

**GEOCISA**

# Patologías y Recalces

**Riccardo Oprandi**

**MEng Civil Engineering (UK)**



- 1. Patologías derivadas de problemas en la cimentación**
- 2. Tipos de suelos potencialmente peligrosos**
  - **Suelos colapsables RELLENOS**
  - **Arcillas expansivas**
  - **Suelos disolubles YESOS**
  - **Suelos muy blandos y deformables.**
- 3. Técnicas de recalce**
  - **Recalces convencionales**
  - **Micropilotes**
  - **Inyecciones**
  - **Jet grouting**



Problema de cimentación -> Asientos diferenciales -> fisuras y grietas

Importancia fisuras y grietas en función de la magnitud de la distorsión angular ( $\beta$ ) :

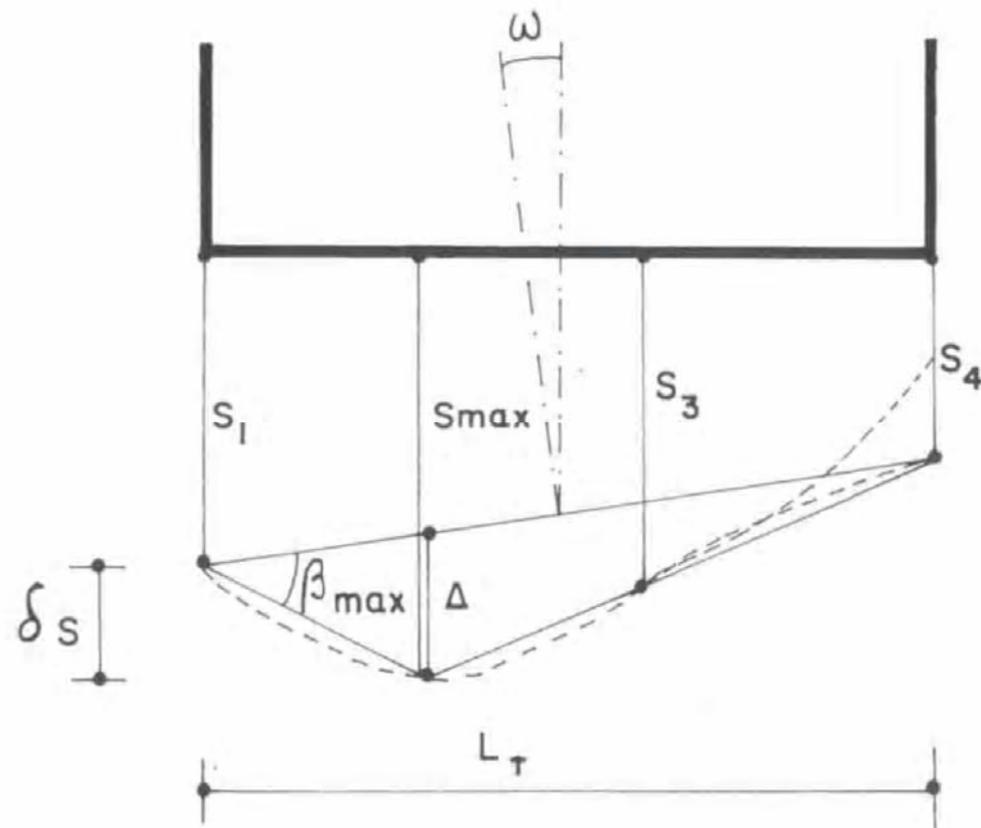
$$\beta = \delta s / L$$

Edificios porticados de hormigón:

1/500 fisuras

1/300 grietas

1/150 daños estructurales



**Fisuras a < 5mm**

**Grieta a > 5mm**

### Building Research Establishment (BRE) Clasificación de daños

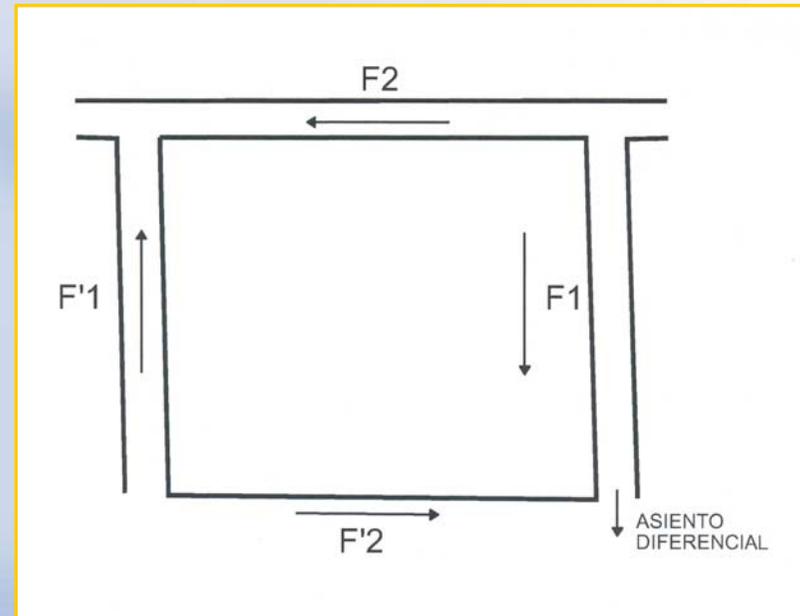
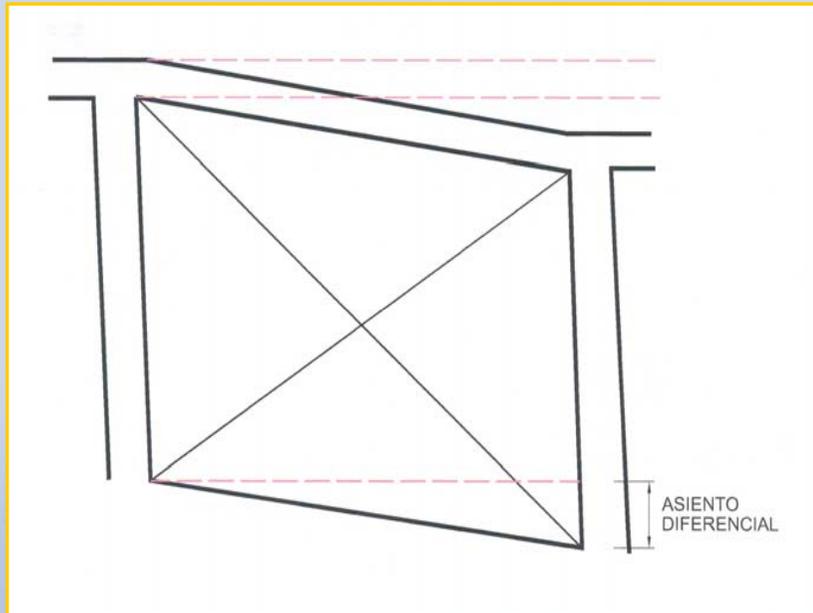
Categoría de daño	Descripción del daño típico	Anchura aproximada de las fisuras o grietas
Insignificante (0)	Fisuras capilares internas	<0.1 mm
Muy leve (1)	Los daños muy leves incluyen fisuras visibles que puedan ser tratadas fácilmente durante la decoración	1mm
Leve (2)	Los daños leves incluyen fisuras que puedan ser fácilmente rellenadas o redecoradas, algunas fracturas leves que pudieran aparecer y que dejaran ver el interior del edificio.	5mm
Moderado (3)	Los daños moderados incluyen grietas que requieran ser abiertas y que puedan ser parcheadas por un obrero.	De 5mm a 15 mm o un número de grietas o fisuras > 3
Grave (4)	Los daños graves incluyen grietas grandes que requieran trabajos importantes de reparación y que conlleven fractura y posterior sustitución de secciones de pared, puertas y marcos de ventana deformados, pisos inclinados visiblemente, paredes en estado precario, pérdidas de punto de apoyo en vigas	De 15mm a 25 mm, pero también en función del número de fisuras o grietas
Muy Grave (5)	Los daños muy graves por lo general son aquellos que requieren un trabajo de reparación de gran calibre que suponga reconstrucción total o parcial, pérdida de los puntos de apoyo de las vigas, paredes en estado pésimo que requieran apuntalamiento o soporte, rotura de ventanas con distorsión y peligro de inestabilidad estructural.	> 25 mm, pero también depende del número de fisuras o grietas

DEFORMACIONES MÁXIMAS EN ESTRUCTURAS DESDE EL ORIGEN DE SU CONSTRUCCIÓN		
OBRAS DE TUNELES METRO EN MADRID		
TIPO DE ESTRUCTURA	ASIENTO (mm)	DISTORSIÓN ANGULAR
Edificios monumentales	15	1/1500
Muros de carga	15	1/750
Porticada de hormigón armado	25	1/500
Porticada de hormigón armado con más de 10 alturas	20	1/750
Porticada metálica o mixta	30	1/400

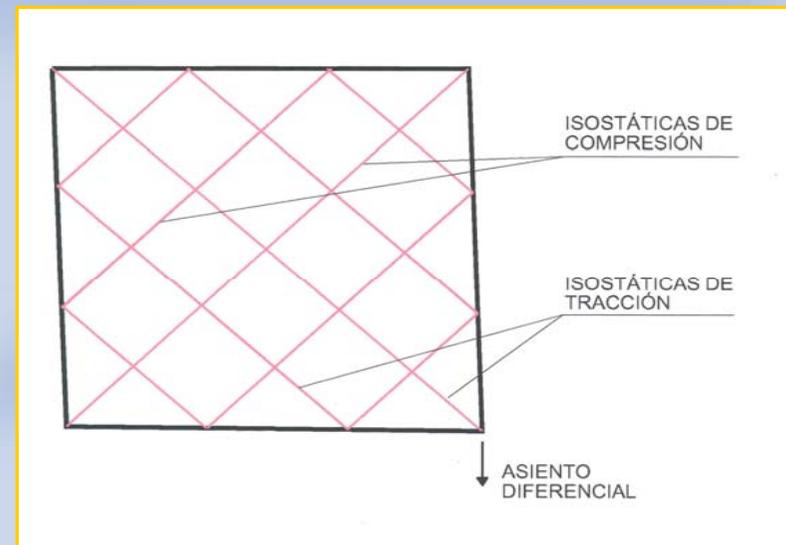
**Estructuras más rígidas admiten menos distorsión**

**Se debe tener en cuenta la distorsión del edificio desde el origen de su construcción.**

**Asientos causan fisuras / grietas típicas inclinadas a 45°**



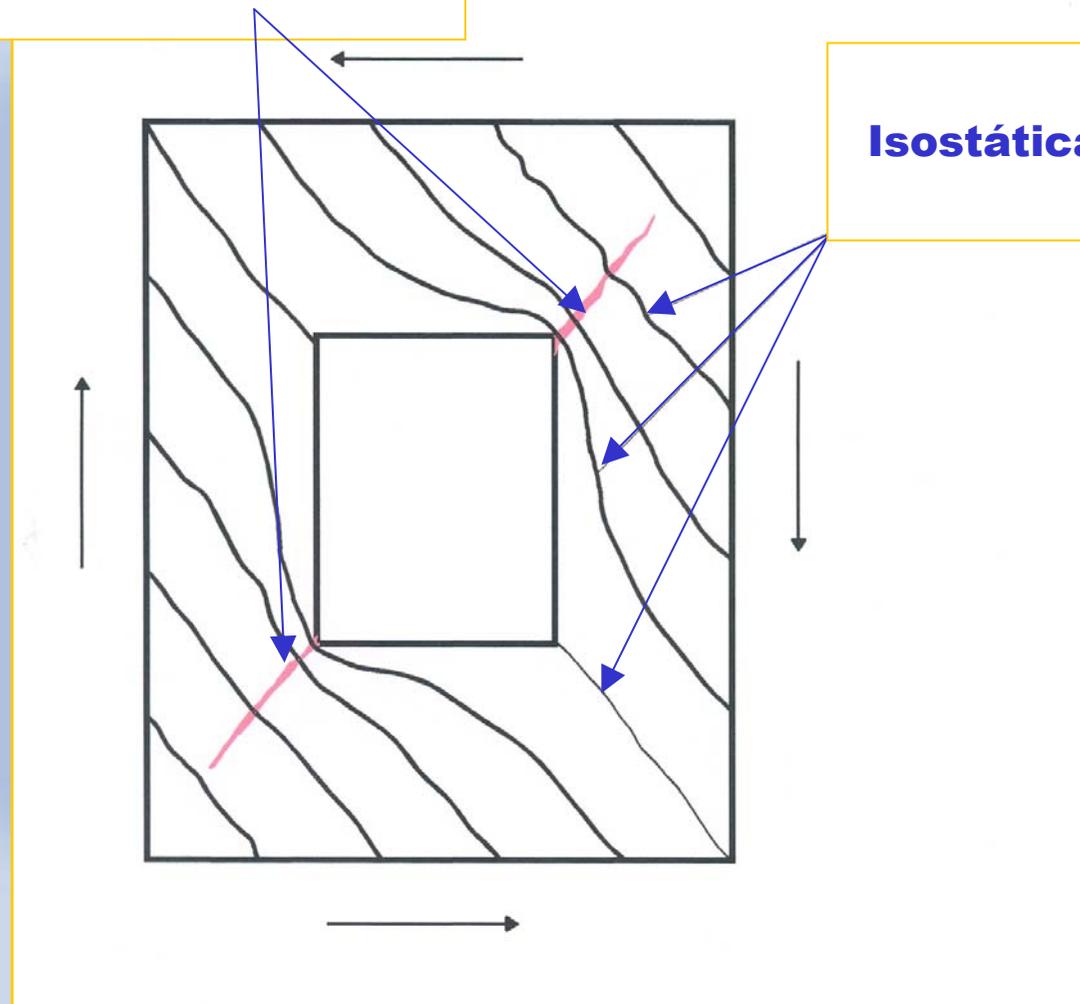
- **Asiento diferencial -> esfuerzos y tensiones**
- **Tracción -> grietas**
- **Grietas siguen trayectoria de isostáticas de compresión (perpendiculares a las tensiones principales de tracción)**

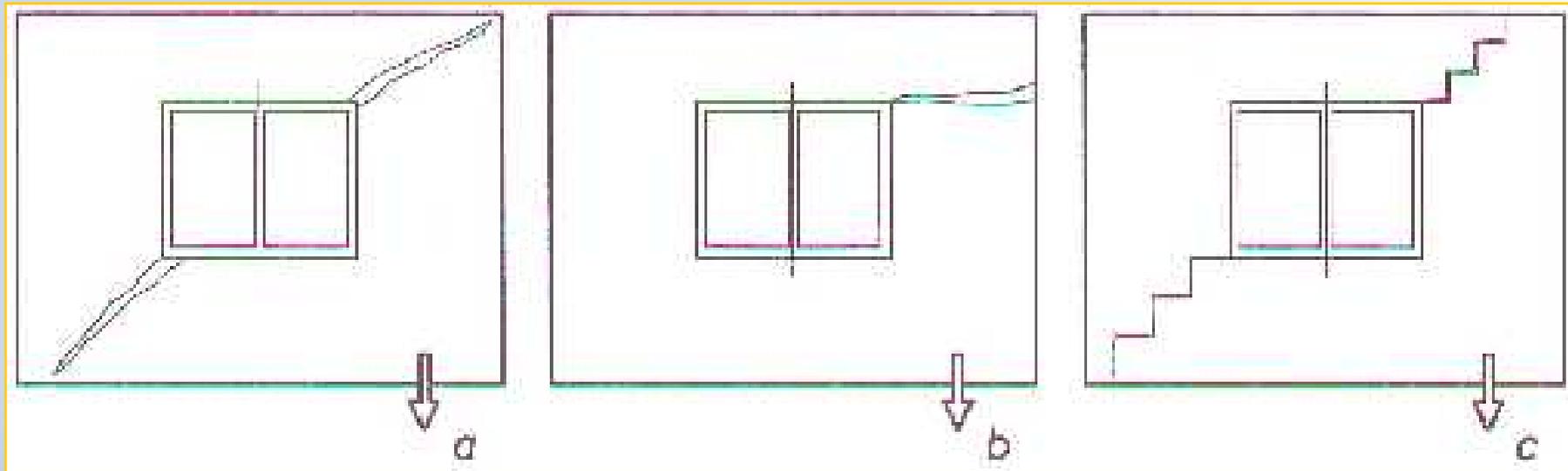


**Inicio fisuras:  
Zona de máximas tracciones**

**Cerramientos con huecos**

**Isostáticas de tracción**

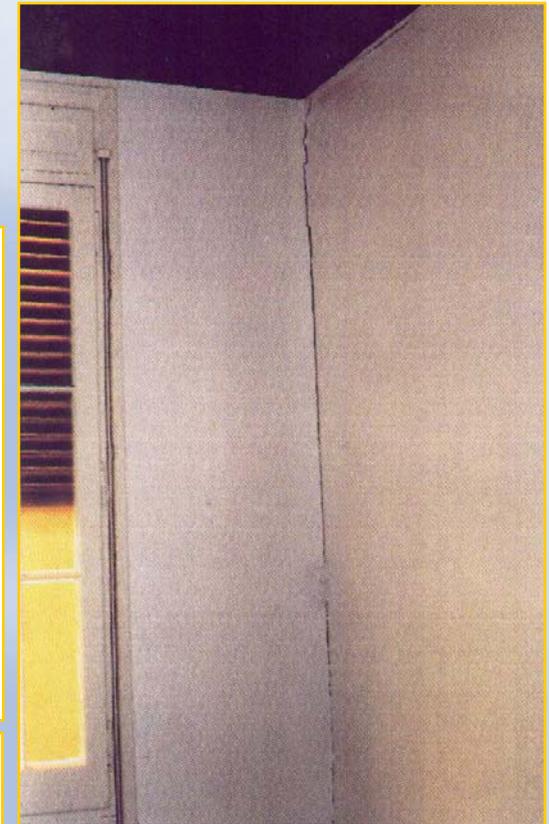
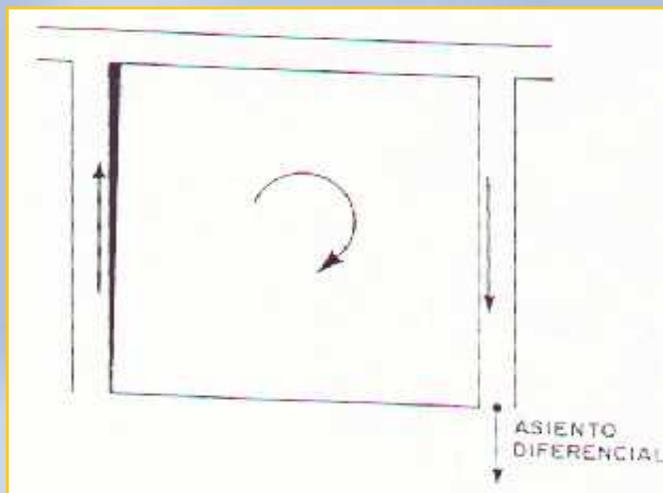
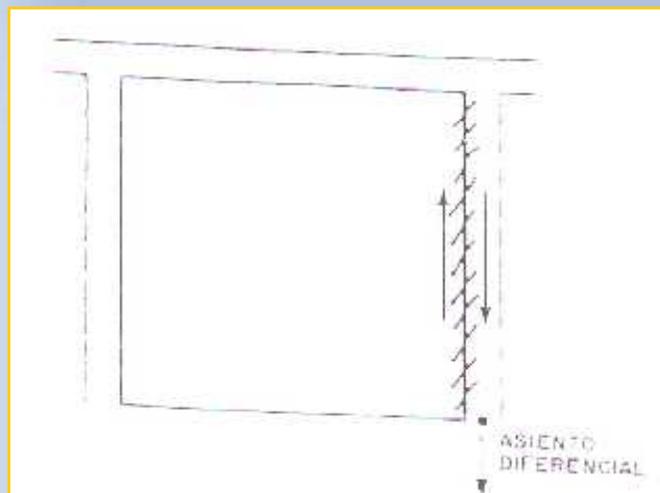
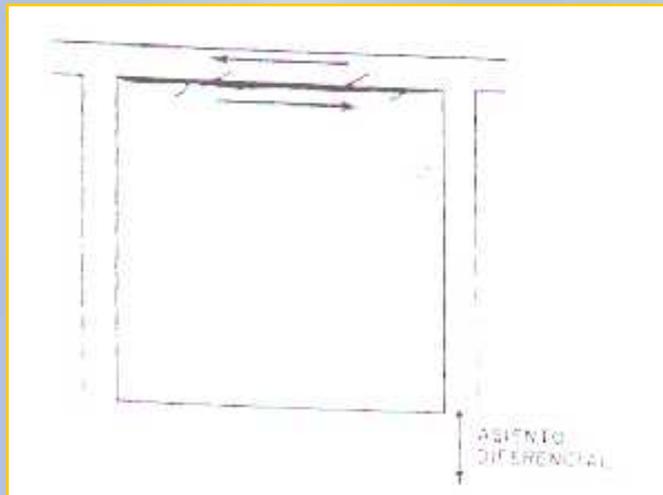
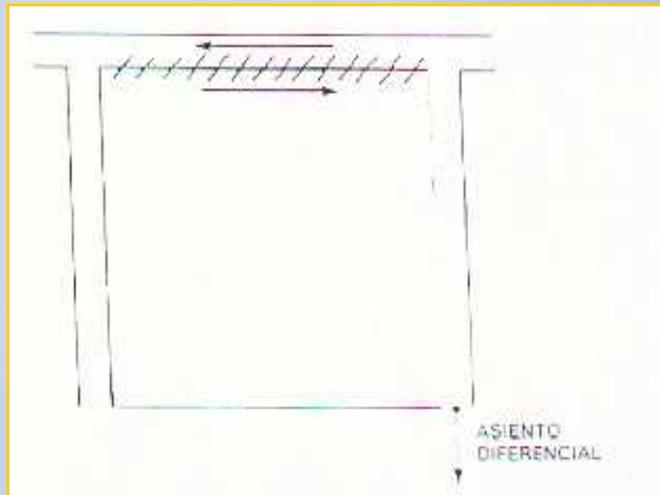




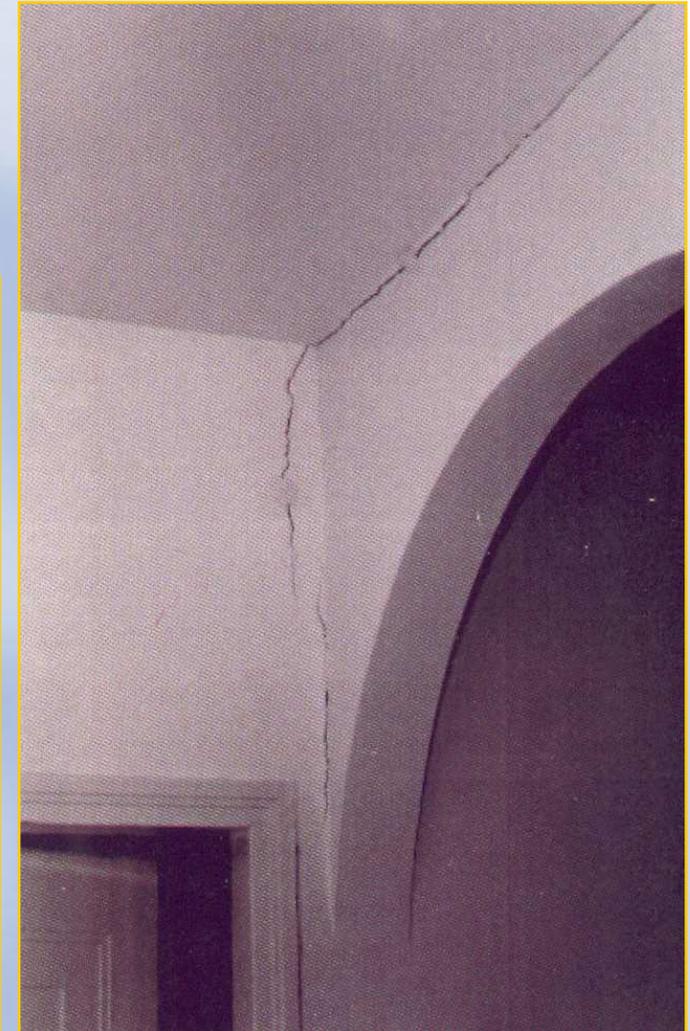
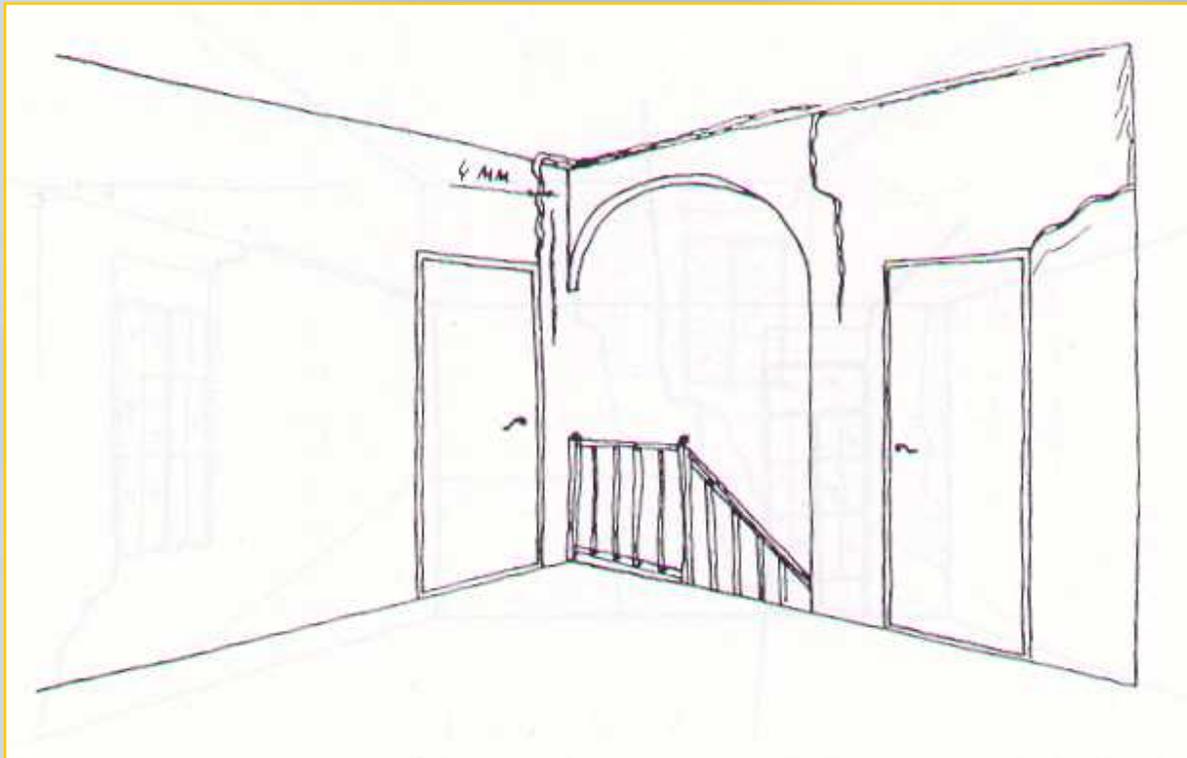
- a.- Caso de fábrica homogénea
- b.- Cuando hay una línea de discontinuidad
- c.- Caso de fábrica de ladrillo

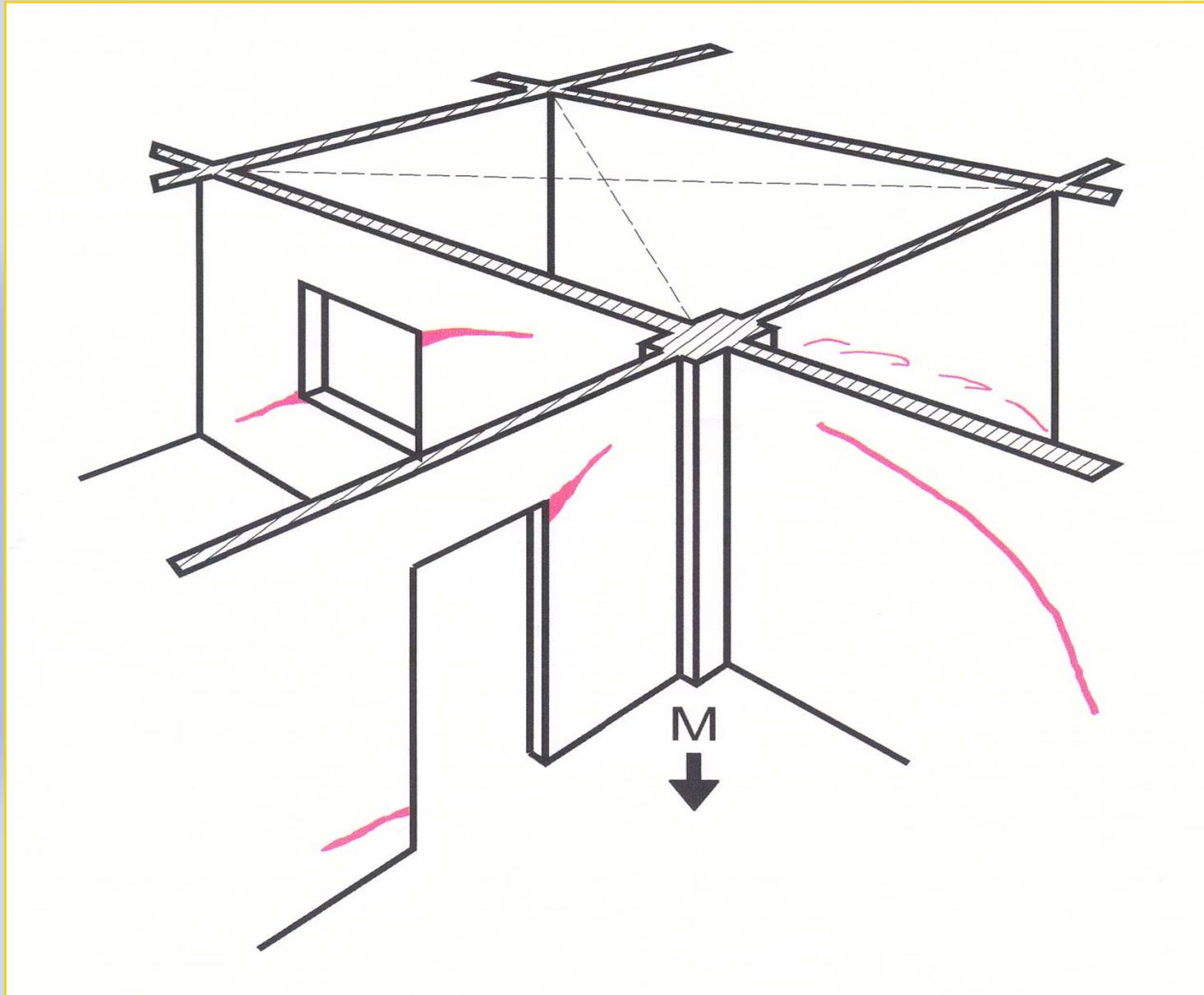


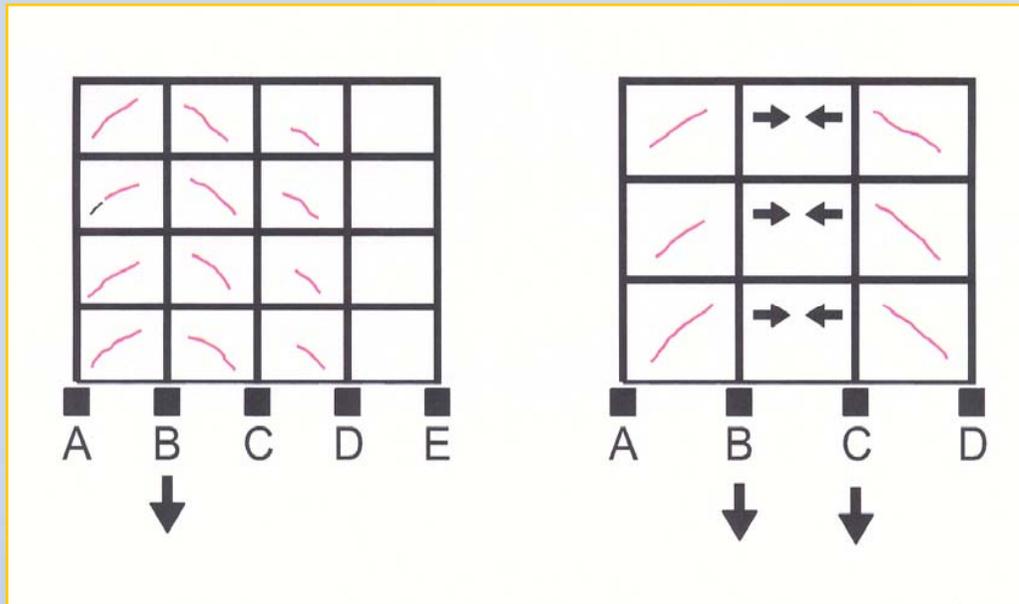
**Roturas y/o despegues en juntas entre tabiques con vigas o pilares (planos de debilidad)**



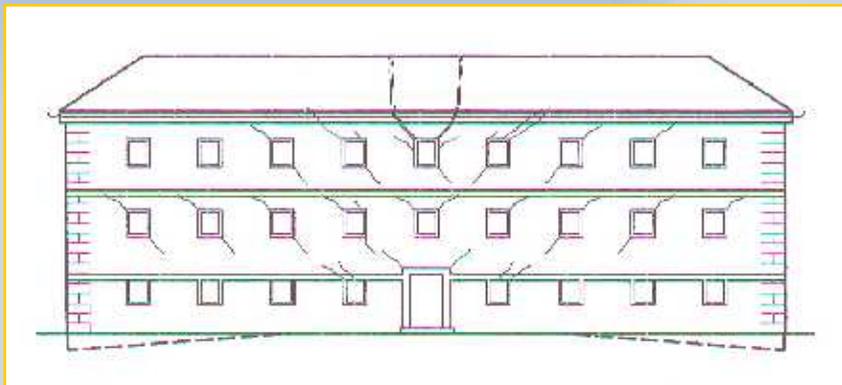
- Despegue entre tabique y techo
- Despegue entre tabique y pilar
- Fisuras inclinadas a  $45^\circ$







- Siguen líneas de isostáticas de compresión
- Edificios se comportan como vigas de gran canto.
- Se enmascara con los zunchos y forjados
- Deformaciones convexas, de **QUEBRANTO**
- Deformaciones tipo **ARRUFO** con formación de arcos de descarga

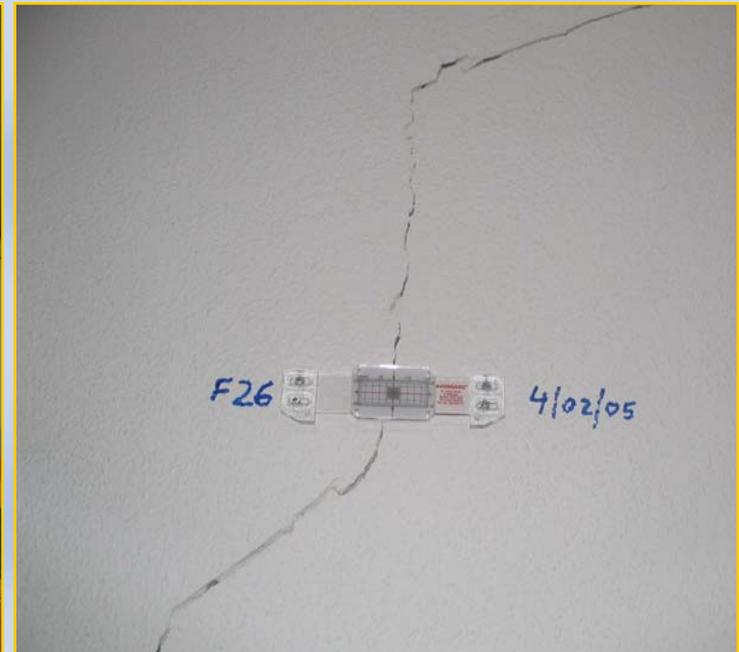
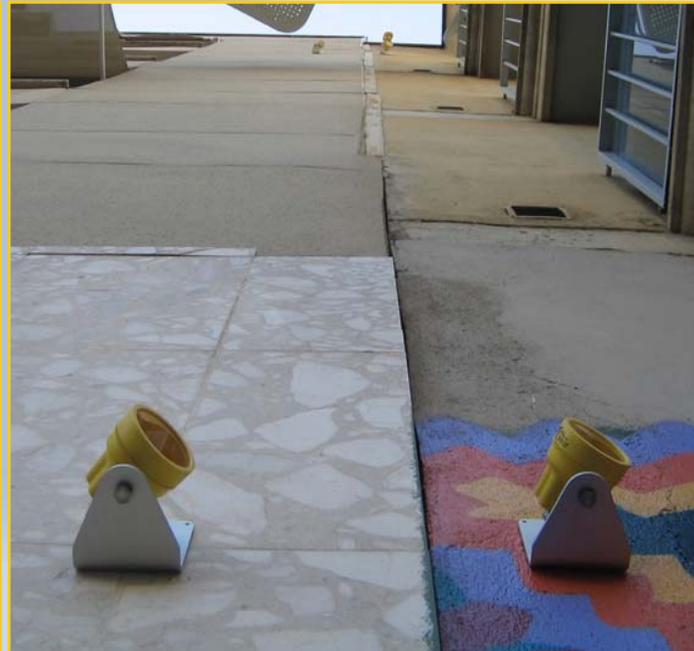


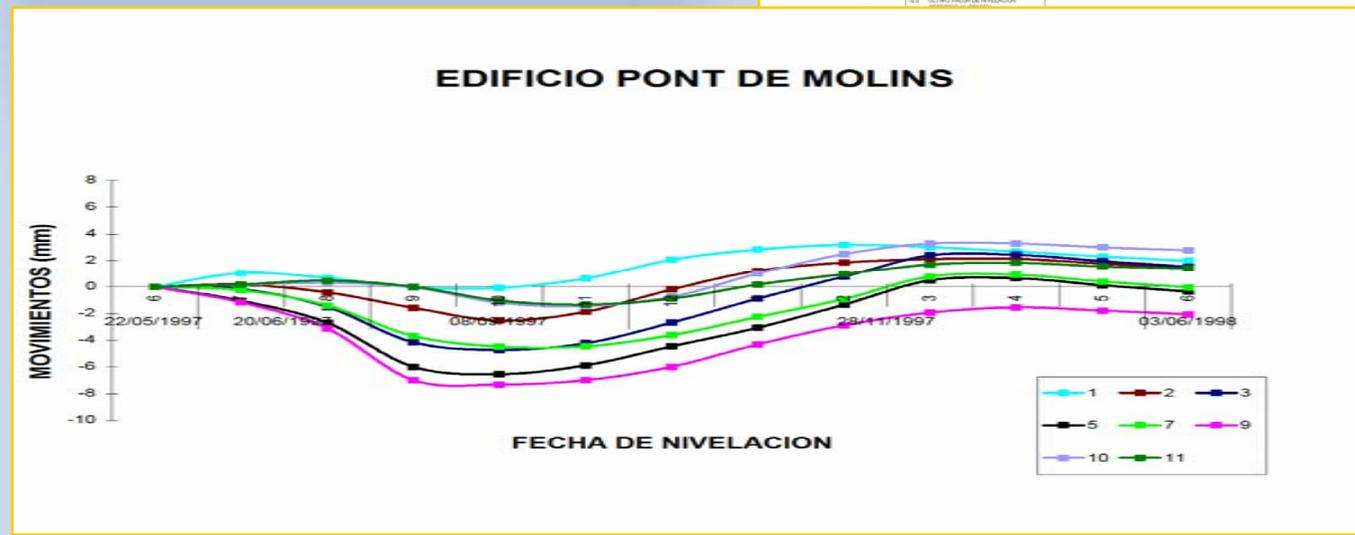
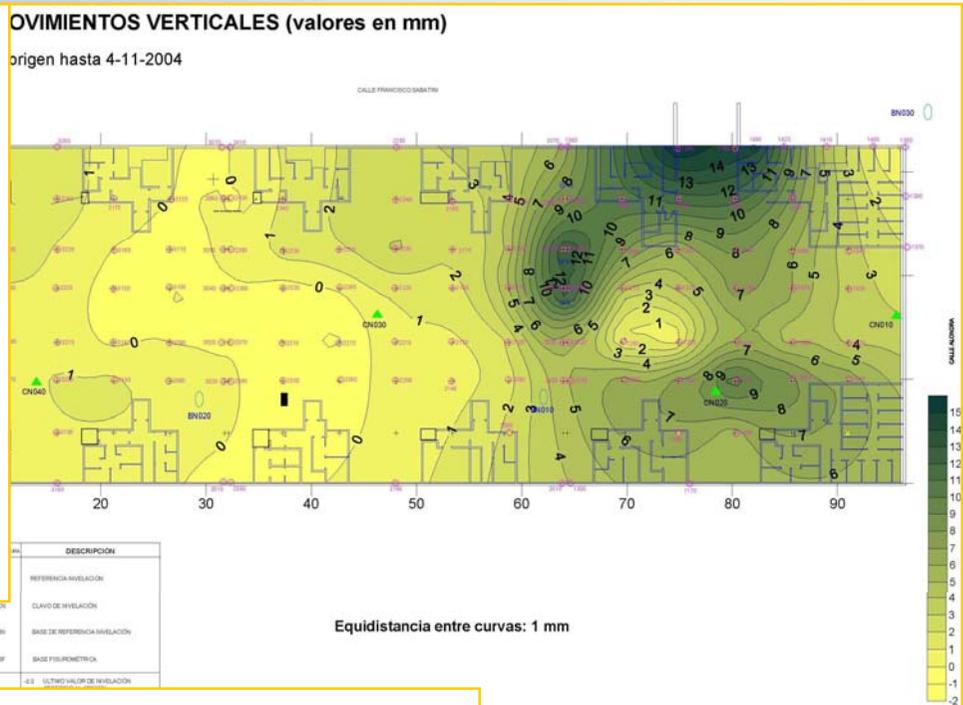
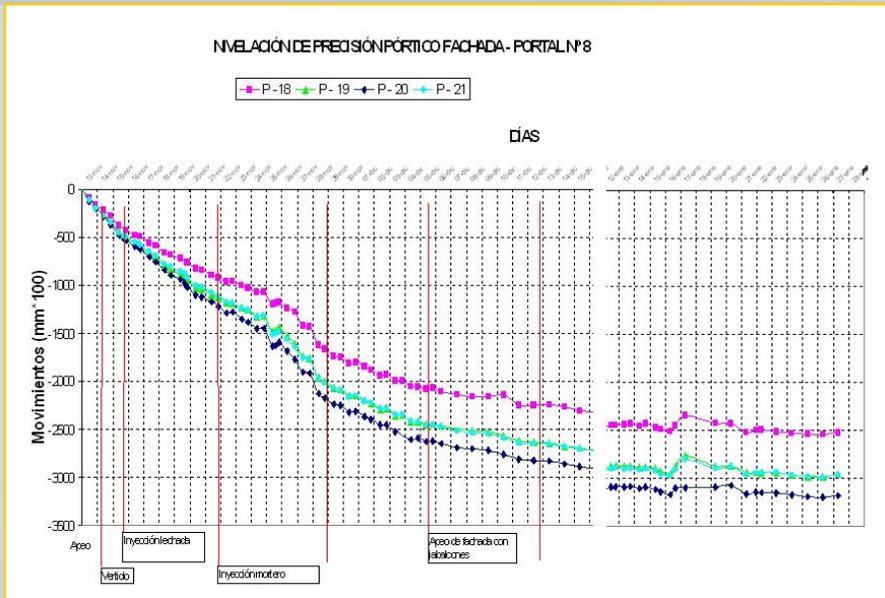
**Quebranto**



**Arrufo**

- Levantamiento de daños
- Instrumentación y seguimiento de movimientos para determinar si daños corresponden a asientos pasados o proceso activo
- Regletas de nivelación, convergencias, fisurómetros, dianas para medir desplomes





Es conveniente la instrumentación y seguimiento durante al menos 1 año

VELOCIDAD DE ASIENTOS-MOVIMIENTOS	NECESIDAD DE INTERVENCIÓN
Nula	Reparaciones estructurales y acabados
1 mm/año	Posible estabilización Revisión servicios y entorno Plantear recalce según estado del edificio
1 mm/mes	Plantear recalce
1 mm/día	Apeo y descarga. No aconsejable recalce

**Según: Jose Maria Rodríguez Ortiz**

- **Se decide si recalzar según estado del edificio, velocidad y tendencias de asientos**

### **Suelos potencialmente peligrosos**

- 1. Suelos colapsables – RELLENOS**
- 2. Arcillas expansivas**
- 3. Suelos disolubles: YESOS**
- 4. Suelos muy blandos y deformables**



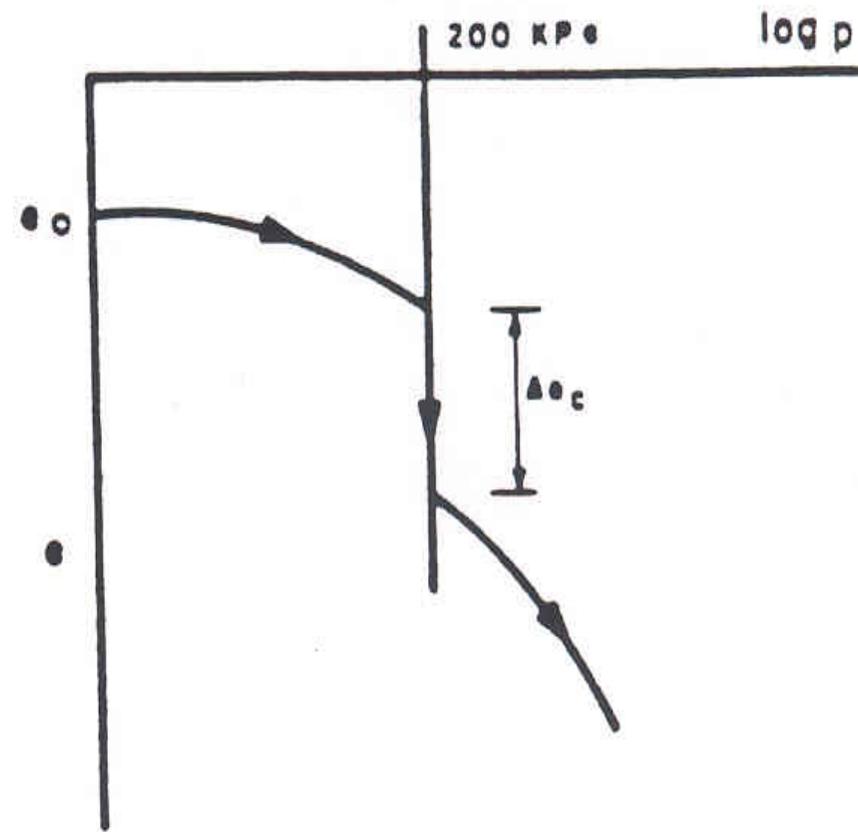
- Los rellenos granulares no compactados, e incluso los compactados del lado seco de la óptima, pueden ser colapsables
- Un suelo colapsable es un suelo no-saturado que sufre un asiento instantáneo ante inundación (entre 3 y el 5%)
- Rellenos y también suelos naturales de estructura floja, como los limos yesíferos y los loess

**C.P.**

<b>0-1</b>	<b>Ningún problema</b>
<b>1-5</b>	<b>Problema moderado</b>
<b>5-10</b>	<b>Problema</b>
<b>10-20</b>	<b>Problema severo</b>
<b>&gt; 20</b>	<b>Problema muy severo</b>

El colapso potencial se define como:

$$C. P. = \frac{\Delta e_c}{1 + e_0} \cdot 100$$





- Relleno de arena con un espesor de 7.5 m
- Lluvias fuertes → inundación del terreno → colapso → asentamientos

### Arcillas que cambian de volumen con la humedad

- Arcillas muy plásticas (montmorillonita)
- Cambian de volumen en estado no-saturado
- Afectan a amplias zonas de España, por su meteorología

### Evaluación del potencial expansivo:

### Ensayos de laboratorio de identificación (límite líquido y índice plástico)

### Si existe potencial expansivo:

- Hinchamiento de Lambe
- Presión de hinchamiento
- Hinchamiento Libre

Tabla 43.1.  
Criterios de expansividad

Criterio	Baja	Media	Alta	Muy alta
Límite de retracción LR (%)	<15	12 a 16	8 a 12	<10
Índice plástico IP (%)	<18	15 a 28	25 a 40	>35
Límite líquido LL (%)	<30	30 a 40	40 a 60	>60
Contenido de finos <# 200 (%)	<30	30 a 60	60 a 95	>95
Contenido de arcilla <0,002 mm (%)	<15	13 a 23	20 a 30	>30
Actividad	<0,5	0,5 a 0,7	0,7 a 1,0	>1,0
Índice PVC Lambe	<2	2 a 4	4 a 6	>6
Presión de hinchamiento (daN/mm <sup>2</sup> )	<0,3	0,3 a 1,2	1,2 a 2,5	>2,5
Hinchamiento en superficie (cm)	<1	1 a 2	2 a 5	>5
Índice de desecación (fin del verano)	>1,0	1,0 a 0,8	0,8 a 0,6	< 0,6
Ensayo estándar SPT (golpes/30cm)	<10	10 a 20	20 a 30	>30

### Arcillas que cambian de volumen con la humedad

- Arcillas muy plásticas (montmorillonita)
- Cambian de volumen en estado no-saturado
- Afectan a amplias zonas de España, por su meteorología

### Evaluación del potencial expansivo:

### Ensayos de laboratorio de identificación (límite líquido y índice plástico)

### Si existe potencial expansivo:

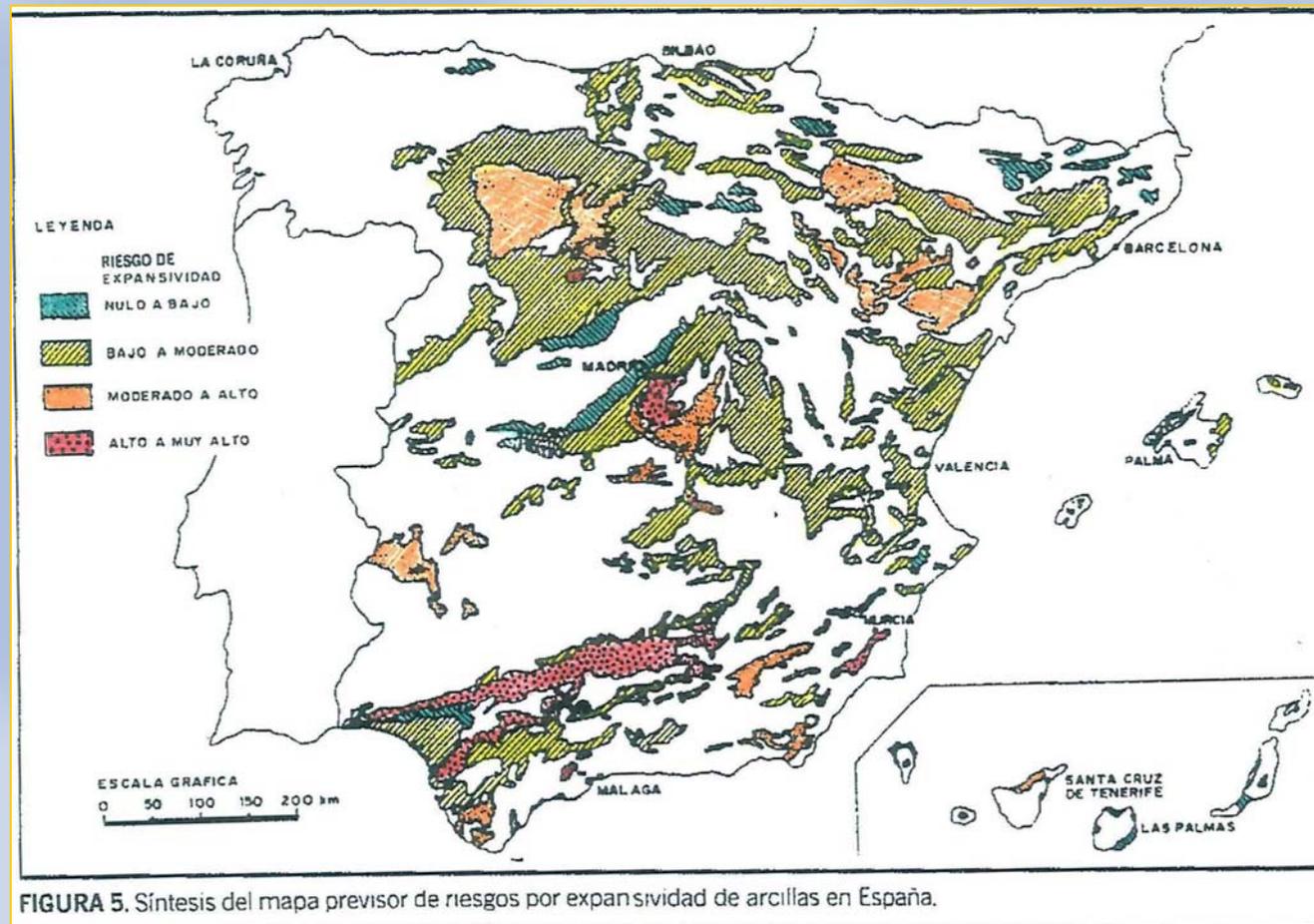
- Hinchamiento de Lambe
- Presión de hinchamiento
- Hinchamiento Libre

Tabla 43.1.  
Criterios de expansividad

Criterio	Baja	Media	Alta	Muy alta
Límite de retracción LR (%)	<15	12 a 16	8 a 12	<10
Índice plástico IP (%)	<18	15 a 28	25 a 40	>35
Límite líquido LL (%)	<30	30 a 40	40 a 60	>60
Contenido de finos <# 200 (%)	<30	30 a 60	60 a 95	>95
Contenido de arcilla <0,002 mm (%)	<15	13 a 23	20 a 30	>30
Actividad	<0,5	0,5 a 0,7	0,7 a 1,0	>1,0
Índice PVC Lambe	<2	2 a 4	4 a 6	>6
Presión de hinchamiento (daN/mm <sup>2</sup> )	<0,3	0,3 a 1,2	1,2 a 2,5	>2,5
Hinchamiento en superficie (cm)	<1	1 a 2	2 a 5	>5
Índice de desecación (fin del verano)	>1,0	1,0 a 0,8	0,8 a 0,6	< 0,6
Ensayo estándar SPT (golpes/30cm)	<10	10 a 20	20 a 30	>30

Arcillas que cambian de volumen con la humedad

- Arcillas muy plásticas (montmorillonita)
- Cambian de volumen en estado no-saturado
- Afectan a amplias zonas de España, por geología y climatología



### Evaluación del potencial expansivo:

- Ensayos de laboratorio de identificación (límite líquido y índice plástico)

### Si existe potencial expansivo:

- Hinchamiento de Lambe
- Presión de hinchamiento
- Hinchamiento Libre

Tabla 43.1.  
Criterios de expansividad

Criterio	Baja	Media	Alta	Muy alta
Límite de retracción LR (%)	<15	12 a 16	8 a 12	<10
Índice plástico IP (%)	<18	15 a 28	25 a 40	>35
Límite líquido LL (%)	<30	30 a 40	40 a 60	>60
Contenido de finos <# 200 (%)	<30	30 a 60	60 a 95	>95
Contenido de arcilla <0,002 mm (%)	<15	13 a 23	20 a 30	>30
Actividad	<0,5	0,5 a 0,7	0,7 a 1,0	>1,0
Índice PVC Lambe	<2	2 a 4	4 a 6	>6
Presión de hinchamiento (daN/mm <sup>2</sup> )	<0,3	0,3 a 1,2	1,2 a 2,5	>2,5
Hinchamiento en superficie (cm)	<1	1 a 2	2 a 5	>5
Índice de desecación (fin del verano)	>1,0	1,0 a 0,8	0,8 a 0,6	< 0,6
Ensayo estándar SPT (golpes/30cm)	<10	10 a 20	20 a 30	>30

**Cambio de humedad → cambio de volumen → problemas**

- **Profundidad activa: 3 m (hasta 6 m)**

**Desecación → retracción → asientos:**

- **Desarrollo de arbolado**
- **Eliminación de agua de filtración**
- **Encauzamiento de arroyos**

**Máximos daños al terminar el verano**

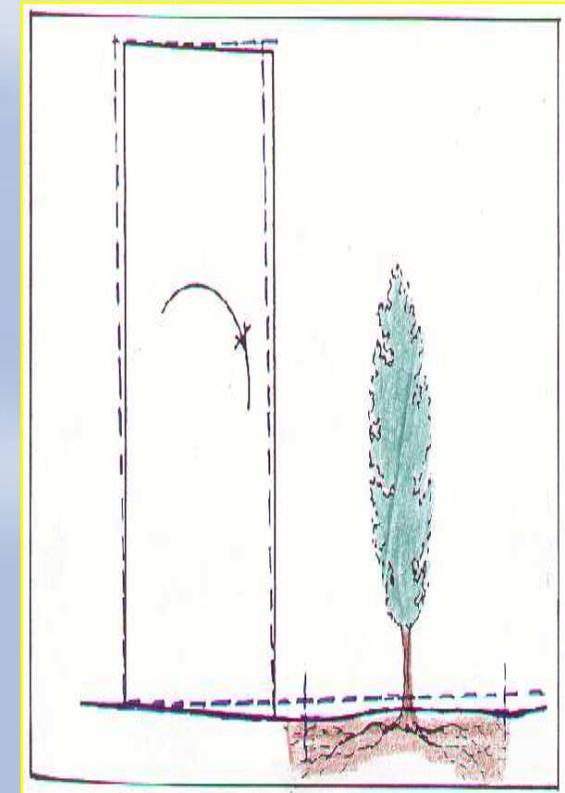
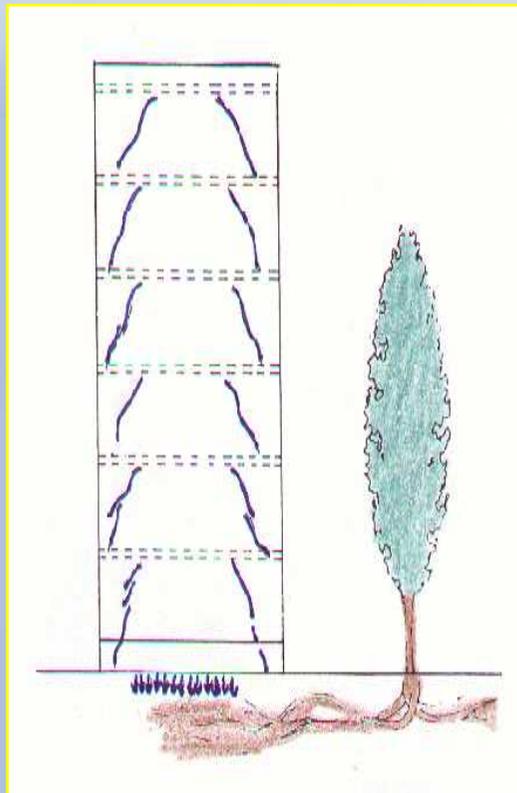
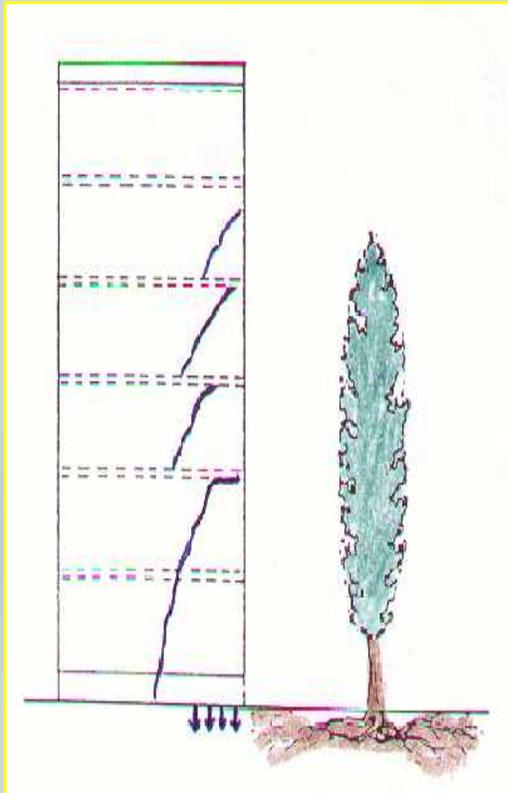
**Humectación -> hinchamiento -> levantamientos:**

- **Construcción de edificio sobre solar desecado → humectación**
- **Riego de jardines**
- **Rotura y fugas en saneamientos y alcantarillados**

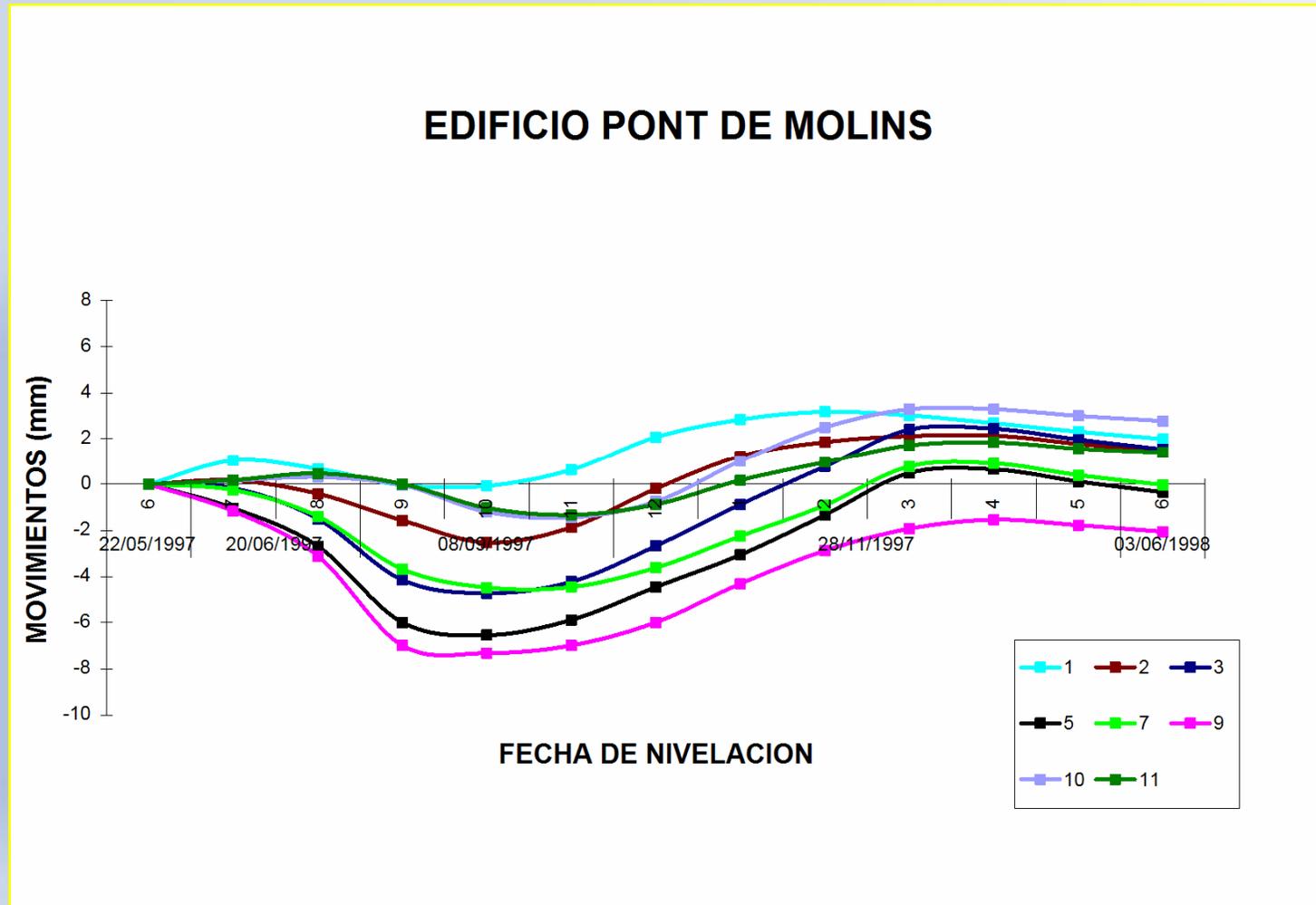
**Normalmente las patologías surgen por asientos**

**Presión de hinchamiento elevada puede dar lugar a levantamientos**

### Dsecación por desarrollo del arbolado



- **Distancia mínima:** de 3m árboles pequeños, a 5m para árboles grandes
- **Muy peligrosos:** árboles con raíces superficiales: álamo, chopo, sauce, olmo



**Con arcillas expansivas: instrumentación y seguimiento durante 1 año+**



### Formación de dolinas

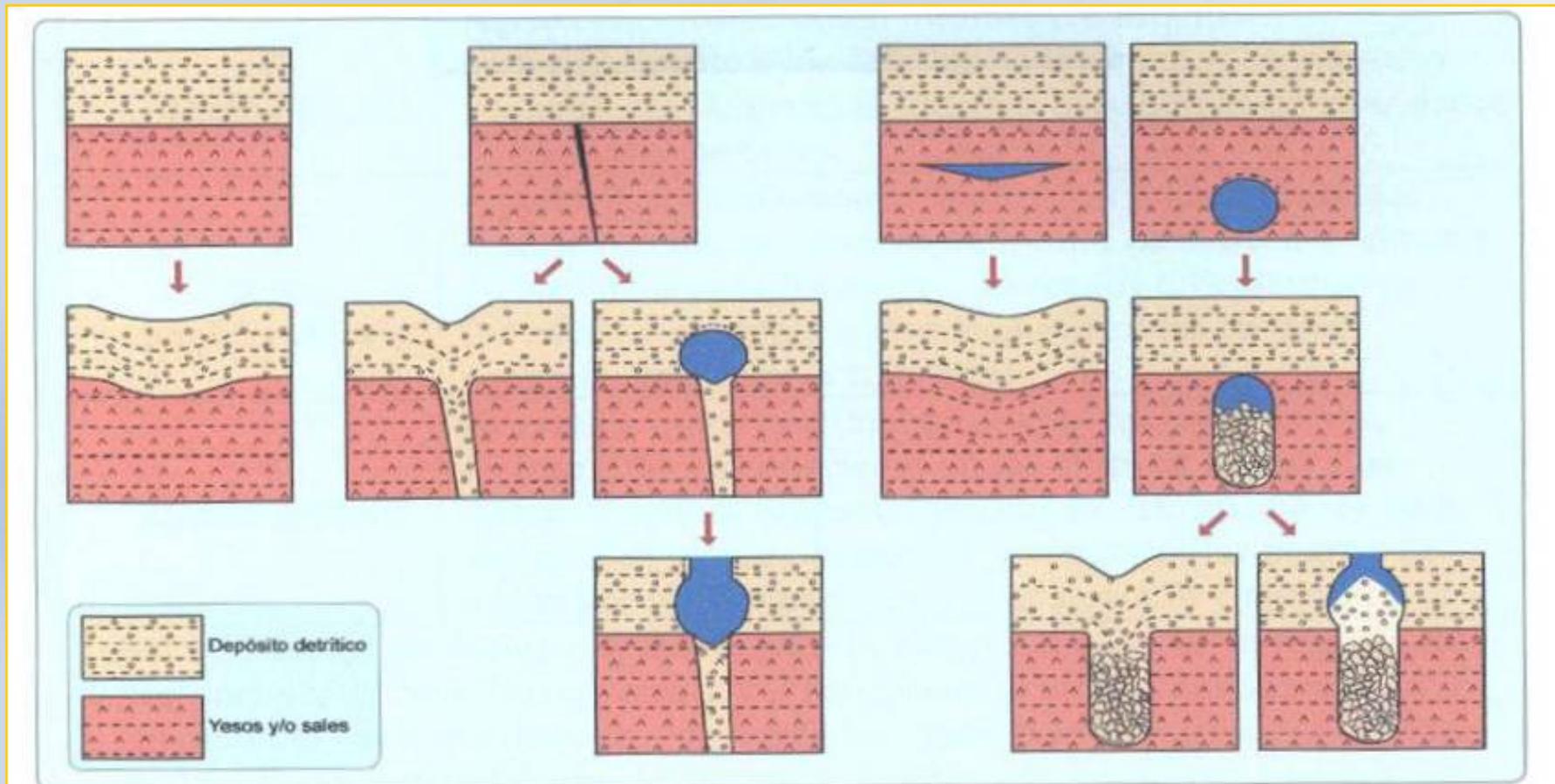


Figura 8. Procesos que pueden intervenir en la generación de dolinas aluviales en un karst aluvial.

### **Ejemplo: Dolinas en AVE Madrid-Zaragoza**



**Dolina de hundimiento  
aparecida en superficie**

**Antigua dolina de  
hundimiento rellena del  
terreno suprayacente**



**Ejemplo: Casa Azul, Calatayud: caverna por disolución de yesos debajo de edificio**



- **Existencia de suelos blandos normalmente detectada en reconocimiento geotécnico -> fácil evitar problemas con losas, pilotes etc.**
- **Asientos son suma del :**
  - **Asiento inmediato**
  - **Asiento diferido (consolidación en las arcillas)**
- **En arenas el asiento es inmediato**
- **En arcillas, se suman ambos -> mayor posibilidad de problemas**
- **Los asientos totales son función de:**  
**Asiento =  $\Sigma( q_i / E_i) H_i$** 
  - **La carga y su área de aplicación,  $q_i$**
  - **El espesor compresible,  $H_i$**
  - **Los módulos de deformación del terreno,  $E_i$**

**Frecuentemente por causa del agua**

**Riadas, inundaciones y lluvias persistentes: variaciones del nivel freático**

**Obras subterráneas, de excavación o drenaje cercanas.**

**- Túneles, pantallas, anclajes, saneamientos**

**Vibraciones:**

- Explosivos**
- Tráfico rodado pesado**
- Maquinaria pesada**
- Normativa DIN 4150**

**Terremotos:**

- Cabo de San Vicente 1969**
- Andalucía 1884**
- Torrevieja 1829**
- Lisboa 1755**
- Montesa 1748**

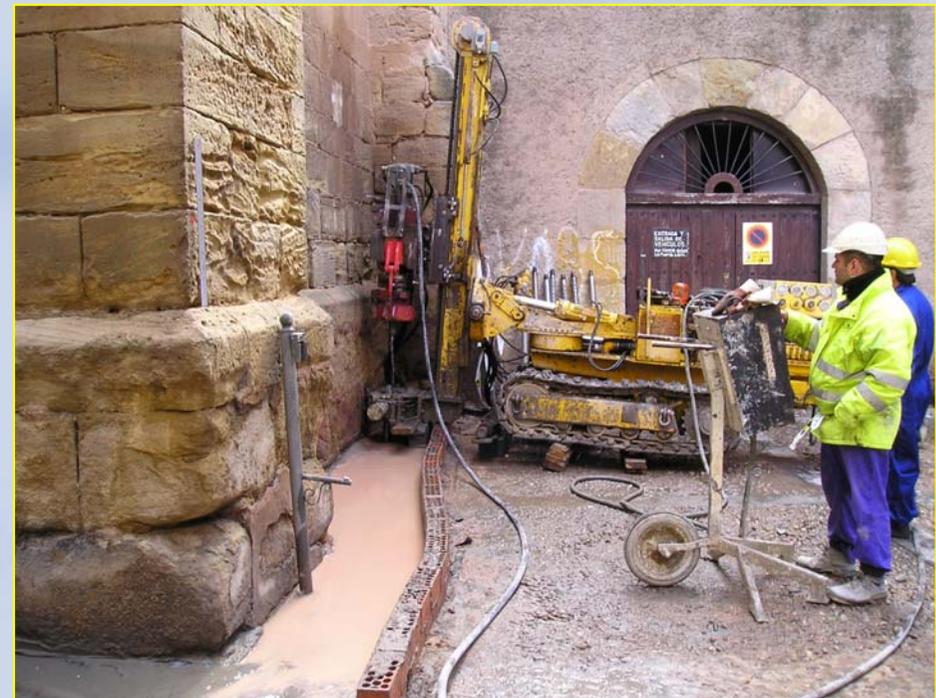


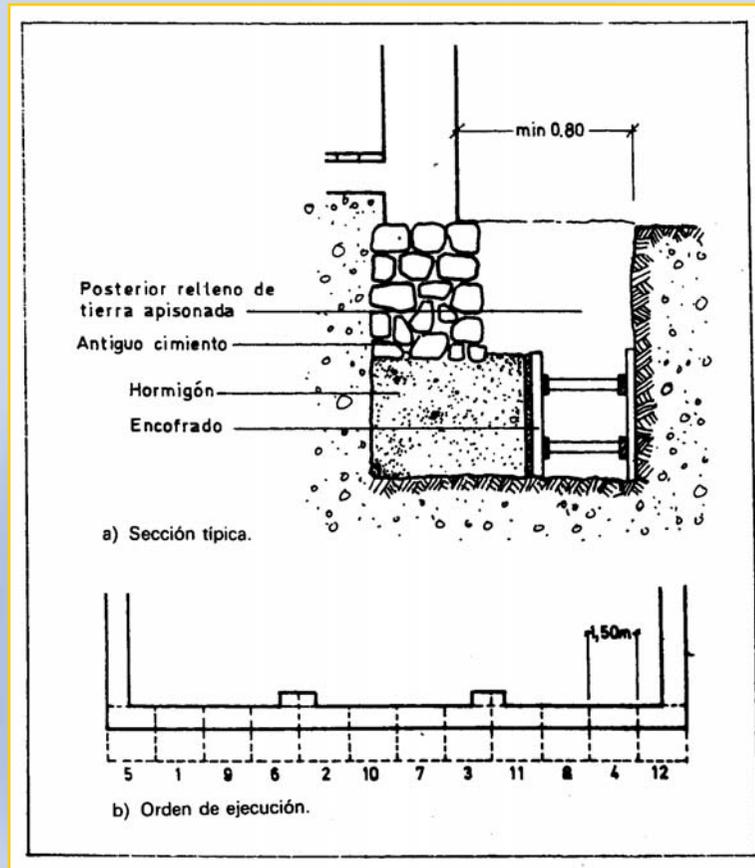
**Transmitir cargas a terreno competente a mayor profundidad**

**Recalces convencionales**

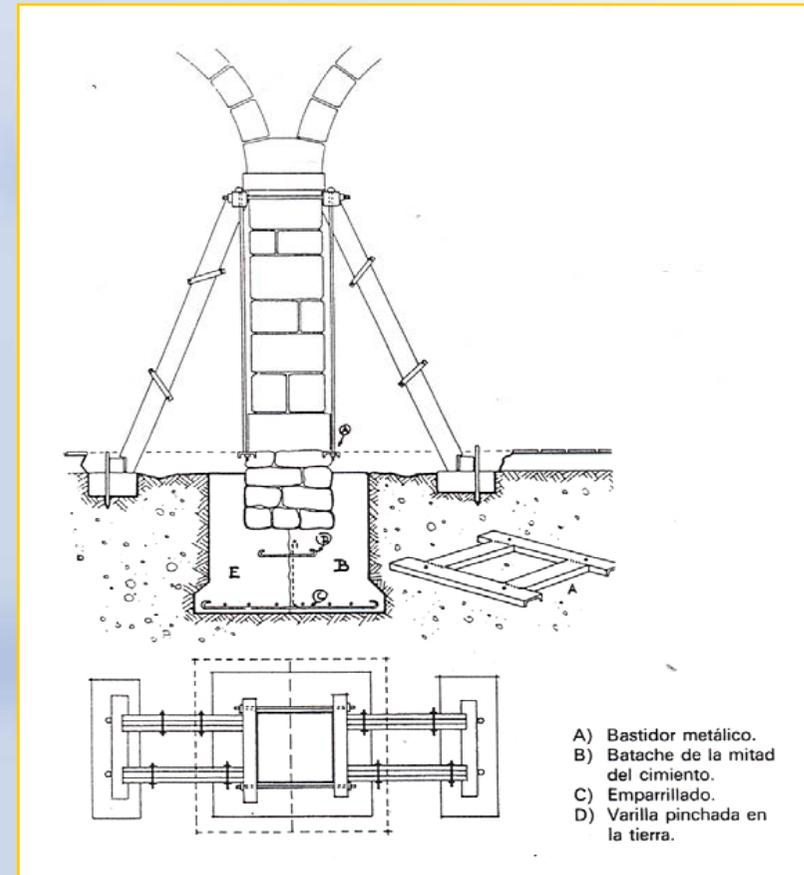
**Recalces con “técnicas especiales”:**

- **Micropilotes**
- **Inyecciones**
- **Jet grouting**





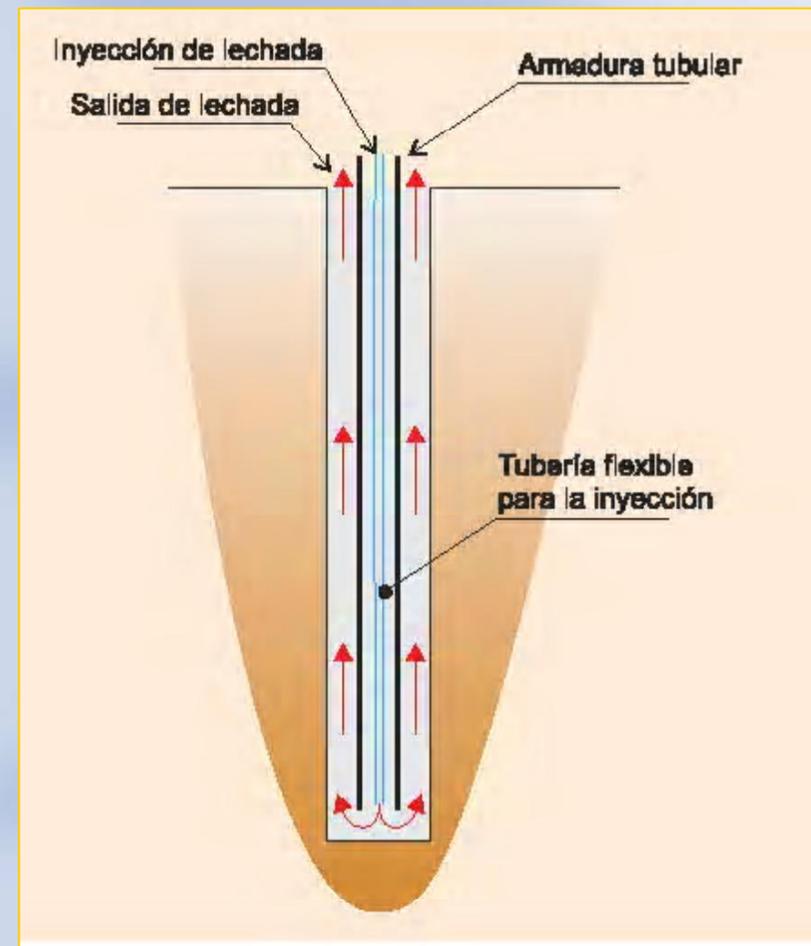
**Recalce por bataches de una cimentación corrida**



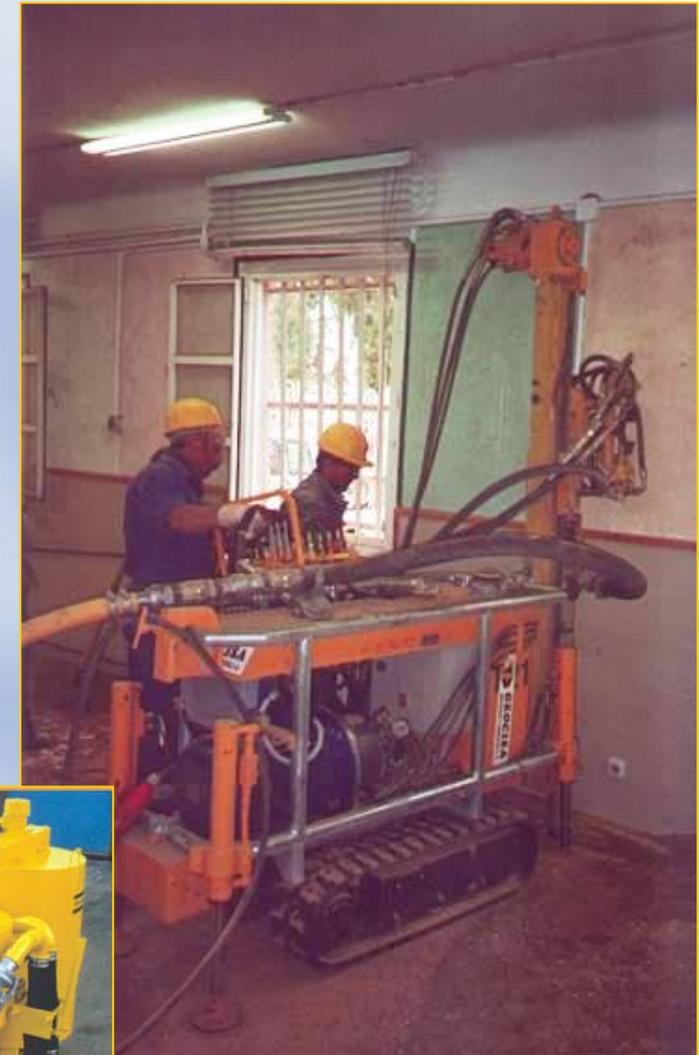
**En zapatas aisladas es necesario el apeo del pilar**

**Hoy día poco habituales por coste, plazo y seguridad**

- Micropilote – diámetro de perforación <math><300\text{mm}</math> (en recalces,  $\pm 150\text{mm}</math>)$
- Armaduras tubular, suministrado en tramos  $L < 3\text{m}</math>$
- Inyección con lechada de cemento o mortero; a través de armadura tubular
- Tipos: inyección única, repetitiva, autoperforantes
- Carga admisible entre 15 y 200 t



- **Maquinaria: carro perforador ligero o mediano, planta de fabricación lechada y bomba de lechada**
- **Maquina más pequeña ~200 cm x 60cm**
- **Existen equipos con grupo desmontable**
- **Se pueden implantar en casi cualquier sitio y mover en espacios limitados**
- **Trabajos en interior: desalojo planta baja, destrozos y reconstrucción**



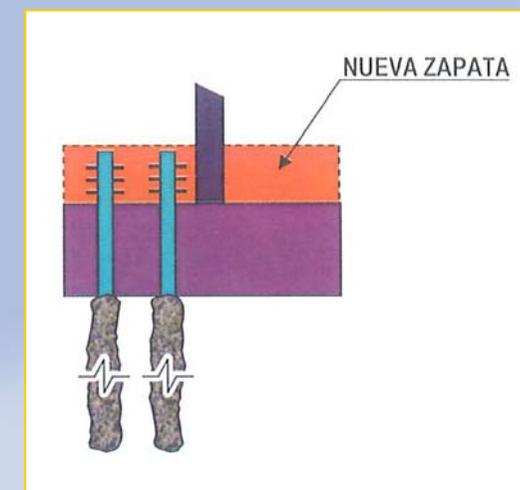
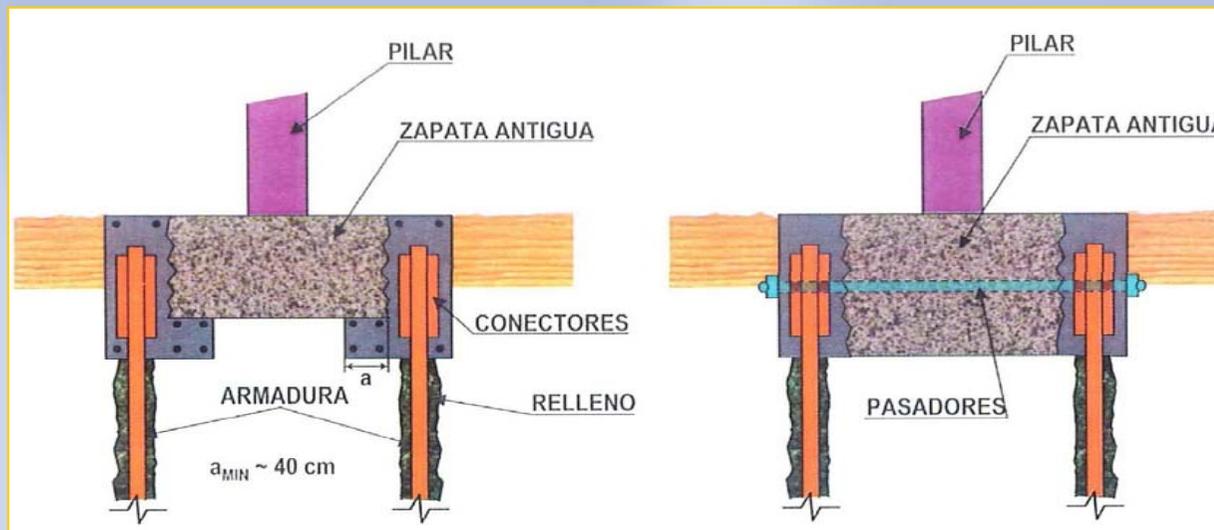
## Conexión cimentación existente-micropilote

**Por adherencia: lechada de cemento o resinas o morteros expansivos (Sikagrout, Tecnogrout)**

**Tabla 3: TENSIONES DE ADHERENCIA ADMISIBLES EN MICROPILOTES**

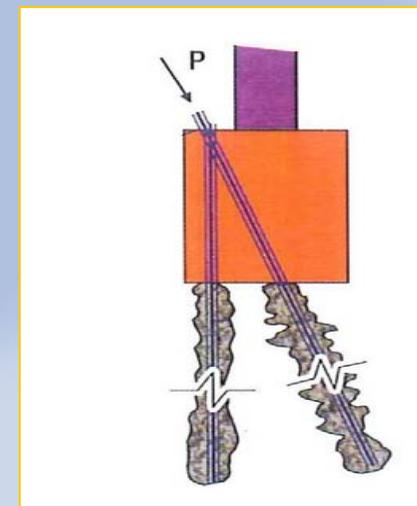
TIPO DE FÁBRICA	$\tau_{ADM}$ (kPa)
Mampostería de resistencia media a baja con mortero pobre	10-50
Mampostería de alta resistencia con mortero de buena calidad	100-300
Fábrica de ladrillo de baja calidad con mortero pobre	20-60
Fábrica de ladrillo de buena calidad	200-400
Hormigones ( $0,6 \sqrt{f_{cd}}$ )	400-600

## Otros sistemas:



### Consideraciones específicas para recalces

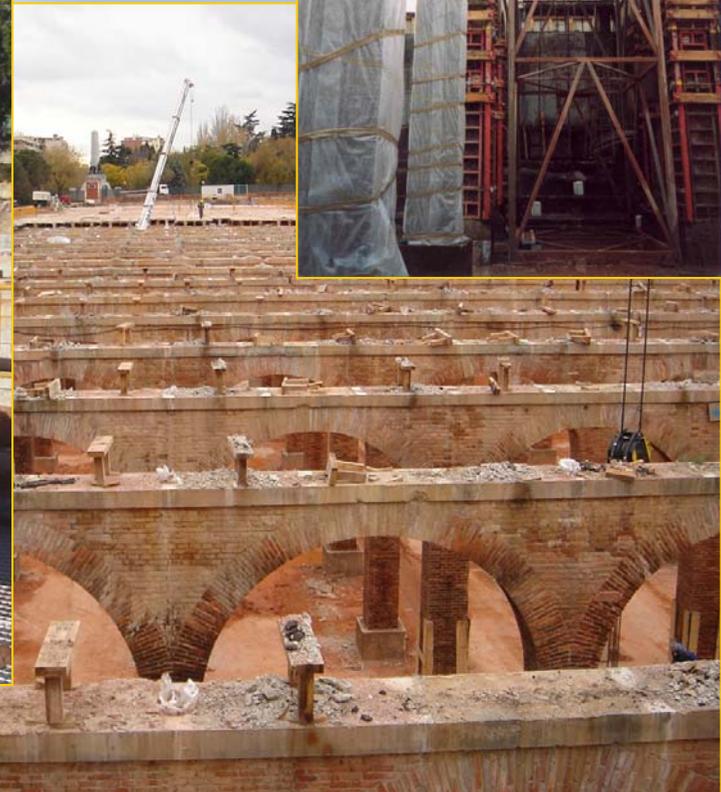
- **Distancia eje micropilote – paramento vertical  $\pm 40\text{cm}$**
- **Asientos durante perforación con agua**
- **Asientos durante inyección sobre todo después de perforar con aire (colapso)**
  - **perforación con camisa (mayor plazo, coste, potencia de equipos)**
- **Asientos durante puesta en carga → mayor sección de tubo armadura**
- **Efecto de inclinación o excentricidad de micropilotes**
- **Importancia de catas previas**



### **Creación de nuevos sótanos bajo edificios existentes**



## **Refuerzo de pilares con micropilotes, depósitos de agua Islas Filipinas**



**Recalces de puentes por aumento de cargas  
o ensanche de tablero**



**Micropilotes que atraviesan pilas existentes**



**Micropilotes con encepado nuevo**

### **Inyecciones en retirada**

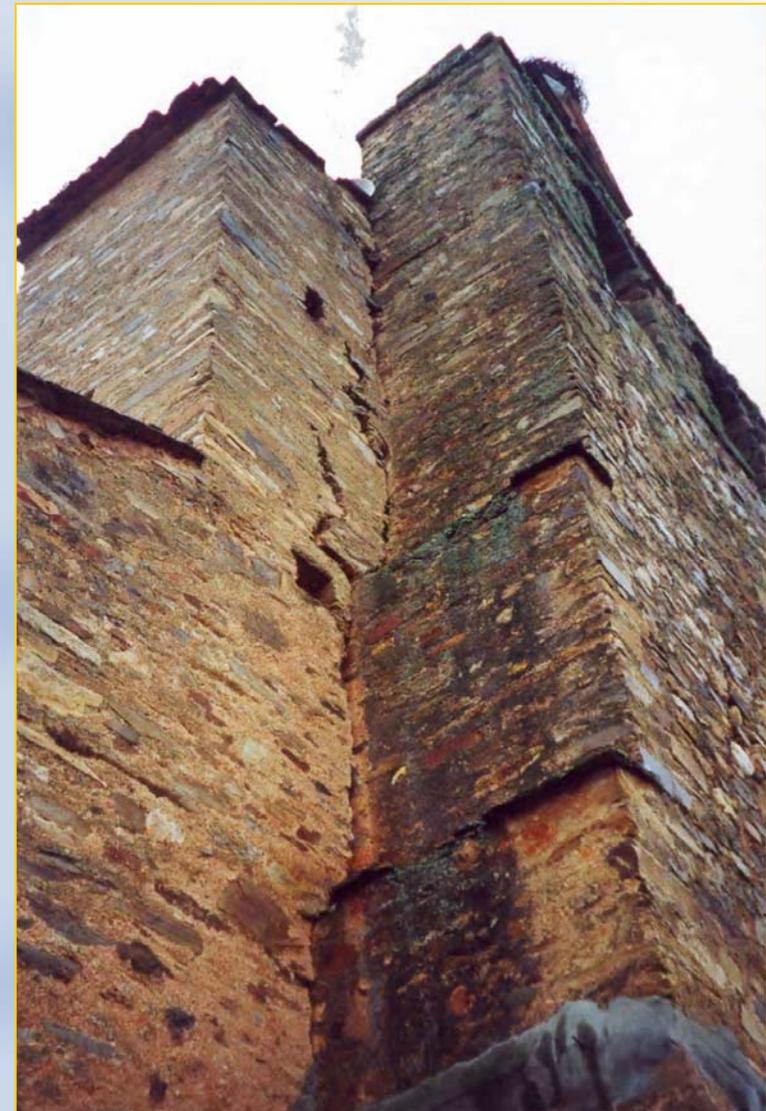
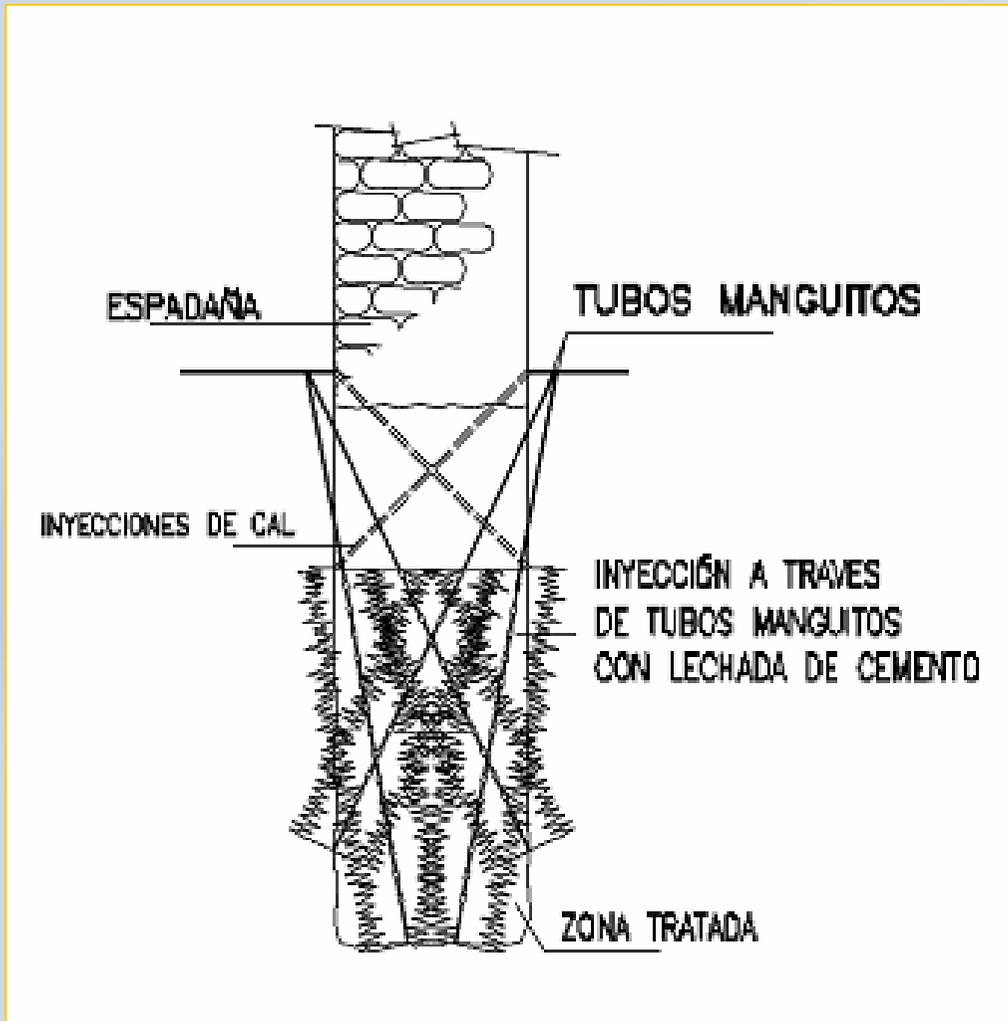
- **Inyección de lechada de cemento o mortero fluido**
- **En retirada de varillaje (para rellenar huecos)**

### **Inyecciones con tubos manguitos**



- **Tubo manguito de PVC o acero: si es acero se denomina inyección armada**
- **Para recalces donde el terreno competente está a poca distancia de la cimentación existente**
- **Permite evitar realizar conexión con estructura**
- **Según geometría, se puede evitar trabajar desde interior**

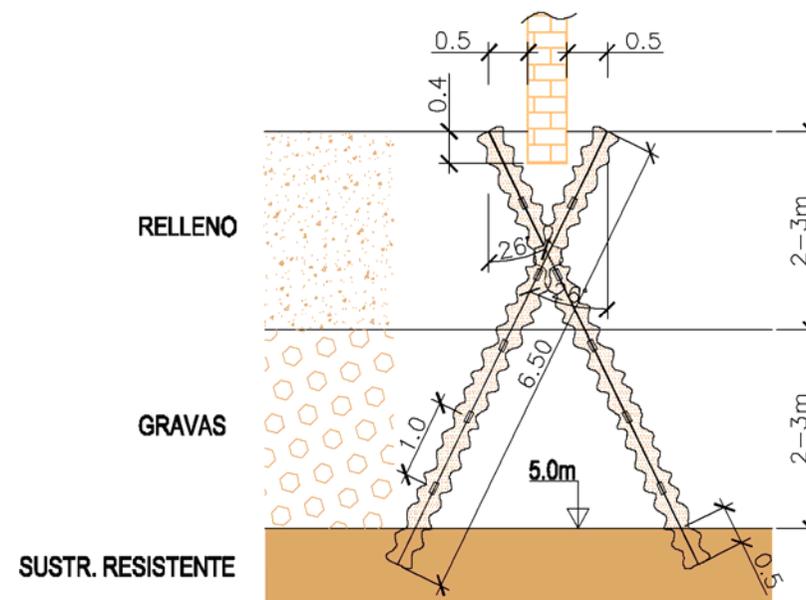
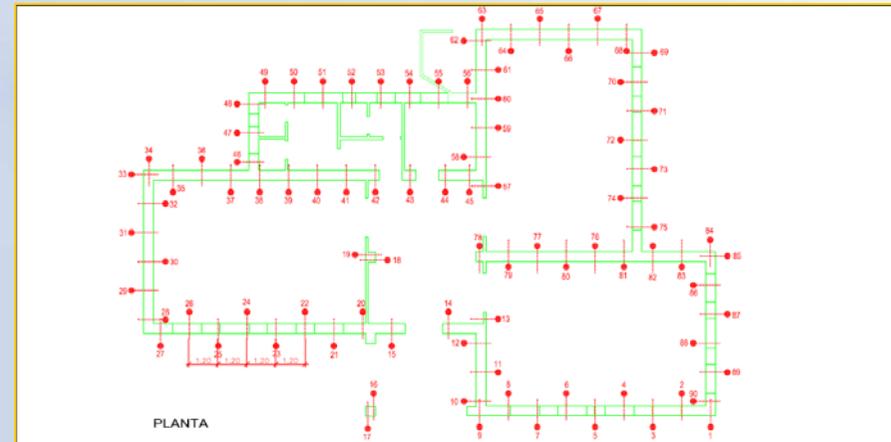
## Inyecciones armadas



## Inyecciones armadas



Maquinaria similar a la de micropilotes

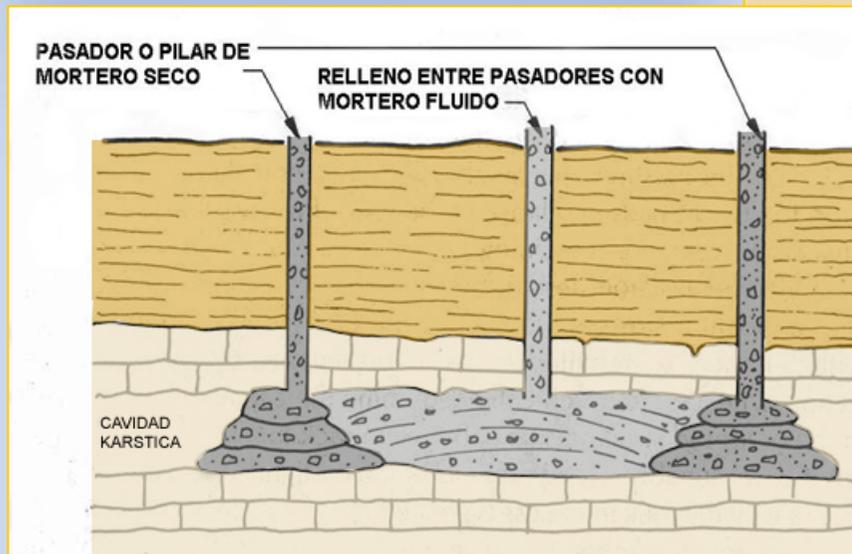
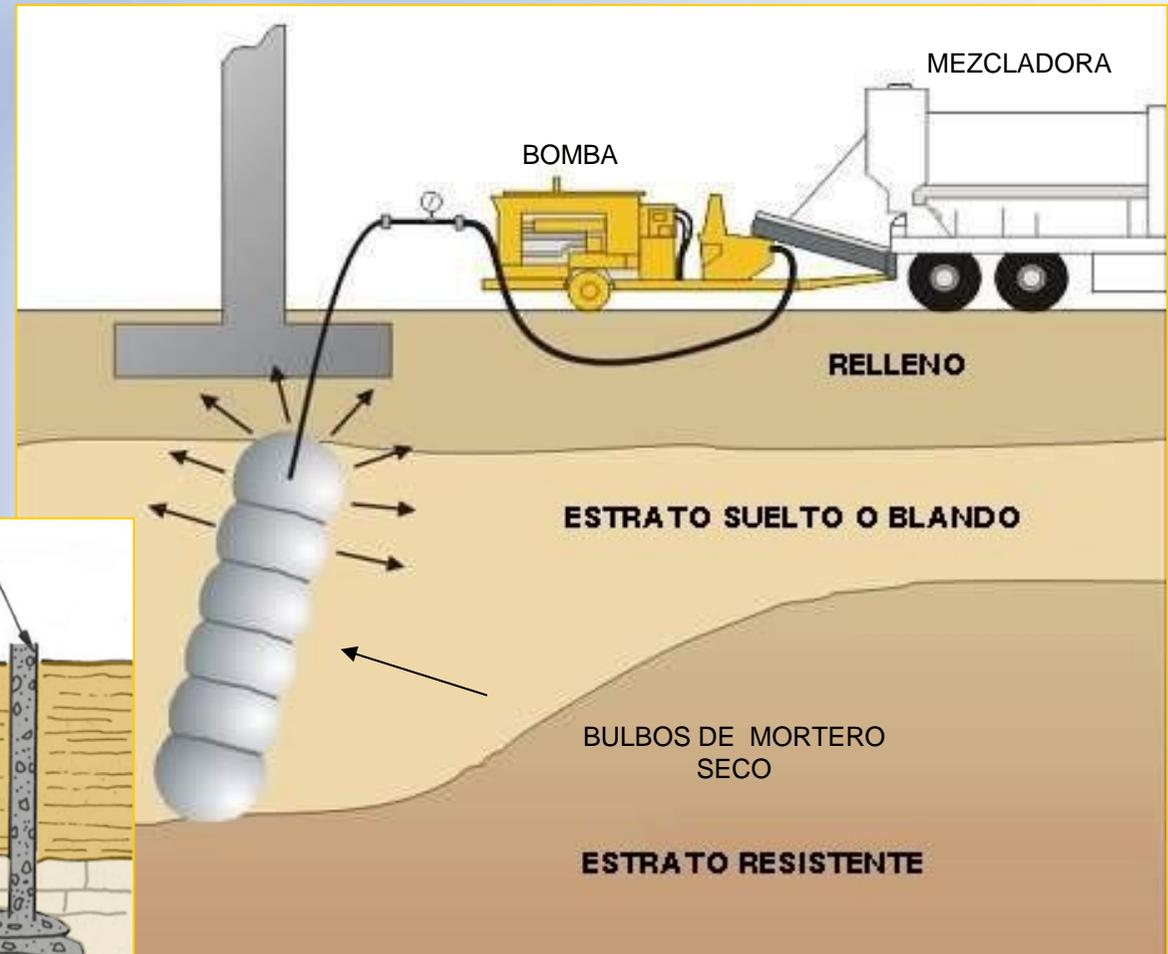
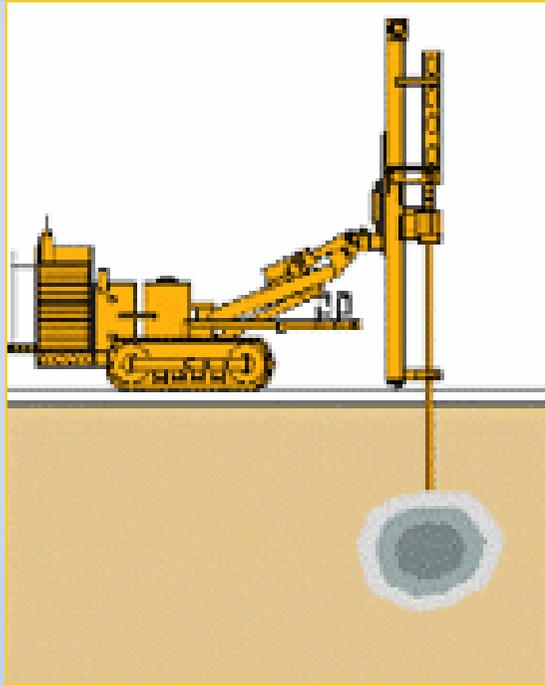


### Inyecciones de compactación / baja movilidad

- Mortero seco inyectado a presión(hasta 40 a 60 bares)
- Adecuadas para relleno de cavidades en karst, e inyección de suelos colapsables donde la inyección con lechada es arriesgada.
- Inyección en retirada de varillaje de perforación
- Cono < 5-12 cm (el rendimiento varía según el cono)



## Inyecciones de compactación / baja movilidad



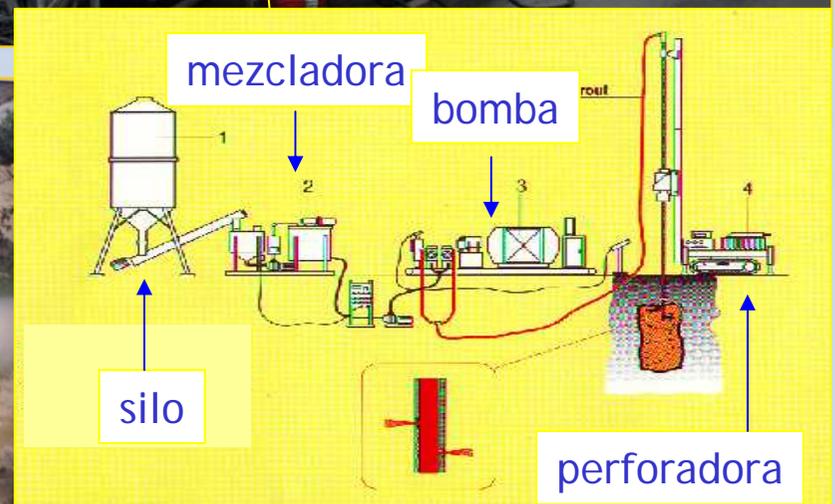
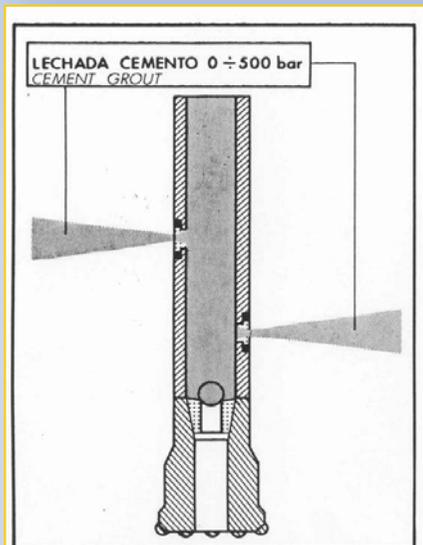
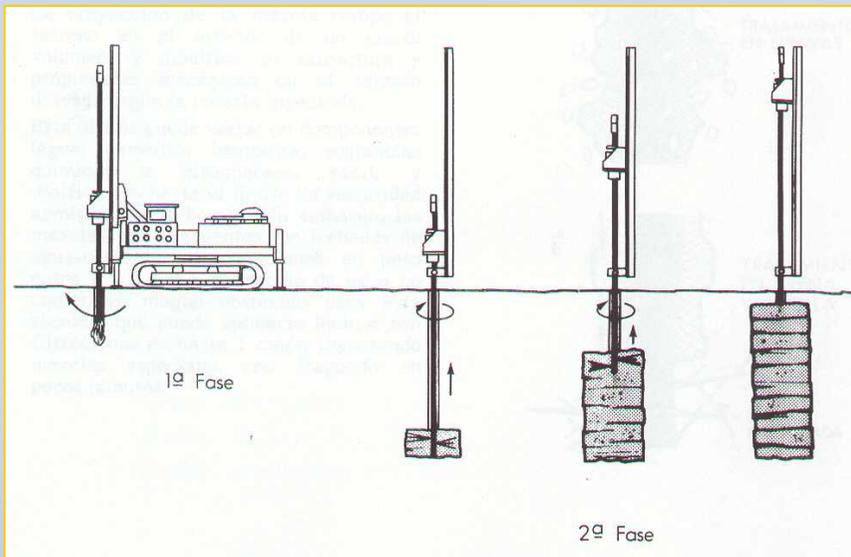
- **Inyección de lechada a través de toberas dispuestas en el varillaje de perforación, en retirada y con rotación**
- **Presión en bomba de 400-500 kg/cm<sup>2</sup>**
- **La lechada sale a propulsión, en “chorros” de alta energía que disgregan el suelo antes de mezclarse para formar columnas de suelo cemento**



- **Adecuado para arenas, gravas y arcillas no compactas**
- **Columnas f50-300cm (límite 80cm en recalces)**



## Jet-grouting: equipos y ejecución



### Consideraciones específicas para recalces

**Pueden producirse movimientos (asientos o levantamientos)**

- **Columnas de poca energía → Columnas f50-80cm**
- **Estructuras pesadas: puentes, iglesias, torres...**
- **Estructuras donde se hará una restauración integral posteriormente**

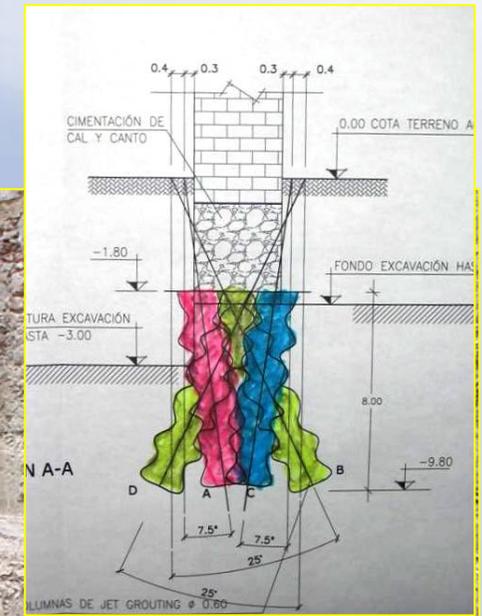


### Gestión del rechazo



## Creación de nuevos sótanos bajo edificios existentes

Creación de sótano bajo nivel freático con jet grouting  
(Cuartel de San Carlos, Tenerife)



# **GEOCISA**

**Gracias por su atención**

**Riccardo Oprandi**

**Servicio técnico, estudios y ofertas  
Dirección de Producción (Zona Norte)**

**Tel.: +91 660 3198**