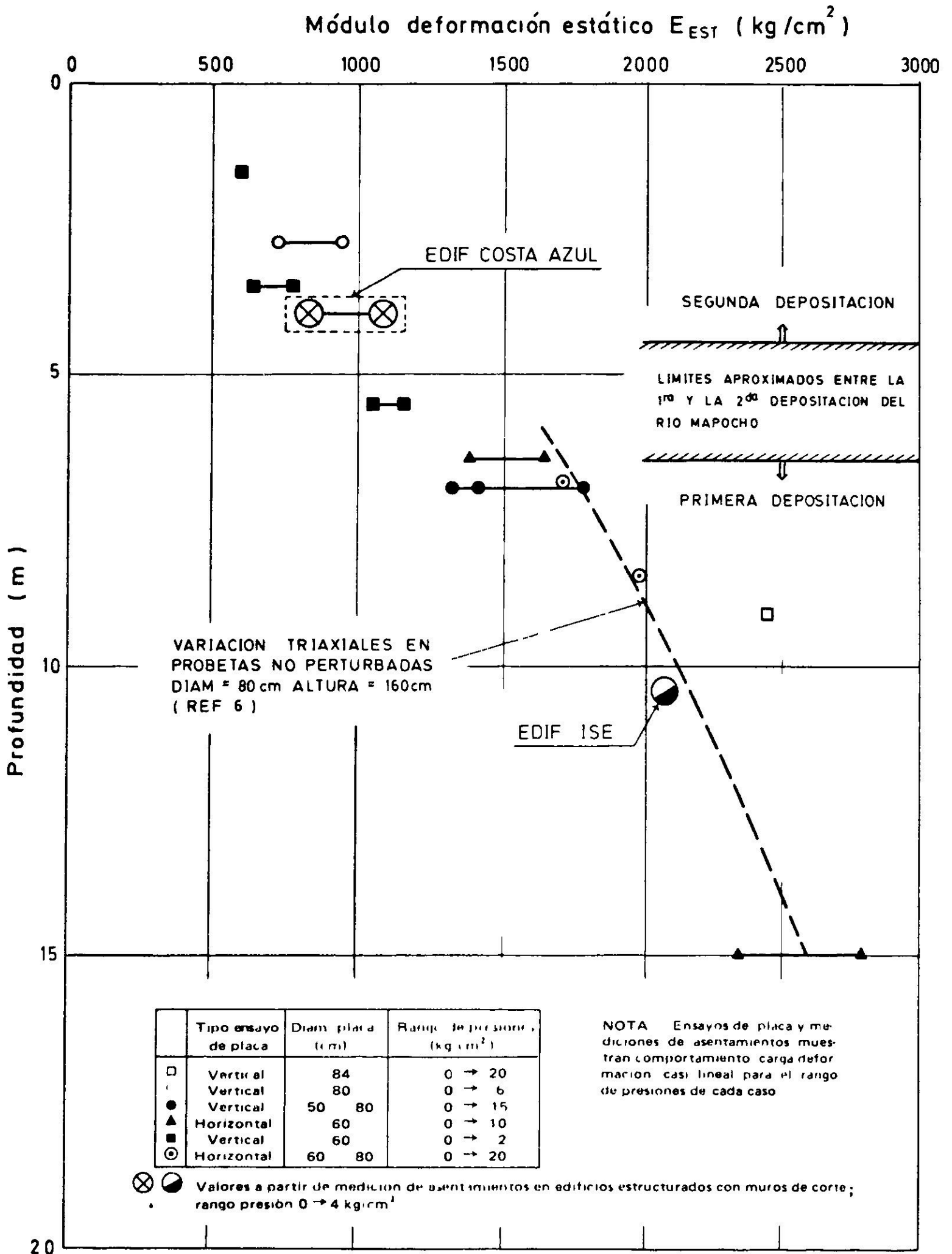


Fig. 5. Módulos de deformación para cargas estáticas en el ripio de Santiago.

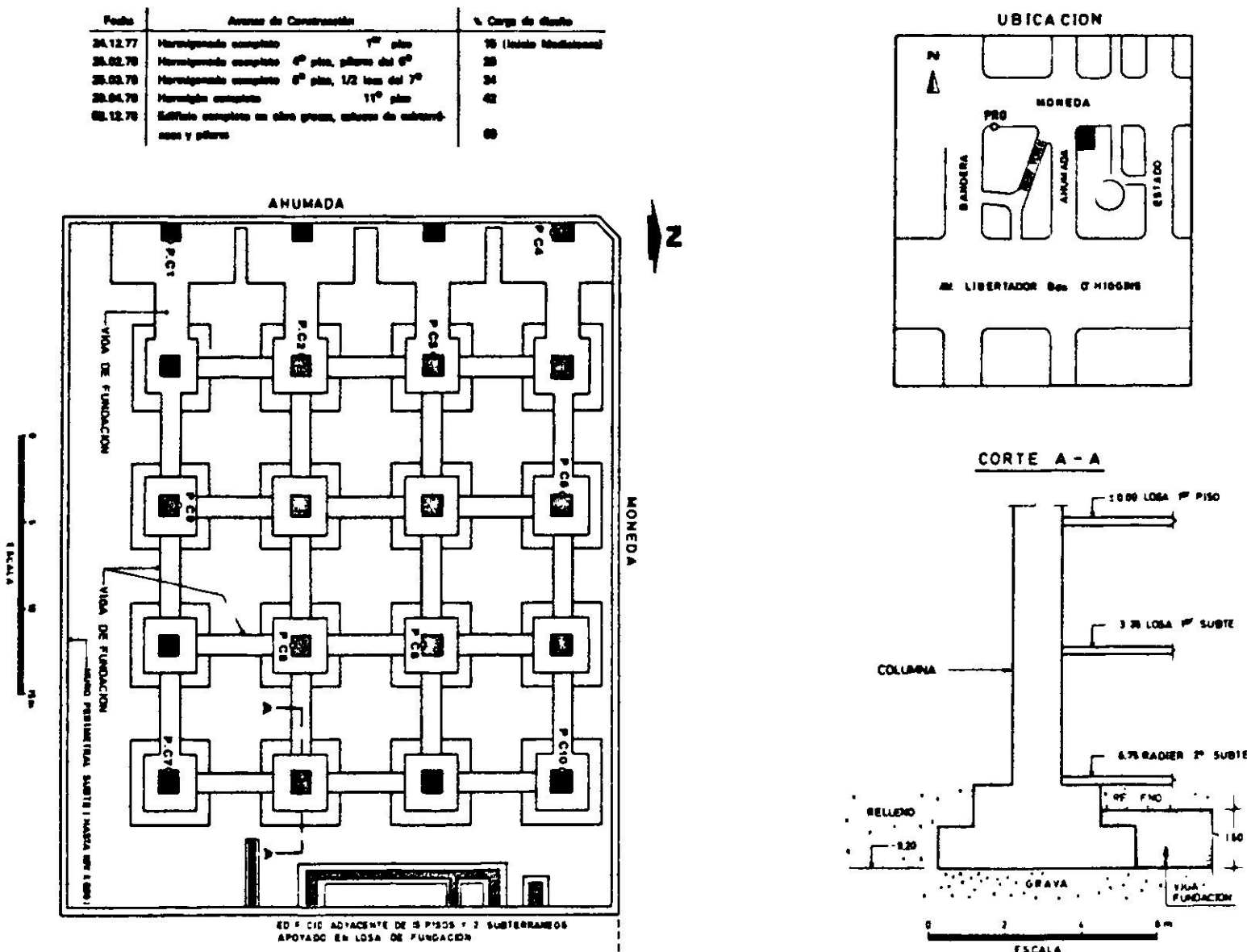


Fig. 6. Datos edificio Eurocentro - Santiago.

El análisis del sistema de fundación se realizó utilizando un programa de computación que toma en cuenta las rigideces reales de los elementos componentes de dicho sistema y las del suelo, modelando este último como un medio linealmente elástico caracterizado por coeficientes de balasto'. En otras palabras se analizó un emparrillado de vigas apoyadas sobre una cama de resortes lineales, el que fue solicitado por las reacciones en la base de muros y columnas. Estas últimas se determinaron considerando el edificio apoyado sobre un medio indeformable. La rigidez de los resortes se calculó mediante relaciones basadas en la teoría de la elasticidad, en las que se empleó $\nu = 0.25$ y un módulo de deformación de 25000 t/m^2 , obtenido de la Fig. 5 a una profundidad equivalente $D_f + B \approx 15 \text{ m}$.

Para efectos de calcular los asentamientos diferenciales entre las zapatas del edificio, que era el objetivo principal dentro del análisis computacional de su sistema de fundación, se ignoró la interacción entre zapatas a través del suelo, simplificación que no introduce errores de importancia práctica en fundaciones para estructuras aporticadas en las que el suelo de apoyo es rígido y cuando se cuenta con una razonable luz libre entre zapatas'. Para el edificio Eurocentro la razón entre dicha luz libre y el ancho de fundación de las zapatas bajo columnas es igual a 0.6, concluyéndose que los asentamientos diferenciales calculados se verían afectados por un error no mayor al 5 - 10%. Cabe señalar, finalmente, que un análisis más exacto habría necesitado considerar en el modelo

computacional no sólo la rigidez del sistema de fundación, sino que además la correspondiente al sistema de marcos espaciales de la superestructura. La simplificación de no incluirla obviamente se traduce en una sobrevaloración de los desplazamientos diferenciales entre zapatas^{1,2,5}.

En el edificio Eurocentro los asentamientos controlados fueron únicamente de tipo diferencial, pues por diversas dificultades operativas no fue posible establecer la ligazón de cotas con el PRO instalado al efecto. Considerando la precisión lograda y las características de la estructura, altamente sensible a los asientos diferenciales entre zapatas, los resultados que se muestran en la Fig. 7, constituyen una verificación de las deformaciones relativas reales del sistema de fundación y superestructura hasta el término de la obra gruesa y algunas terminaciones. Al momento de la última medición, el edificio contaba ya con la mayor parte de las cargas de peso propio estático, descargando sobre las zapatas una presión promedio estimada en 44 t/m², siendo la presión máxima de diseño de 70 t/m² para cargas estáticas de peso propio y sobrecargas.

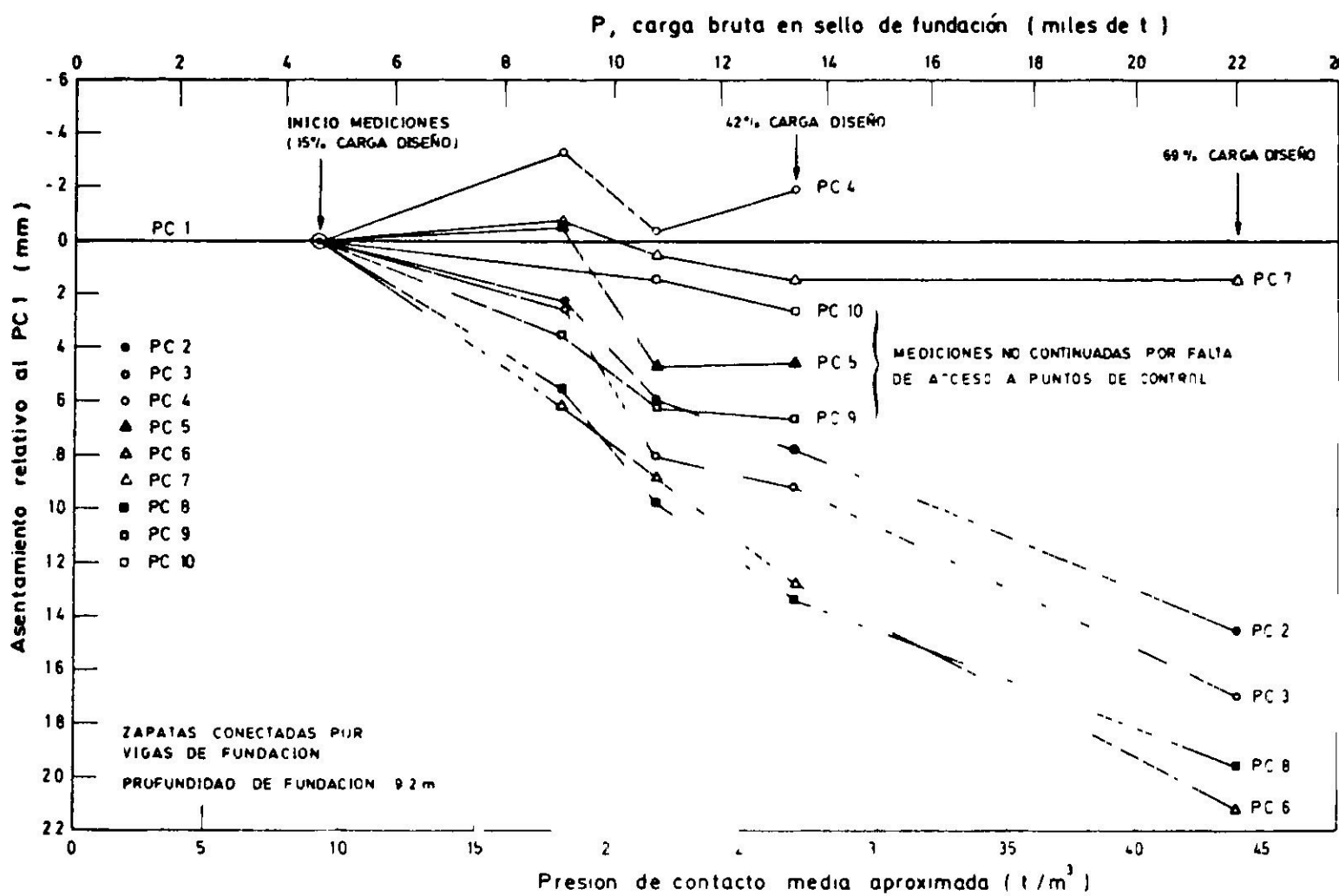


Fig. 7. Asentamientos relativos para cargas estáticas en edificio Eurocentro, Santiago.

En la Fig. 8 se presenta una comparación entre los desplazamientos calculados y medidos con respecto al PC1. Dicha comparación se efectúa para valores correspondientes al 100% de la carga estática de diseño por lo que fue necesario extrapolar los resultados de la Fig. 7 a un valor de la carga bruta P igual a 31900 t. La comparación establecida en la Fig. 8 pone de manifiesto una concordancia bastante aceptable entre los resultados del cálculo y los valores medidos, la cual podría mejorarse si en el modelo teórico se hubiese incorporado la rigidez de la superestructura. En todo caso es posible poner de manifiesto

los siguientes aspectos:

- Los análisis computacionales que modelan la fundación como un emparillado apoyado en una cama de resortes, sin considerar la rigidez de la superestructura y con solicitaciones correspondientes a las reacciones obtenidas con la estructura apoyada sobre un medio rígido, parecen predecir en forma adecuada los asentamientos diferenciales entre zapatas, por lo menos para suelos de fundación tipo grava.
- La predicción anterior se basa en un adecuado conocimiento del módulo de deformación del suelo de apoyo el que, para el *ripio de Santiago*, puede ser obtenido a partir de la Fig. 5.
- La incorporación de vigas de fundación parece reducir considerablemente los asentamientos diferenciales entre zapatas, como queda de manifiesto por los órdenes de magnitud de los valores graficados en la Fig. 8. De acuerdo a esos resultados el $(\Delta\rho/l)_{\text{máx}}$ resulta aproximadamente igual a $1/3200$, siendo $\Delta\rho$ el desplazamiento diferencial entre dos columnas contiguas y l la distancia entre ellas. Este resultado confirma las conclusiones establecidas por Fernández et al⁵ y por Ortigosa y Escobar¹¹ en relación a la efectividad de las vigas de fundación para reducir los asentamientos diferenciales en estructuras aporricadas.

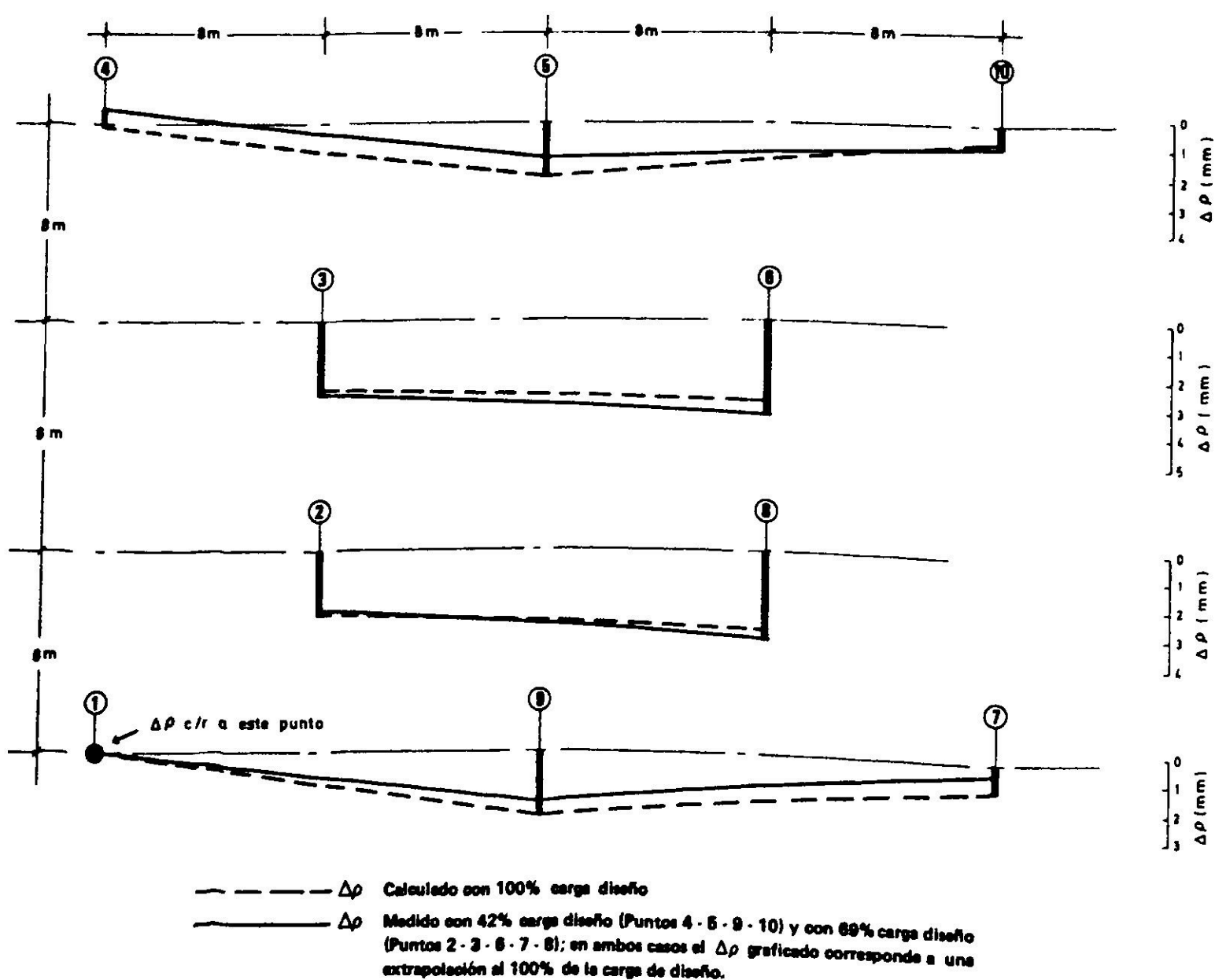


Fig. 8. Resultados control asentamientos relativos para cargas estáticas en edificio Eurocentro, Santiago.

CONCLUSIONES

1. Mediante el control preciso de asentamientos en dos de los edificios altos instrumentados se han obtenido datos fidedignos de las propiedades carga-deformación de la grava fluvial de Santiago, con pruebas que, siendo prototipos naturales eliminan los efectos de escala propios de los ensayos tradicionales, tanto en relación a las eventuales variaciones estratigráficas como al tamaño de las partículas respecto del tamaño de las placas de carga y ensayos triaxiales efectuados. En todo caso se comprueba la bondad de los resultados obtenidos mediante estos ensayos, ya que arrojan valores del módulo de deformación del suelo comparables con los deducidos de las mediciones de asentamientos.
 2. Los resultados de las mediciones en los 3 casos demuestran la gran homogeneidad de la grava, así como su extraordinaria rigidez, con un módulo de deformación creciente en profundidad, que a los 10 m alcanza un valor del orden de 20000 t/m^2 .
 3. La forma de las curvas carga-deformación para cada punto de control, así como la pequeña magnitud de los asientos diferenciales, muestran la efectividad de los muros y vigas de amarre entre zapatas, al comportarse como elementos altamente rígidos; a ello colabora también la alta rigidez del suelo de fundación, el que puede ser modelado como un medio linealmente elástico.
 4. Para edificios solicitados por cargas estáticas de PP + SC, apoyados en el *ripió de Santiago*, cuya estructuración es a base de muros de corte y cuyas zapatas se conectan entre sí por vigas de fundación o nervios conectores rígidos en sí mismos, su sistema de fundación puede ser analizado como cuerpo rígido siguiendo una metodología similar a la propuesta en este trabajo y que aparece detallada en la Ref. 8. Para estructuras aporticadas que descansan sobre *zapatas aisladas*, la interconexión de éstas mediante vigas de fundación apoyadas sobre *ripió* con características de rigidez similares a las del suelo de apoyo de las zapatas, contribuyen en forma muy eficiente a reducir los asentamientos diferenciales entre las columnas de los marcos. Para el análisis del sistema de fundación así estructurado, una aproximación razonable parece ser la de modelarlo como un emparrillado de vigas apoyado sobre una cama de resortes lineales, con rigideces obtenidas mediante relaciones basadas en la teoría de las elasticidad. Los módulos de deformación del suelo se determinan a partir de la ley de variación formulada en la Fig. 5 entrando en ella con la profundidad equivalente $D_f + B$.
- Las solicitaciones a aplicar sobre el emparrillado serían las obtenidas en la base de muros y columnas suponiendo la estructura apoyada sobre un medio indeformable (por ejemplo, apoyos con empotramiento perfecto).
5. Para la componente sísmica de las solicitaciones se sugiere utilizar modelos de cálculo similares a los propuestos para cargas estáticas, salvo que será necesario tener en cuenta el aumento del módulo de deformación del suelo para las cargas cíclicas asociadas al sismo. En el caso de estructuras aporticadas sin vigas de fundación será necesario considerar además los asentamientos adicionales que se originan por la existencia de cargas cíclicas, problema que

aparece analizado en las referencias 10 y 11.

Finalmente cabe señalar que existe una serie de circunstancias especiales como son, erraticidades del suelo, fenómenos de licuación total o parcial, existencia de suelos con compresibilidades y comportamientos carga-deformación muy diferentes a los del *ripió de Santiago*, en cuyos casos será necesario resolver el problema dentro de las condiciones que les sean propias.

REFERENCIAS

1. BINDER, R. y ORTIGOSA, P. Influencia de asentamientos diferenciales en un marco espacial: Parte II, *Revista del IDIEM*, vol. 14, n° 1 (mayo 1975).
2. BINDER, R. y ORTIGOSA, P. Influencia de asentamientos diferenciales en un marco espacial: Parte III, *Revista del IDIEM*, vol. 14, n° 2 (septiembre 1975).
3. CAIOZZI, P. y SCHOLZ, A. *Metodología para el control de asentamientos en estructuras*. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile 1978.
4. FALCON, E.; CASTILLO, O. y VALENZUELA, M. *Hidrogeología de la cuenca de Santiago*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Publicación especial n° 3, 1970.
5. FERNANDEZ, A.; GUENDELMAN, T. y ORTIGOSA, P. Influencia de asentamientos diferenciales en un marco espacial: Parte I, *Revista del IDIEM*, vol. 13, n° 3 (diciembre 1974).
6. KORT, I. y MUSANTE, H. *Ensayos triaxiales in situ en la grava de Santiago*, Informe técnico de asesoría privada para la Dirección General del Metro de Santiago, noviembre 1978.
7. LARRAIN - RUIZ - SAAVEDRA. Ingenieros Estructurales. Comunicación verbal.
8. MUSANTE, H. y ORTIGOSA, P. *Informe de mecánica de suelos para el Metro de Santiago*. Informe técnico del IDIEM, Especial n° 2, (mayo 1972).
9. ORTIGOSA, P.- PETRUS INGENIEROS LTDA. *Informe de mecánica de suelos para el edificio Hotel Cordillera - Holiday Inn*, Informe técnico de asesoría privada, Santiago, (mayo 1979).
10. ORTIGOSA, P. Análisis simplificado de desplazamientos por cargas cíclicas en fundaciones. *Revista del IDIEM*, vol. 19, n° 1, (mayo 1980).
11. ORTIGOSA, P. y ESCOBAR, C. Efecto de asentamientos por cargas cíclicas en marcos espaciales. *Terceras Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica*, Universidad de Concepción, (noviembre 1980).
12. POBLETE, M.; CAIOZZI, P.; SCHOLZ, A. y FAHRENKROG, C. Metodología propuesta para el control de asentamientos de estructuras. Nota Técnica, *Revista del IDIEM*, vol. 19, n° 3, (diciembre 1980).
13. POBLETE, M.; CAIOZZI, P. y SCHOLZ, A. Mediciones de asentamientos de edificios en la arena fluvial saturada de Concepción y Viña del Mar, Chile. *Revista del IDIEM*, vol. 19, n° 3, (diciembre 1980).
14. TERZAGHI, K. Evaluation of coefficients of sub-grade reaction, *Geotechnique*, vol. 5, 1955.

ELASTIC CHARACTERISTICS OF THE SANTIAGO FLUVIAL GRAVEL

SUMMARY

Settlements taking place during the construction period of three tall buildings were measured. The buildings are founded on Santiago typical gravel through isolated rectangular or square footings interconnected with foundation beams; which appear to behave as elements supported on a very rigid and quasi linearly elastic medium. The results were also used to compute the actual values of the soil deformation modulus at equivalent depths, which are incorporated to Ortigosa's formula.