

RECALCE Y LEVANTAMIENTO DE UN EDIFICIO DE 8 PLANTAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE LAS INYECCIONES DE COMPACTACIÓN

Angel Guardia Cortínez.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Dpto. de Ingeniería del Terreno de Geotécnica y Cimientos S.A.

Pedro R. Sola Casado.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Jefe del dpto. de Ingeniería del Terreno de Geotécnica y Cimientos S.A.

RESUMEN

Se describe en este trabajo un caso singular de patología producido en un edificio de viviendas de Madrid, debido a la presencia de un karst en yesos y margas que abarca gran parte de la planta de la estructura.

Se han utilizado apeos temporales de accionamiento hidráulico en los pilares del edificio para controlar las cargas actuantes sobre estos y dar seguridad a la estructura.

Se han llevado a cabo tareas de recalce y levantamiento del edificio mediante la técnica de las inyecciones de compactación.

ABSTRACT

This paper describes a singular pathologic case in an apartment building in Madrid, due to the presence of a gypsum and marl karst covering the best part of the structure plant. Hydraulic operated temporary props have been used under the building columns in order to control the acting loads and to secure the structure.

Works have been implemented to strengthen the foundations and lift up the building through the compacting injections technique.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 LA ESTRUCTURA

El edificio afectado está situado en el barrio de Santa Eugenia, en el sureste de Madrid.

Consta de 7 plantas en altura y una subterránea para aparcamientos. Sus dimensiones son de 52 por 28 m en planta.

La estructura es aporticada, de hormigón armado, con luces variables entre 4,5 y 7,0 m. Las cargas de proyecto en los pilares varían entre 120 y 170 ton en la mayor parte de los casos.

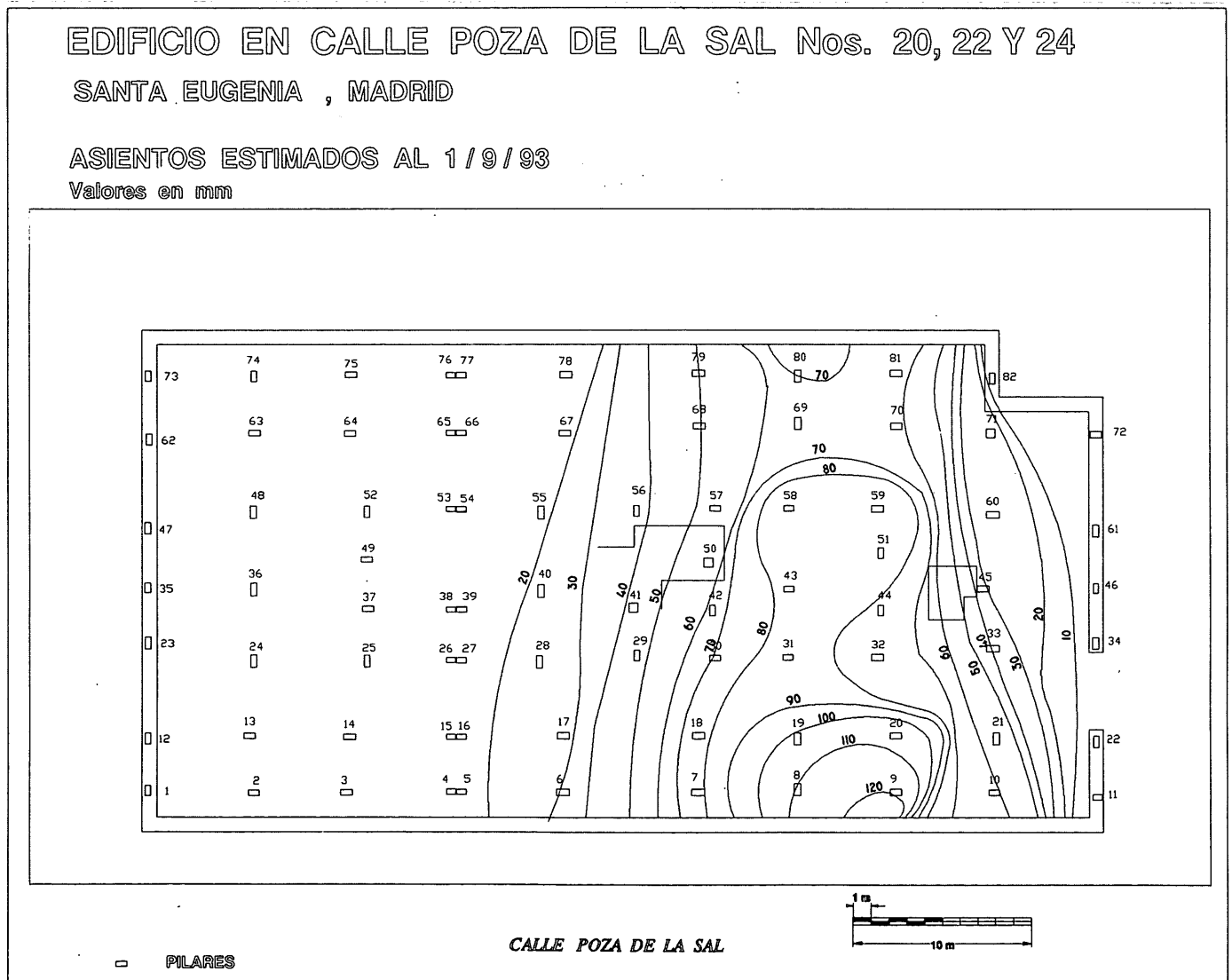
La cimentación está constituida por pilotes de hormigón armado con diámetros de 0,45 y 0,55 m, (según el nivel de cargas), que alcanzan profundidades de 12 a 14 m. Existen 2 pilotes en cada encepado.

1.2. MOVIMIENTOS Y DAÑOS OBSERVADOS

Desde el fin de la construcción del edificio en 1986, se observaron indicios de asentamientos de pilares y el inicio de grietas en la tabiquería.

Desde 1989 se llevó a cabo un control topográfico de asentamientos de pilares, registrándose un

Figura 1.



comportamiento lineal en las curvas asientos-tiempos, aunque con diferentes velocidades de asientos para cada pilar, que llegaban en algunos casos a superar 1 mm por mes.

Esta linealidad del comportamiento, ha permitido estimar los asientos totales producidos desde el fin de la construcción del edificio. La figura 1 muestra las curvas de nivel de estos asientos.

Como puede apreciarse, en la zona de máxima afectación, algunos pilares han asentado mas de 100 mm, produciéndose en algunos puntos distorsiones angulares superiores a 1:100.

En coincidencia con la zona de máximos asientos, se han observado serios daños en tabiquerías y cajas de ascensores y la rotura de dos vigas en la planta baja.

En las fotos 1 y 2 se aprecian las grietas visibles en las fachadas anterior y posterior del edificio.

1.3. EL TERRENO

El perfil estratigráfico (Figura nº 2) consiste en un primer nivel de rellenos arenosos que se

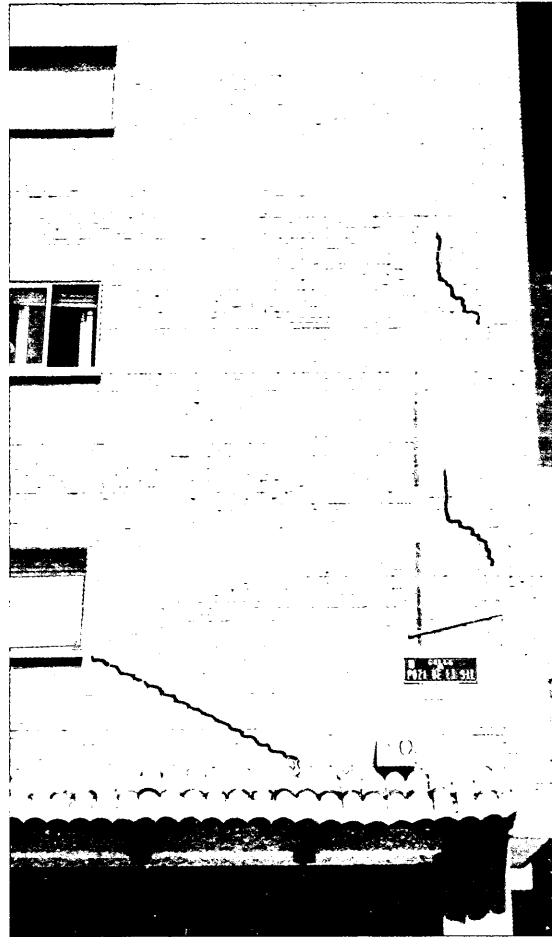


Foto 1.

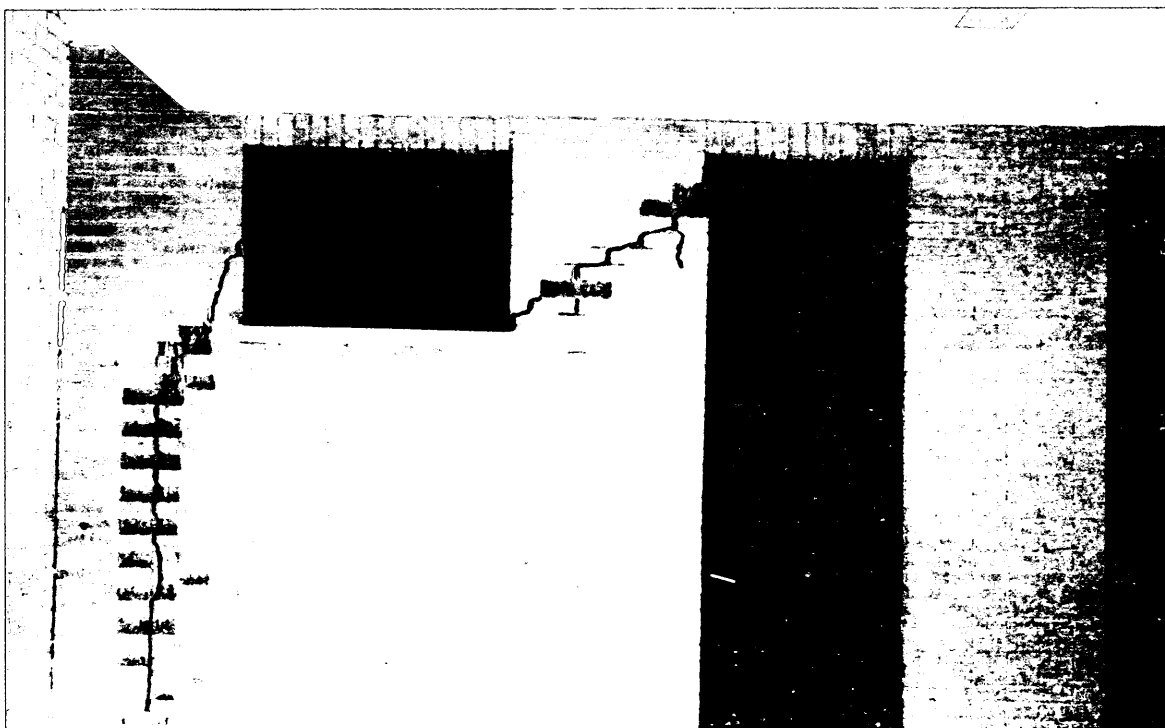


Foto 2.

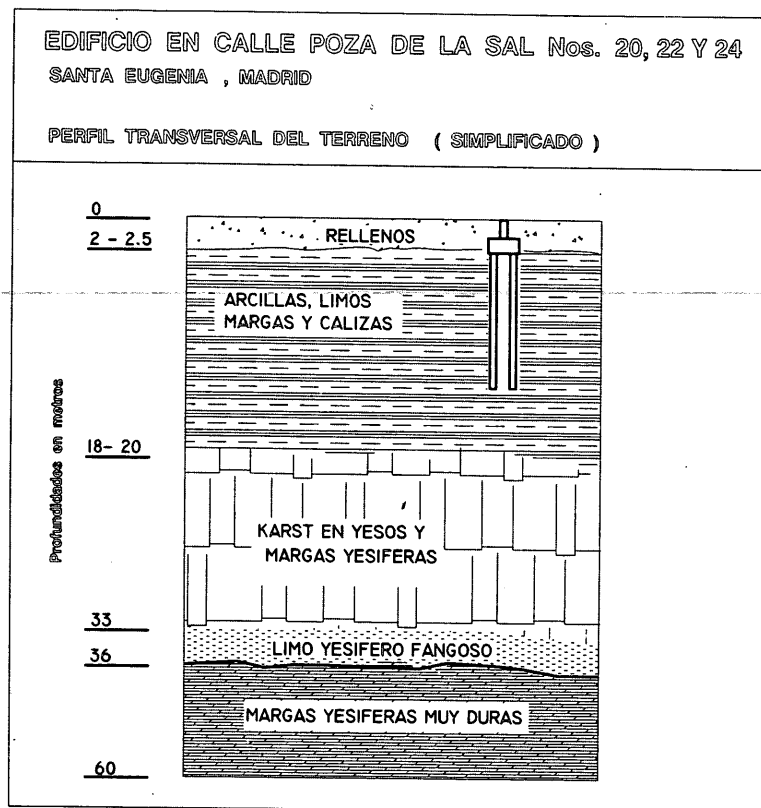


Figura 2.

extiende hasta unos 2 a 3 m de profundidad (a contar desde la solera del garaje), seguido de una sucesión de arcillas y limos de consistencia en general dura, con algunas lentes de roca calcárea, que alcanza los 18 a 20 m de profundidad. En los últimos metros de este nivel se encuentran también margas yesíferas.

A partir de estas profundidades aparecen yesos y margas yesíferas que alcanzan los 36 a 38 m.

Las exploraciones geotécnicas realizadas, han puesto de manifiesto la existencia de una gran zona karstificada en este nivel de yesos y margas yesíferas, que se extiende en profundidad entre los 20 y los 36 a 38 m, y en planta abarca la zona de máximos asientos.

En la base de este nivel existen unos 3 m de limos yesíferos que tenían consistencia fangosa.

No se ha encontrado agua freática en esta formación.

Por debajo de estos yesos se encuentran margas yesíferas muy duras, que se han explorado hasta la profundidad de 60 m.

Se ha observado la zona karstificada con una cámara de vídeo especial, introducida en los sondeos, apreciándose un conjunto de aspecto esponjoso, con cavidades de algunos decímetros de diámetro.

Se han realizado numerosos ensayos penetrométricos tipo Borros. En las figuras 3 y 4 se observan dos resultados de tales ensayos, uno realizado en una zona de baja afectación y el otro en la zona de máximos asientos.

Como puede observarse en estas figuras, en esta última zona, la resistencia a la penetración es prácticamente nula a partir de los 18 m de profundidad.

2. ACTUACIONES

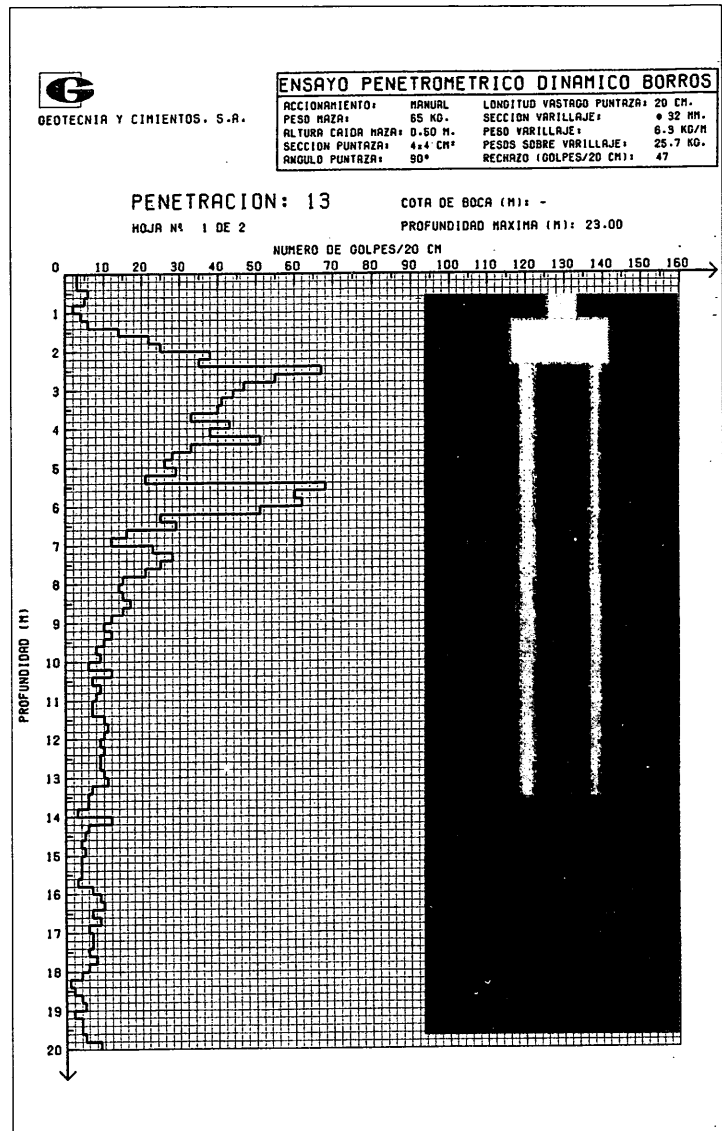
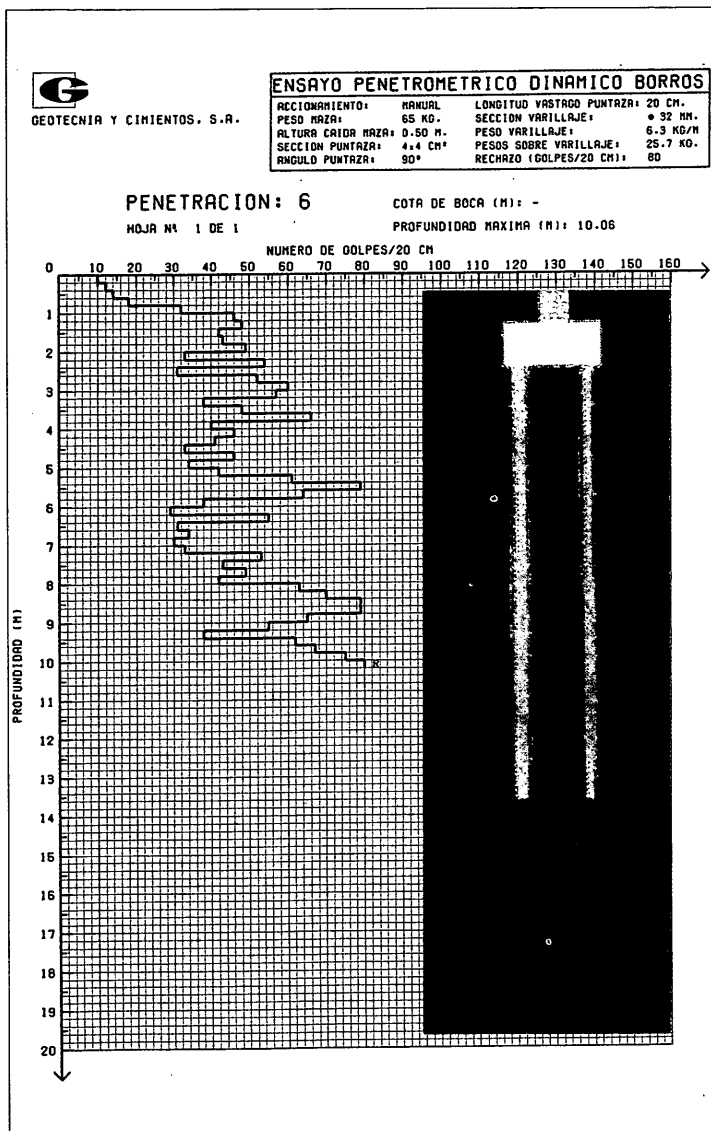
Teniendo en cuenta la evolución de los movimientos observados, y los condicionantes impuestos por la imposibilidad práctica de desalojar el edificio, se decidió adoptar las siguientes medidas:

1. Diseñar e instalar un sistema de apeos de los pilares situados en la zona de máximos asientos, con el fin de evitar el hundimiento súbito de algún pilar, transfiriendo parcial o totalmente las cargas de los pilares a la superficie del terreno mientras se llevan a cabo las tareas de recalce definitivo.
2. Recalzar la estructura mediante la técnica de las inyecciones de compactación.
3. Compensar parcial o totalmente los asientos producidos levantando en forma controlada los pilares mediante la técnica antes citada.

2.1 APEOS ACTIVOS

Estos dispositivos consisten en collares de acero fijados por fricción a cada pilar por medio de barras de acero de alta resistencia tensadas con gatos hidráulicos.

La carga del pilar se transmite a dos vigas longitudinales de acero mediante un conjunto



Figuras 3 y 4.

de 4 gatos hidráulicos, que permiten determinar la carga real actuante sobre el pilar y establecer la proporción de esta carga que se transmitirá al terreno.

Desde estas vigas se transmite la carga al terreno a través de dos conjuntos de viguetas transversales de acero apoyadas en su superficie.

La fotografía n° 3 muestra estos apeos activos.

Debido a que el nivel de rellenos no ofrecía la suficiente consistencia como para resistir las cargas que se transmitirían, se realizó la consolidación del terreno superficial mediante co-

lumnas de jet-grouting en las zonas de apoyo de las viguetas transversales en el terreno.

Se han instalado un total de 29 apeos activos en pilares, cuya localización en la planta del edificio muestra la figura 8.

Con estos dispositivos se ha controlado la distribución de las cargas del edificio sobre los pilares y su evolución con el tiempo, y se han efectuado las correcciones pertinentes cuando se han observado pilares demasiados cargados, llevando las cargas a valores en torno a los de proyecto.

Las figuras 5 y 6 muestran la evolución de las cargas en dos pilares contiguos.

Foto 3.

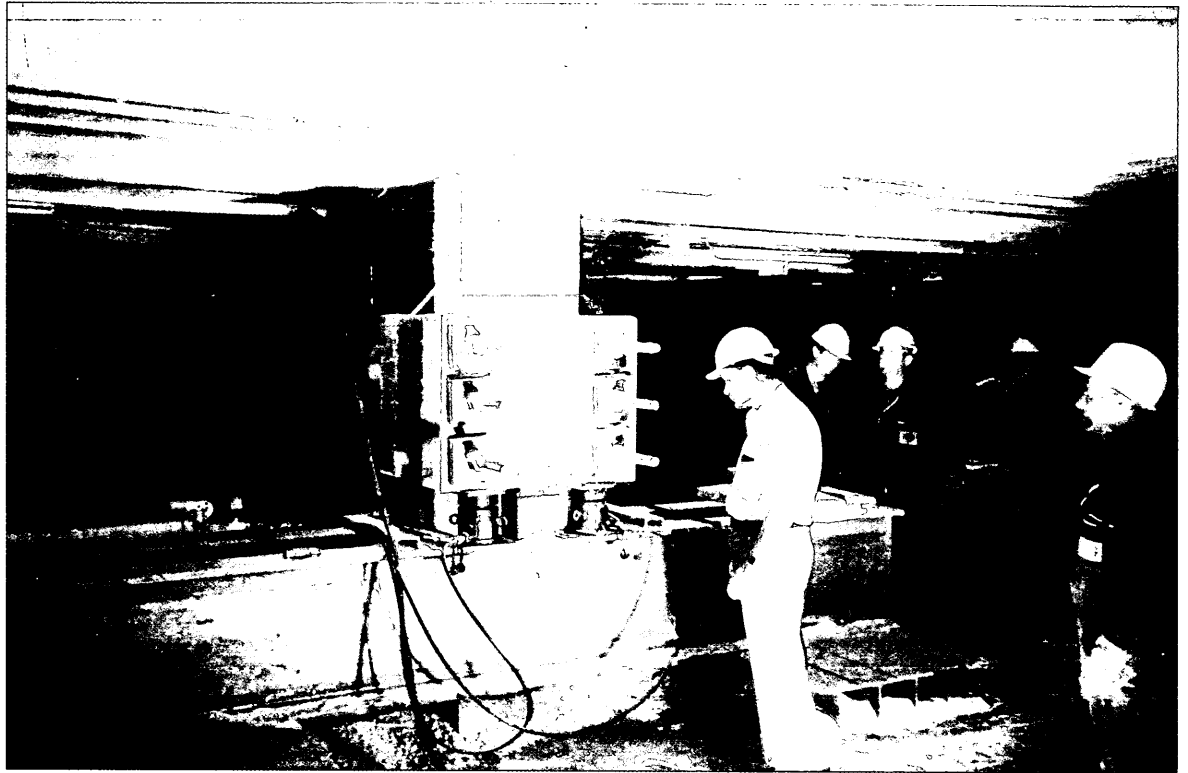
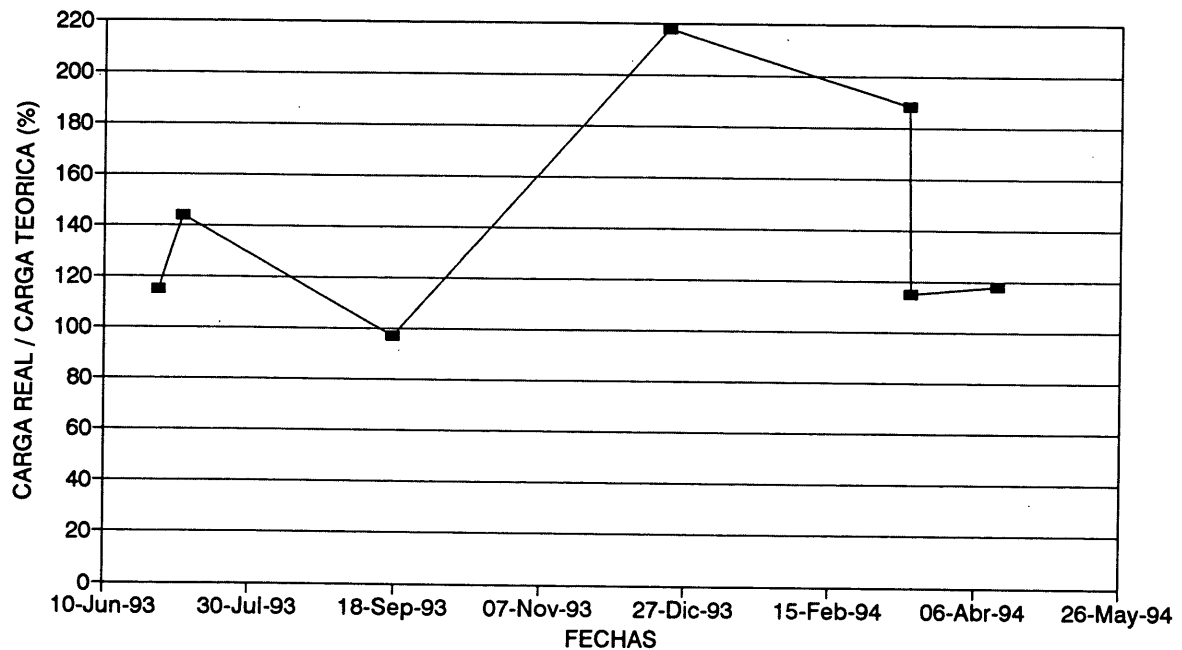


Figura 5.

EDIFICIO CALLE POZA DE LA SAL 20,22Y24 EVOLUCION EN LAS CARGAS DE PILARES



—■— PILAR 17

Como puede apreciarse, el pilar N° 17 ha estado sobrecargado excesivamente. El tramo vertical de la curva indica la descarga efectuada, a fines de febrero, mediante el procedimiento de hacer descender el pilar lo suficiente como para que su carga esté en torno a la de proyecto.

2.2. INYECCIONES DE ACONDICIONAMIENTO

Antes de realizarse las inyecciones de compactación, se realizó un tratamiento de acondicionamiento del terreno con inyecciones de mortero fluido, realizadas por vertido del mortero por gravedad en la tubería de inyección.

Este tratamiento tuvo por objeto rellenar la mayor parte de las oquedades del karst y fisuras en los yesos.

Se perforaron e inyectaron en una primera etapa 62 taladros de 42 m de profundidad, si-

tuados en el perímetro de la zona de mayores asentos, creando un recinto que evitara subsiguientes fugas del mortero.

En el interior de este recinto, se perforaron e inyectaron 72 taladros distribuidos en una malla regular.

En este conjunto de 134 taladros se inyectaron 802 m³ de mortero con una admisión media de 6 m³ por taladro y con cantidades variables entre 0 y 91 m³ en taladros individuales.

2.3. INYECCIONES DE COMPACTACIÓN

Esta técnica consiste en la introducción a presión en el terreno, de un mortero muy espeso, que suele tener un asiento en el cono de Abrams comprendido entre 0 y 7 cm.

Se inyecta el mortero mediante una tubería de unos 50 mm de diámetro, que se introduce en el taladro.

Figura 6.

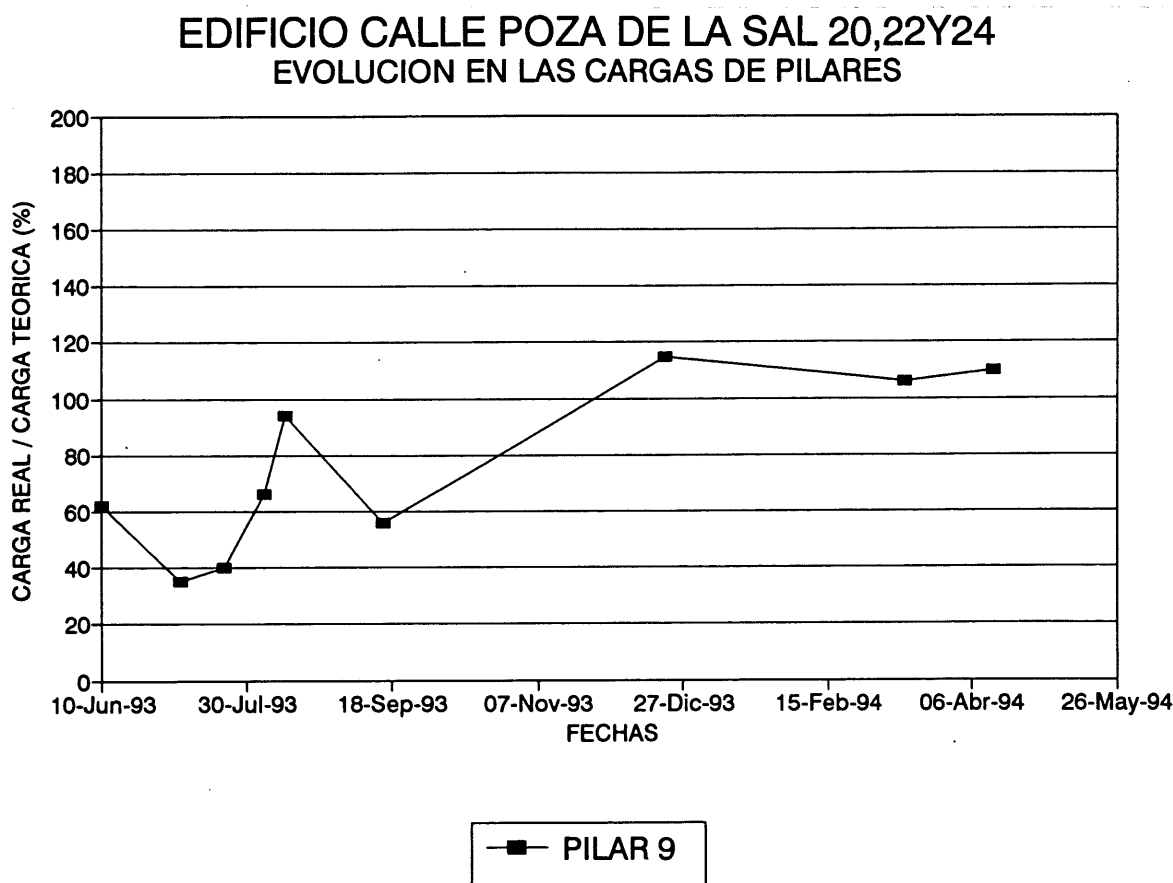


Figura 7.



Foto 4.



La inyección se realiza con una bomba especialmente diseñada para trabajar con morteros de las características señaladas, a presiones que suelen alcanzar los 40 Kg/cm^2 .

Al principio de la inyección, el mortero tiende a salir por el espacio anular entre el taladro y la tubería de inyección, pero debido a su gran consistencia se forma una obturación que permite alcanzar las presiones del proyecto. En cada fase de inyección se forma un bulbo de mortero de forma esferoidal que desplaza y compacta fuertemente el terreno hasta que se alcanza la presión o el volumen predeterminado. A continuación se levanta la tubería de inyección unos $0,50 \text{ m}$ y se reinicia el ciclo.

De este modo se obtiene una columna de mortero rodeada de un terreno fuertemente compactado.

La figura nº 7 muestra esquemáticamente una columna terminada.

A partir de cierto punto se produce un levantamiento del terreno en forma de campana invertida que abarca en la superficie un círculo con un radio aproximadamente igual a la profundidad de inyección. Este levantamiento se extiende a las estructuras apoyadas en el terreno dentro del área de influencia de la inyección y es perfectamente controlable con precisión del orden de 1 mm .

En el caso que nos ocupa se perforaron e inyectaron 60 taladros distribuidos como indica la figura nº 8.

Todos los pilares de la zona a tratar fueron provistos de regletas para nivelación topográfica de precisión apoyada en unos puntos fijos, constituidos por barras de acero situadas en taladros y ancladas al terreno a gran profundidad.

Las inyecciones se llevaron a cabo con presiones límites en torno a 35 Kg/cm^2 y finalizaban cuando se alcanzaba un levantamiento de 5 mm del pilar mas cercano al punto de inyección.

Se ha observado que los movimientos del terreno empezaban a apreciarse cuando la inyección alcanzaba profundidades de $16-17 \text{ m}$.

Los caudales de inyección han sido en general menores de $2 \text{ m}^3/\text{hora}$ y los volúmenes in-

Figura 8.

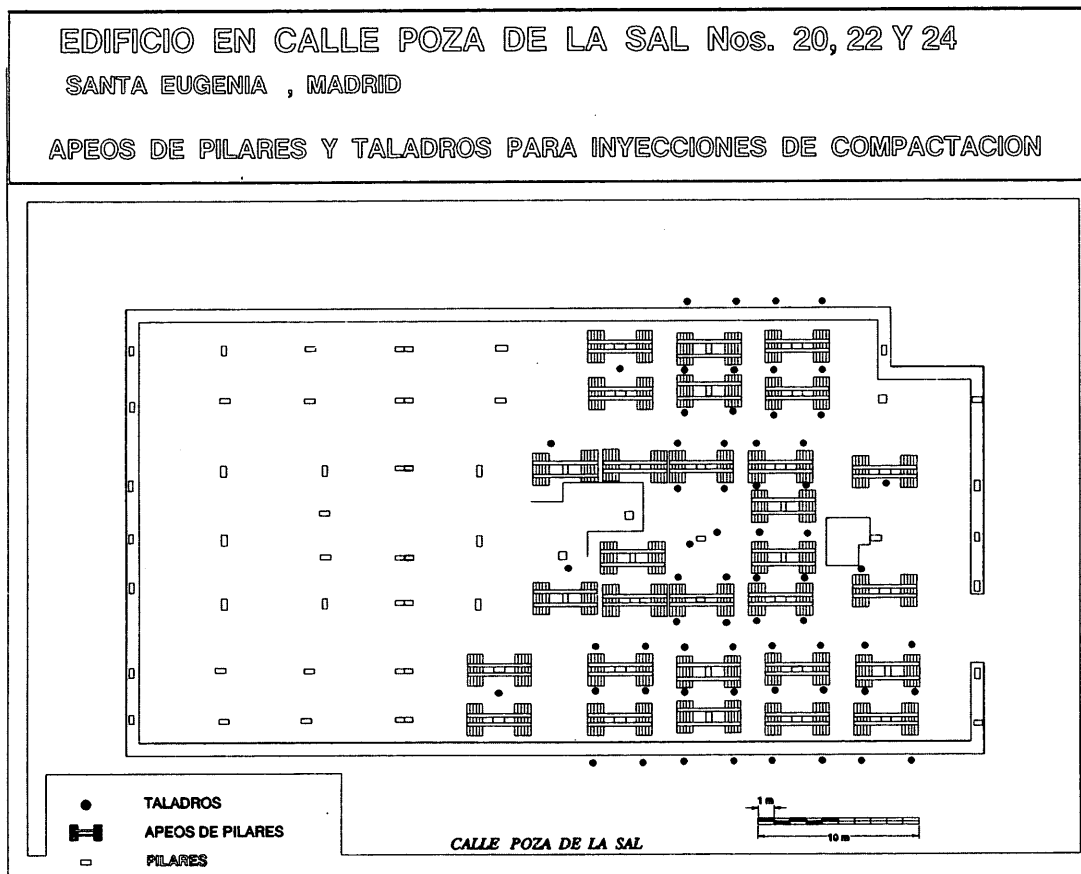
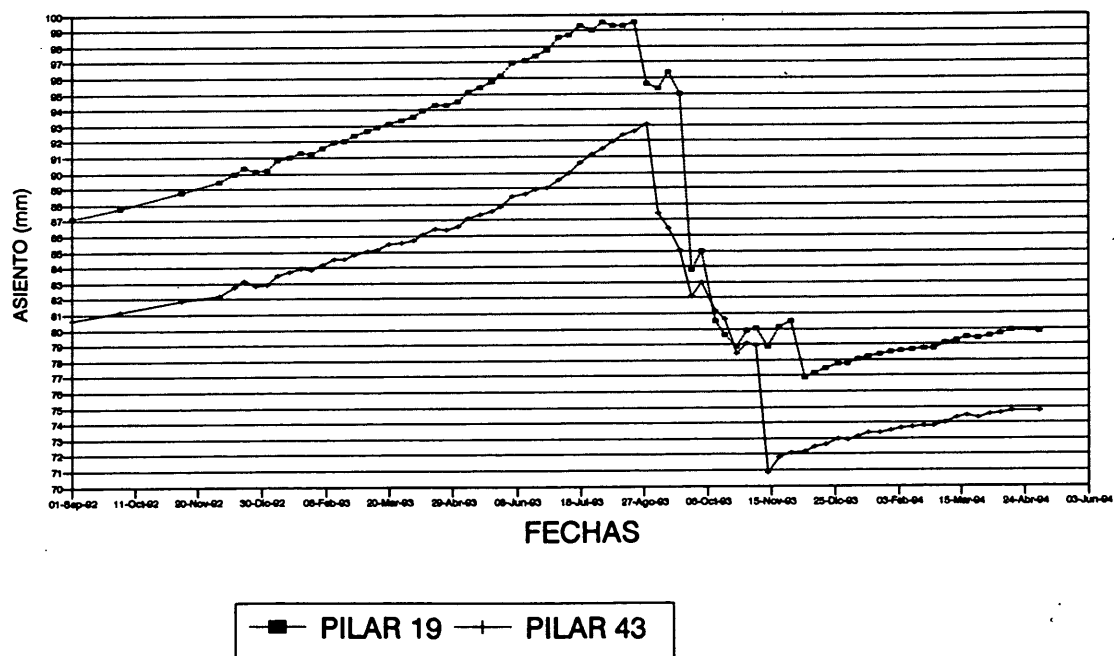


Figura 9.

EDIFICIO CALLE POZA DE LA SAL 20,22,24
ASIENTOS DE PILARES



EDIFICIO CALLE POZA DE LA SAL 20,22,24 ASIENTOS DE PILARES

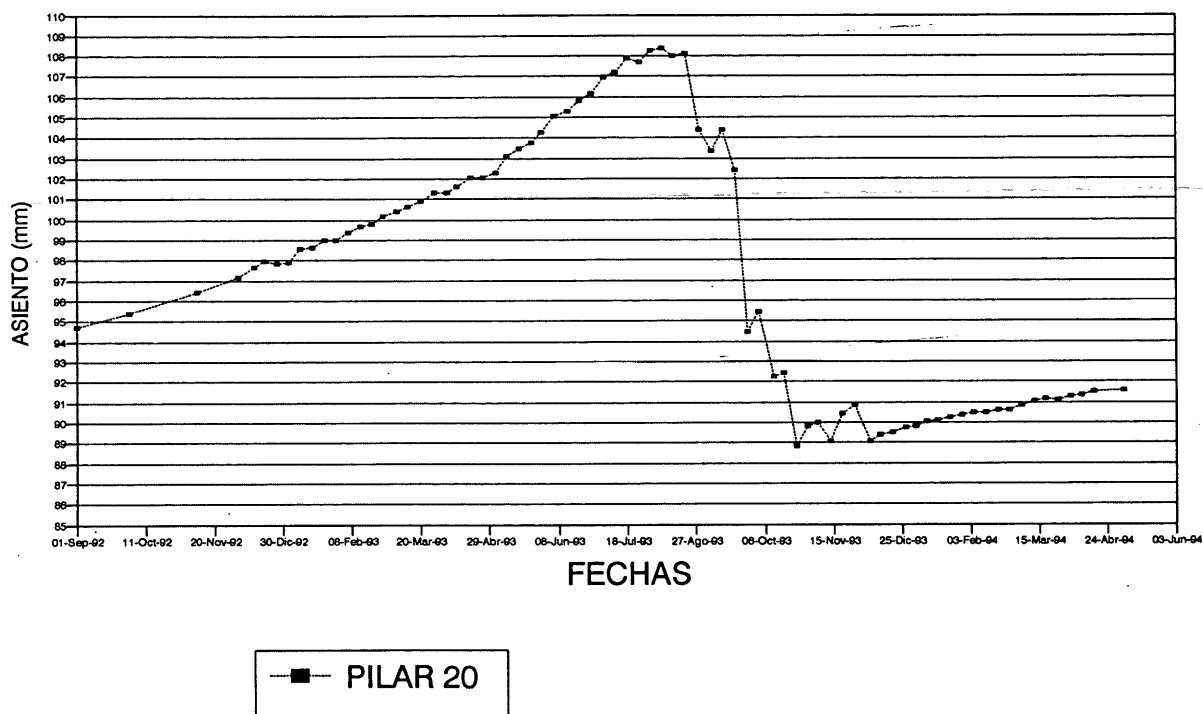


Figura 10.

EDIFICIO SANTA EUGENIA

TRABAJOS DE INYECCIONES DE COMPACTACIÓN
INYECCIÓN DEL TALADRO
CURVAS DE NIVEL OBSERVADAS

- SITUACIÓN DEL TALADRO INYECTADO
- SITUACIÓN DE LOS PILARES CONTROLADOS

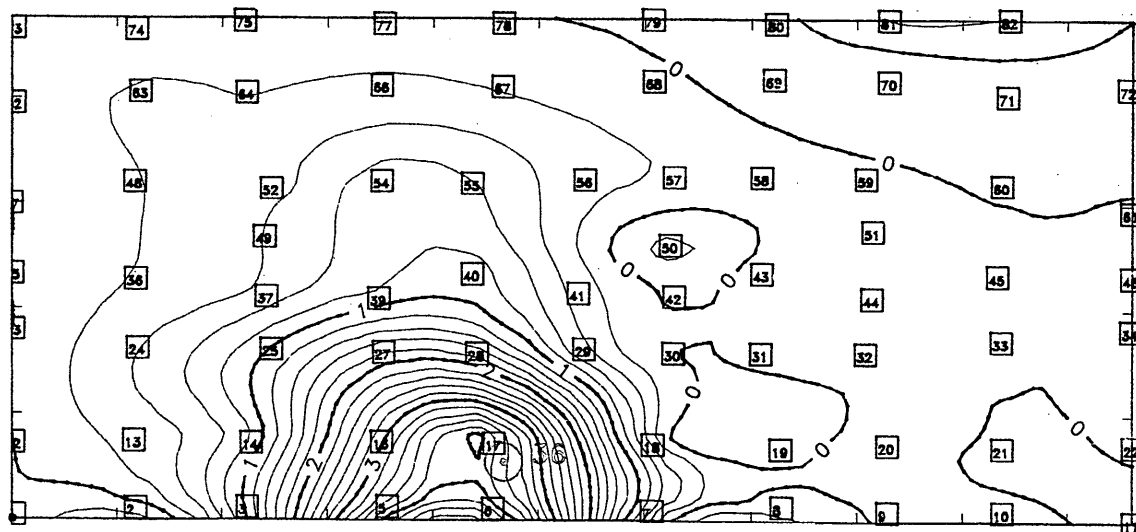


Figura 11.

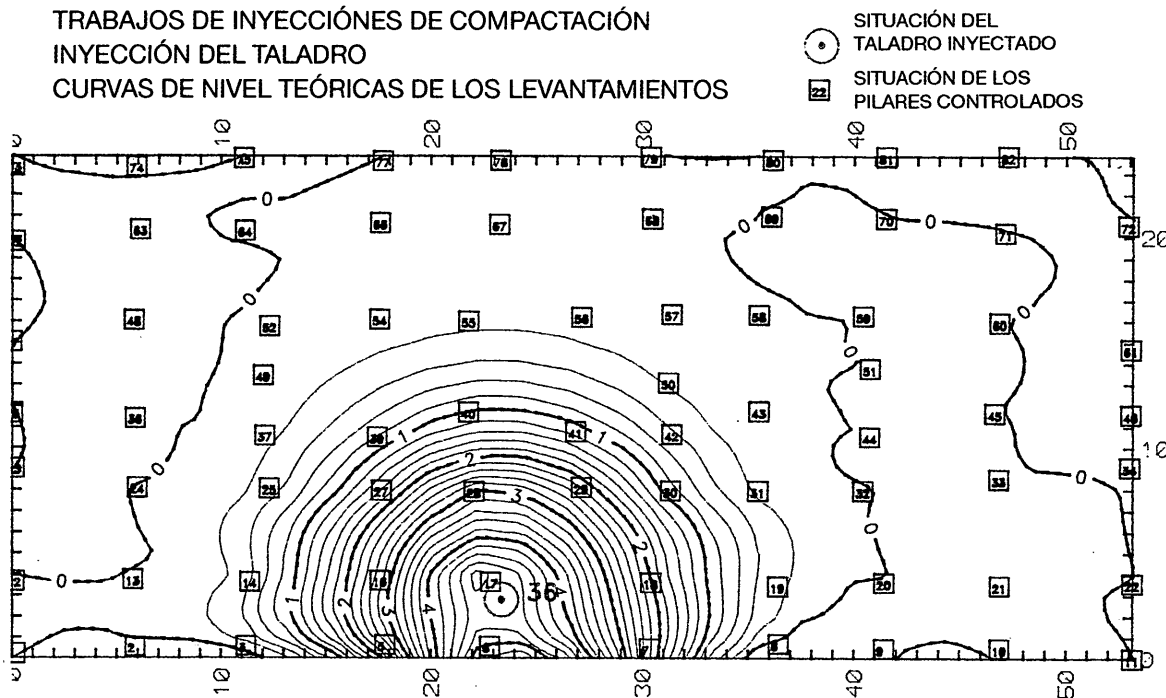
Figura 12.

EDIFICIO SANTA EUGENIA

TRABAJOS DE INYECCIONES DE COMPACTACIÓN

INYECCIÓN DEL TALADRO

CURVAS DE NIVEL TEÓRICAS DE LOS LEVANTAMIENTOS



yectados han tenido una media de 12 m^3 por taladro, con admisiones variables entre 0 y 4 m^3 por metro de taladro, con una media de unos $0,5 \text{ m}^3/\text{m}$.

En las figuras n° 9 y 10 se aprecian los levantamientos producidos en un grupo de pilares y en las figuras nos 11 y 12 se muestran las curvas de nivel teóricas y las realmente obtenidas de los levantamientos producidos en la inyección de un taladro determinado.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

A fines de noviembre de 1993 se suspendieron los trabajos de inyección con el objeto de observar el comportamiento del edificio.

De acuerdo con las mediciones realizadas, en este período se han producido asientos máximos del orden de $3,5 \text{ mm}$ (en 10 meses). Esto indica que la velocidad de asientos es actual-

mente del orden de la tercera parte de la observada antes de los tratamientos.

Se han realizado sondeos hasta alcanzar el nivel de limos yesíferos (que tenían consistencia de fango), comprobándose que han adquirido una consistencia dura con resistencias a compresión simple variables entre 1 y 3 Kg/cm^2 .

Se ha comprobado que en la actualidad todos los pilares apeados tienen cargas situadas en el entorno de la carga teórica.

Mediante extensómetros de varillas, se ha comprobado que los asientos remanentes tienen valores similares tanto en profundidad (a 30 m) como en la superficie.

En la actualidad se están llevando a cabo las tareas preliminares para el inicio de la fase final de recalce y levantamiento, que se dará por concluida cuando se observe el cese de los movimientos y se hayan compensado una proporción significativa de los asientos. ●