

**Curso presencial**

# **Pilotes y pantallas en concreto: solución para cimentaciones**



Conferencista:

**LINA MARCELA SUAZA**  
**ECHVERRY INGENIERÍA Y ENSAYOS**  
Colombia

Conferencia:

**5. Instrumentación, control de calidad y supervisión en pilotaje.**

# Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.



# CIMENTACIONES PROFUNDAS - PILOTES

- Elementos estructurales que soportan las cargas de una construcción
- Para transmitir la carga a estratos de mayor capacidad de soporte.
- Garantizar la estabilidad del terreno.

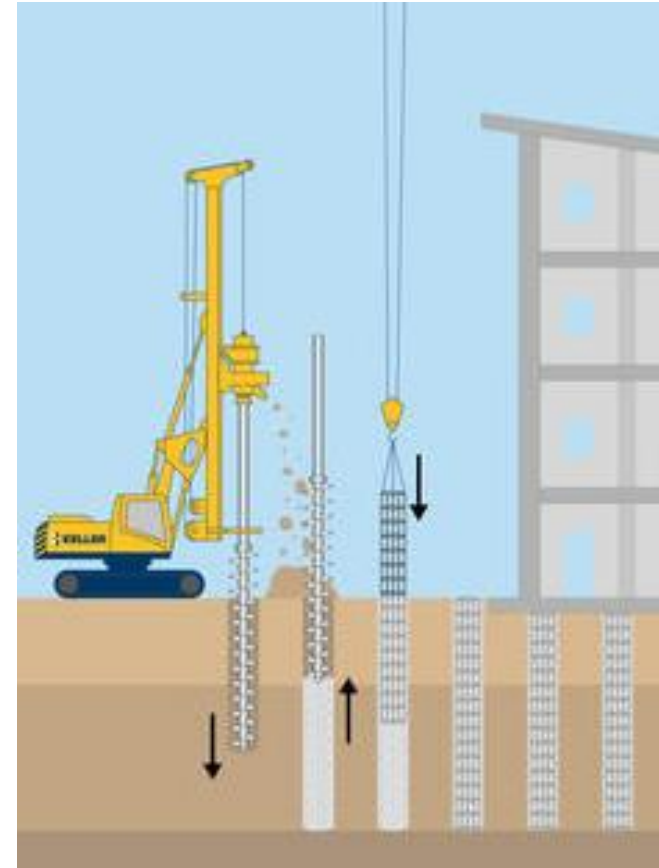
Con el patrocinio de:





# CIMENTACIONES PROFUNDAS - PILOTES

- Afectaciones en su forma.
- No llegamos a la profundidad.
- No se cumple la calidad del material previsto en el diseño.
- Métodos de diseño de naturaleza empírica.



Con el patrocinio de:





# INSTRUMENTACIÓN

- Razones para monitorear el comportamiento de estructuras
  - Proveer señales de alarma.
  - Evaluar hipótesis de diseño crítico.
  - Revelar aspectos desconocidos.
  - Control de la construcción.
  - Minimizar daños a estructuras adyacentes.
  - Documentar el comportamiento en la evaluación de daños
  - Mostrar que todo está bien.

Con el patrocinio de:

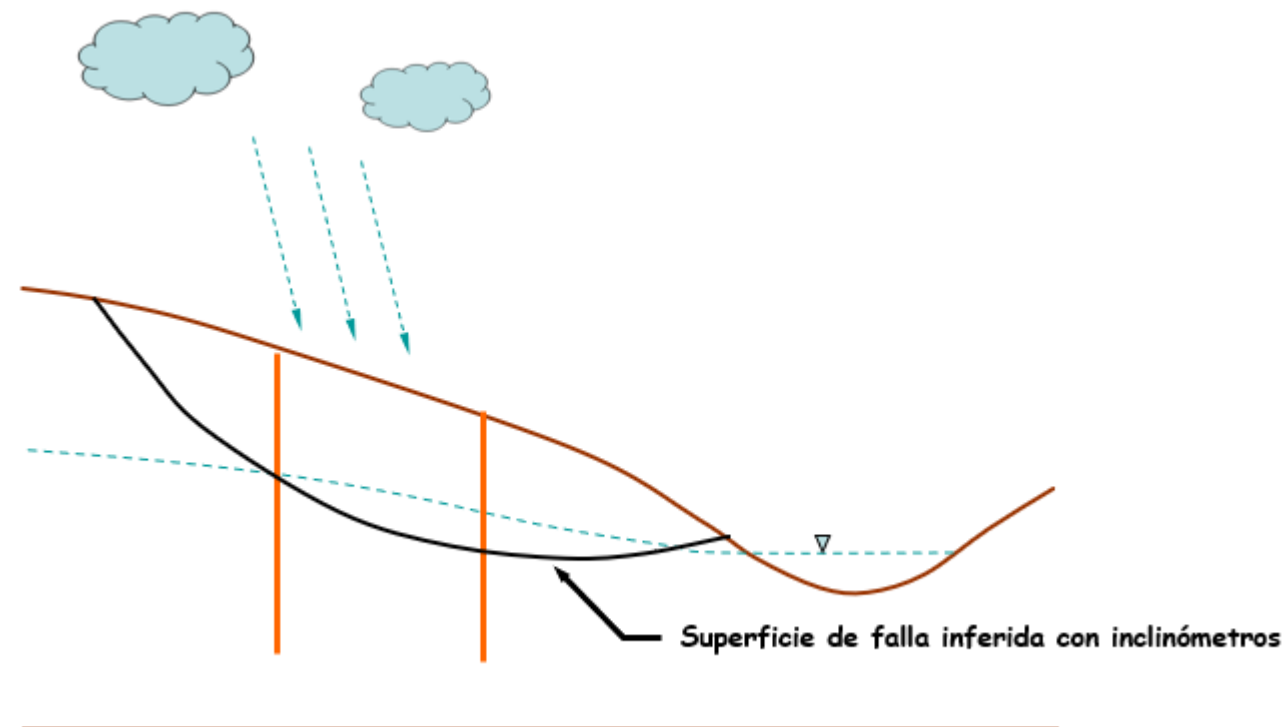




# INSTRUMENTACIÓN

- Inclínómetros

- Profundidad en la cual están ocurriendo movimientos.
- Dirección en que se dan los movimientos.
- Velocidad a la cual se dan los movimientos.

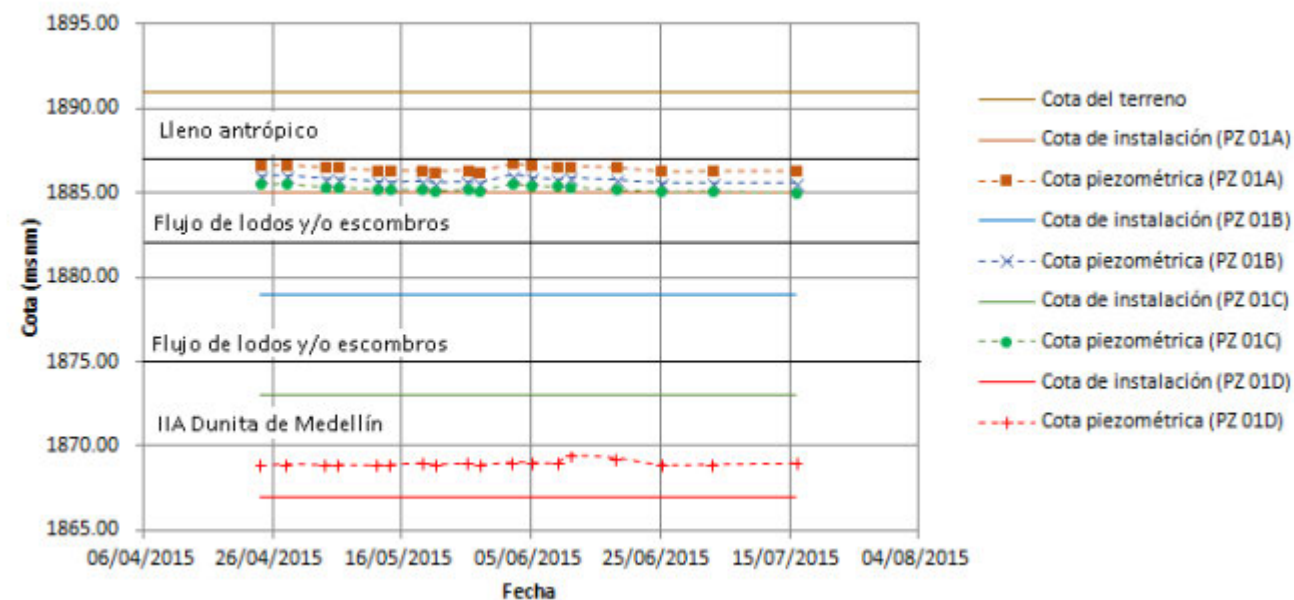




# INSTRUMENTACIÓN

- Piezómetros

- Profundidad del nivel freático.
- Niveles freáticos colgados.
- Determinar presión de poros.



Con el patrocinio de:





# CONTROL DE CALIDAD

- Proceso constructivo
- Agregados
- Cemento
- Agua
- Concreto
- Acero
- Pruebas sobre Pilotes

Con el patrocinio de:



# CUIDADOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

## Pilotes pre-excavados

- Control de la excavación.
- Control de la instalación del refuerzo.
- Instalar los centralizadores.
- Cumplir con los traslapos y/o empalmes.
- Control del vaciado de la mezcla.
- Evitar la generación de junta fría.
- Recomendable uso de concreto certificado.

## Pilotes hincados

- Cuidado en el transporte.
- Cuidado con las juntas de unión en acero
- Revisar la máquina de hincado.
- Verificar la verticalidad de los tramos del pilote.
- Cumplir con la energía mínima de hincado.

Con el patrocinio de:





# CONTROL DE CALIDAD - AGREGADOS

- Requisitos para el agregado Fino
  - Composición granulométrica
  - Durabilidad
  - Limpieza
  - Contenido de materia orgánica
  - Características químicas
- Requisitos para el agregado Grueso
  - Composición granulométrica
  - Dureza
  - Durabilidad
  - Limpieza
  - Geometría de la partículas
  - Características químicas

Con el patrocinio de:



# CONTROL DE CALIDAD - CEMENTO

## • Especificaciones Técnicas – NTC 121:2021 – Para el cemento hidráulico

Tabla 1. Requisitos físicos normalizados

Tipo de cemento	Método de ensayo aplicable	UG	ART	MRS	ARS	MCH	BCH						
Finura	NTC 33 NTC 294	A	A	A	A	A	A						
Cambio de longitud por autoclave, máx., %	NTC 107	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80						
Tiempo de fraguado, ensayo de Vicat <sup>E</sup>	NTC 118												
Inicial, mín., minutos								45	45	45	45	45	45
Inicial, máx., minutos		420	420	420	420	420	420						
Contenido de aire en volumen de mortero, % máx.	NTC 224	12	12	12	12	12	12						
Resistencia mín. a la compresión, MPa	NTC 220												
1 día								...	11,0	...	...	...	...
3 días								8,0	22,0	11,0	11,0	5,0	...
7 días								15,0	...	18,0	18,0	11,0	11,0
28 días								24,0	...	...	25,0	...	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (cal/g)	NTC 6270												
3 días								...	...	...	...	335 (80)	200 (50)
7 días		...	...	...	...	...	225 (55)						
Expansión de barra de mortero 14 días, % máx.	NTC 4927	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020						
Expansión por sulfatos (resistencia a los sulfatos) <sup>E</sup>	NTC 3330												
6 meses, máx., %								...	...	0,10	0,05	...	...
1 año, máx., %		...	...	...	0,10	...	...						

Tipo de cemento	Método de ensayo aplicable	UG	ART	MRS	ARS	MCH	BCH
<b>Requisitos físicos opcionales</b>							
Opción A—Incorporación de aire <sup>C,F</sup> Contenido del aire del mortero, % vol.	NTC 224						
máx., %							
mín., %		16	16	16	16	16	16
Opción BRA—Baja Reactividad con Agregados reactivos alcali-silíceo <sup>G</sup> Expansión a:	NTC 3828						
14 días, máx., %							
56 días, máx., %		0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Endurecimiento temprano, penetración final mín., %	NTC 297	50	50	50	50	50	50
Resistencia a la compresión <sup>D</sup> , 28 días, mín., MPa	NTC 220	...	...	28,0	...	22,0	...

A Los resultados de retenidos en tamizado por vía húmeda en el tamiz de 45 µm (No. 325) y área de superficie específica por aparato de permeabilidad al aire en m<sup>2</sup>/kg deben ser informados en todos los certificados que sean solicitados al fabricante.

B El tiempo de fraguado se refiere al tiempo de fraguado inicial en la NTC 118.

C Un valor en el mortero no asegura necesariamente que el contenido de aire deseado será obtenido en el concreto.

D El rango más bajo de resistencia cuyo mínimo se debe aplicar a menos que un rango más alto de resistencia sea especificado por el comprador.

E En los ensayos de cemento ARS, los ensayos a un año se requieren cuando el cemento cumpla con el límite a 6 meses. Un cemento ARS que no cumple con el límite de los 6 meses no debe ser rechazado a menos que tampoco cumpla el límite de un año.

F Cuando esta opción se invoca, reemplaza el contenido máximo de aire del mortero que aparece en los requisitos de la tabla por defecto. La resistencia mínima a la compresión de los cementos incorporados con aire no debe ser inferior al 80 % comparada con la del cemento que no contiene incorporador de aire.

G El cumplimiento con estos requisitos no se requiere a menos que el cemento vaya a ser utilizado con agregados reactivos con los álcalis.

Con el patrocinio de:





# CONTROL DE CALIDAD - AGUA

CONTAMINANTE	LÍMITE MÁXIMO (ppm)
Ion Cloro	500 – concreto pretensado 1000 – concreto reforzado
Sulfatos	3000
Álcalis	600
Solidos totales	50000

\* pH mínimo 6,5

Con el patrocinio de:





# CONTROL DE CALIDAD - CONCRETO

## Pilotes pre-excavados

- El concreto debe tener una resistencia mayor de 28MPa a los 28 días.
- La relación Agua/Cemento debe ser menor a 0,45.
- El agregado debe ser menor a 32mm.
- Asentamiento en seco debe estar entre 152mm y 203mm.
- Asentamiento con construcción de camisa de acero o por método tremie debe estar entre 203mm y 245mm.

## Pilotes hincados

- Por cada 10 pilotes prefabricados o cada día de trabajo, control de resistencia a compresión a 28 días.
- Cuidado con las juntas de unión en acero
- Revisar la máquina de hincado.
- Verificar la verticalidad de los tramos del pilote.
- Cumplir con la energía mínima de hincado.

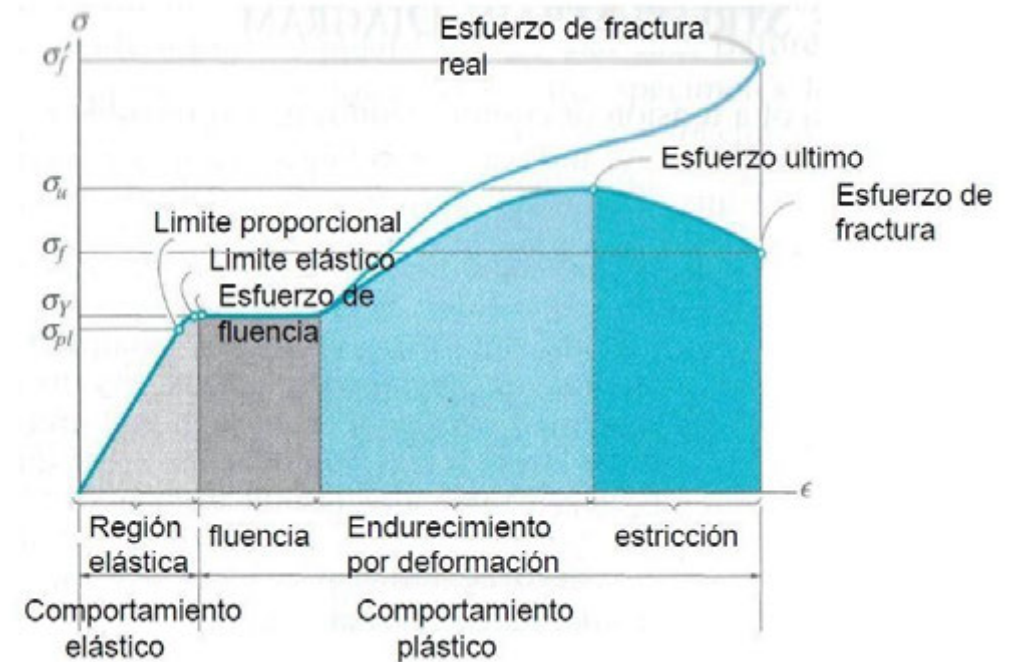
Con el patrocinio de:



# CONTROL DE CALIDAD - ACERO

- Requisitos para el acero de acuerdo a las NTC, ACI, NSR, entre otras

- Peso, dimensiones y requisitos de resaltes
- Resistencia a la Tracción
- Esfuerzo de fluencia
- Alargamiento
- Doblamiento
- Composición química



# CONTROL DE CALIDAD - ACERO

## • Especificaciones Técnicas – NTC 2289:2020 – Para el acero

Tabla 1. Número de designación de las barras corrugadas y rollos, peso (masa) nominal, dimensiones nominales y requisitos de los resaltes

Número de designación de la barra <sup>A</sup>	Peso (masa) nominal kg/m (lb/pie)	Dimensiones nominales <sup>B</sup>			Requisitos de los resaltes, mm (pulgadas)		
		Diámetro mm (pulgada)	Área de la sección transversal mm <sup>2</sup> (pulgadas <sup>2</sup> )	Perímetro mm (pulgadas)	Promedio máximo del espaciamiento	Promedio mínimo de altura	Separación entre los extremos de los resaltes (máximo 12,5 % del perímetro nominal)
2	0,249 (0,167)	6,35 (0,250)	31,67 (0,049)	19,95 (0,785)	4,45 (0,175)	0,25 (0,010)	2,49 (0,098)
3	0,560 (0,376)	9,5 (0,375)	71 (0,11)	29,9 (1,178)	6,7 (0,262)	0,38 (0,015)	3,6 (0,143)
4	0,994 (0,668)	12,7 (0,500)	129 (0,20)	39,9 (1,571)	8,9 (0,350)	0,51 (0,020)	4,9 (0,191)
5	1,552 (1,043)	15,9 (0,625)	199 (0,31)	49,9 (1,963)	11,1 (0,437)	0,71 (0,028)	6,1 (0,239)
6	2,235 (1,502)	19,1 (0,750)	284 (0,44)	59,8 (2,356)	13,3 (0,525)	0,97 (0,038)	7,3 (0,286)
7	3,042 (2,044)	22,2 (0,875)	387 (0,60)	69,8 (2,749)	15,5 (0,612)	1,12 (0,044)	8,5 (0,334)
8	3,973 (2,670)	25,4 (1,000)	510 (0,79)	79,8 (3,142)	17,8 (0,700)	1,27 (0,050)	9,7 (0,383)
9	5,060 (3,400)	28,7 (1,128)	645 (1,00)	90,0 (3,544)	20,1 (0,790)	1,42 (0,056)	10,9 (0,431)
10	6,404 (4,303)	32,3 (1,270)	819 (1,27)	101,3 (3,990)	22,6 (0,889)	1,63 (0,064)	12,4 (0,487)
11	7,907 (5,313)	35,8 (1,410)	1006 (1,56)	112,5 (4,430)	25,1 (0,987)	1,80 (0,071)	13,7 (0,540)
14	11,38 (7,65)	43,0 (1,693)	1452 (2,25)	135,1 (5,32)	30,1 (1,185)	2,16 (0,085)	16,5 (0,648)
18	20,24 (13,60)	57,3 (2,257)	2581 (4,00)	180,1 (7,09)	40,1 (1,58)	2,59 (0,102)	21,9 (0,864)

<sup>A</sup> Los números de las barras están basados en octavos de pulgada y corresponden al diámetro nominal de las barras.

<sup>B</sup> Las dimensiones nominales de las barras corrugadas son equivalentes a las de las barras lisas que tengan el mismo peso (masa) nominal por metro (pie) de longitud.

NOTA 1 Para otros diámetros véase la Tabla A.1.

NOTA 2 La barra número 9 tiene un área de sección transversal equivalente al área de la sección transversal de un cuadrado de 1 pulgada; número 10, al área de la sección transversal de un cuadrado de 1 1/8 de pulgada; número 11, al área de la sección transversal de un cuadrado de 1 1/4 de pulgada; número 14, al área de la sección transversal de un cuadrado de 1 1/2 de pulgada y la número 18, al área de la sección transversal de un cuadrado de 2 pulgadas.

	Grado 420 (60)	Grado 550 (80)
Resistencia a la tracción mínima MPa (psi)	550 (80 000) <sup>A</sup>	690 (100 000) <sup>A</sup>
Resistencia a la fluencia mínima MPa (psi)	420 (60 000)	550 (80 000)
Resistencia a la fluencia máxima MPa (psi)	540 (78 000)	675 (98 000)
Alargamiento mínimo en 200 mm para Sistema Internacional (SI) u 8 pulgadas para el sistema inglés		
<b>Número de designación de las barras</b>	<b>%</b>	
2, 3, 4, 5, 6	14	12
7, 8, 9, 10, 11	12	12
14, 18	10	10

<sup>A</sup> La resistencia a la tracción debe ser igual o mayor a 1,25 veces la resistencia a la fluencia.

Designación	Diámetro del mandril para doblamiento a 180°	
	Grado 420 (60)	Grado 550 (80)
2, 3, 4, 5 (6, 10, 13, 16)	3d <sup>A</sup>	3,5d <sup>A</sup>
6, 7, 8 (19, 22, 25)	4d	5d
9, 10, 11 (29, 32, 36)	6d	7d
14, 18 (43, 57)	8d	9d

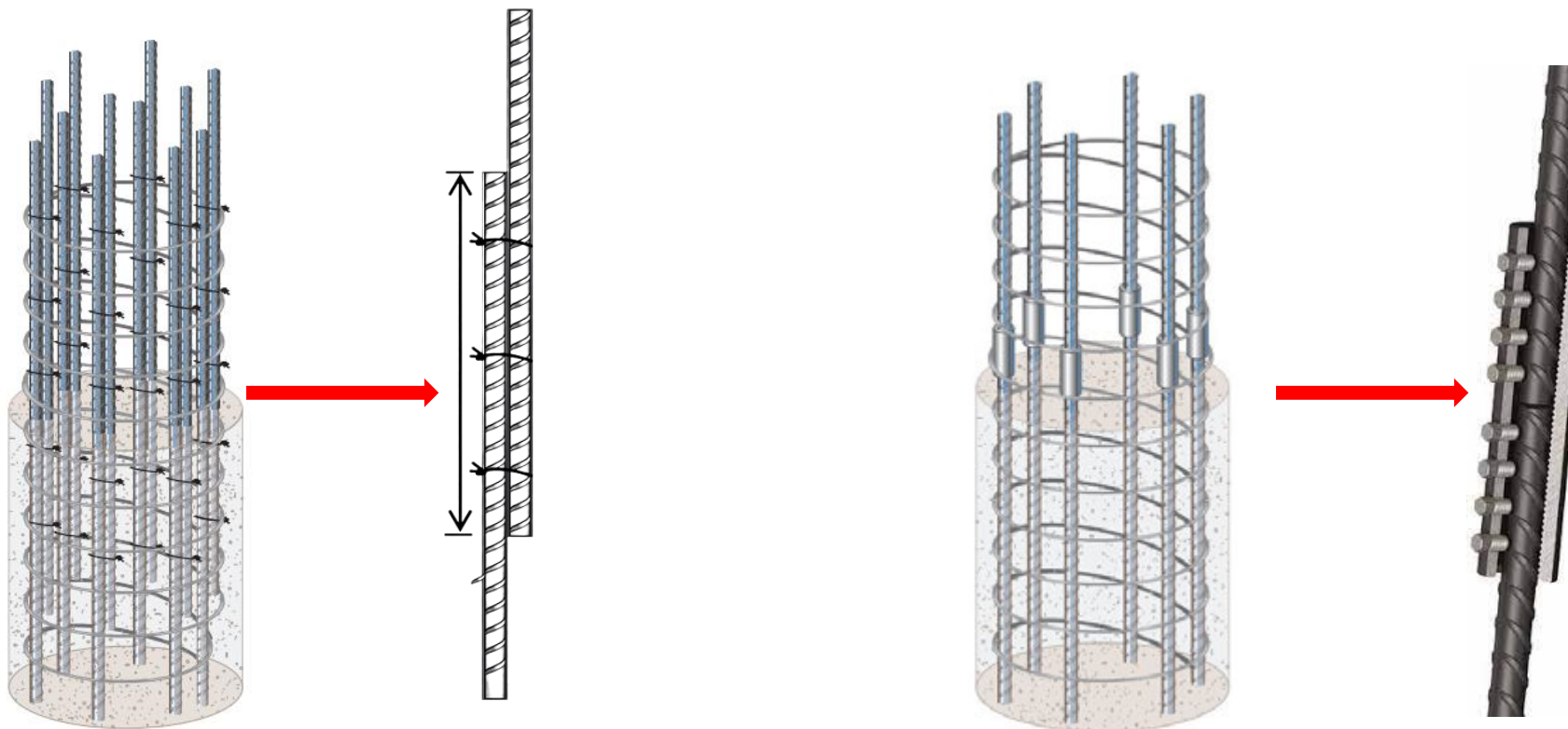
<sup>A</sup> d = diámetro nominal de la probeta.

Composición química de colada	
Elemento	% máximo
carbono	0,30
manganeso	1,50
fósforo	0,035
azufre	0,045
silicio	0,50



# CONTROL DE CALIDAD - ACERO

- Traslapos o uniones



Con el patrocinio de:





# CAUSANTES DE CORROSIÓN Y DETERIORO

## En el suelo

- Resistividad menor a 2000 ohm-cm.
- pH entre 5,5 y 8,5 en suelos con alto contenido orgánico.
- Concentraciones de sulfato mayores a 1000 ppm.

## En el agua

- Contenido de cloruro mayor a 500ppm.
- pH inferior a 5,5.
- Concentraciones de sulfato mayores a 500 ppm.

Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

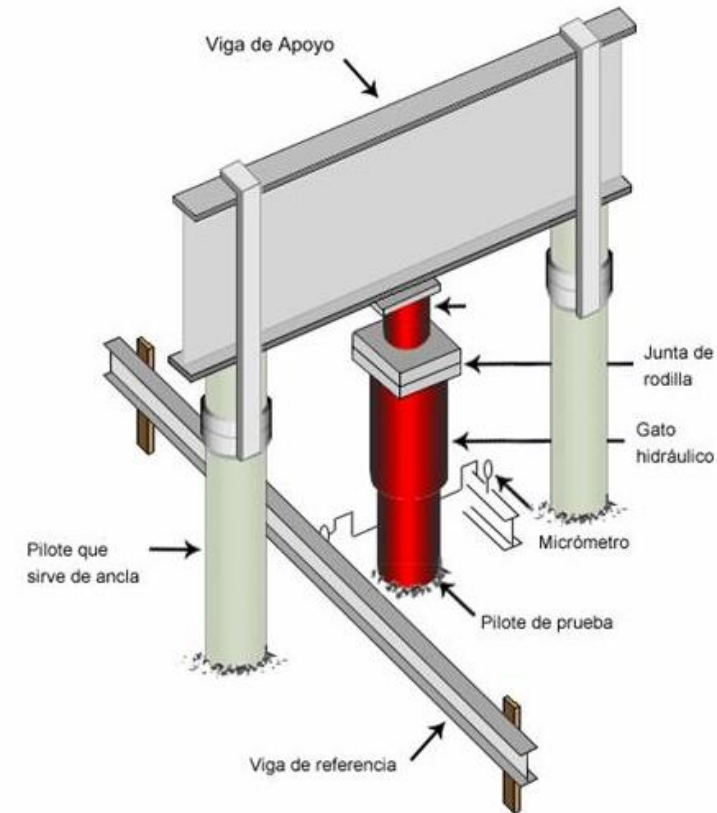
- Pilotes prefabricados de concreto (Hincados)
  - Carga de compresión axial estática (ASTM D 1143).
  - Carga de tensión axial estática (ASTM D 3689).
  - Carga lateral estática (ASTM D 3966).
  - Prueba de carga dinámica de alta deformación (ASTM D 4945).
  - Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic (ASTM D 7383).

Con el patrocinio de:



# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Carga de compresión axial estática
- Evaluar la capacidad de carga lateral del pilote.
- Comprobar el diseño.



Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Carga de tensión axial estática
  - Evaluar la distribución de la resistencia al corte lateral a lo largo del fuste del pilote.





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Carga lateral estática
  - Conocer la distribución de la resistencia lateral a lo largo del fuste del pilote.



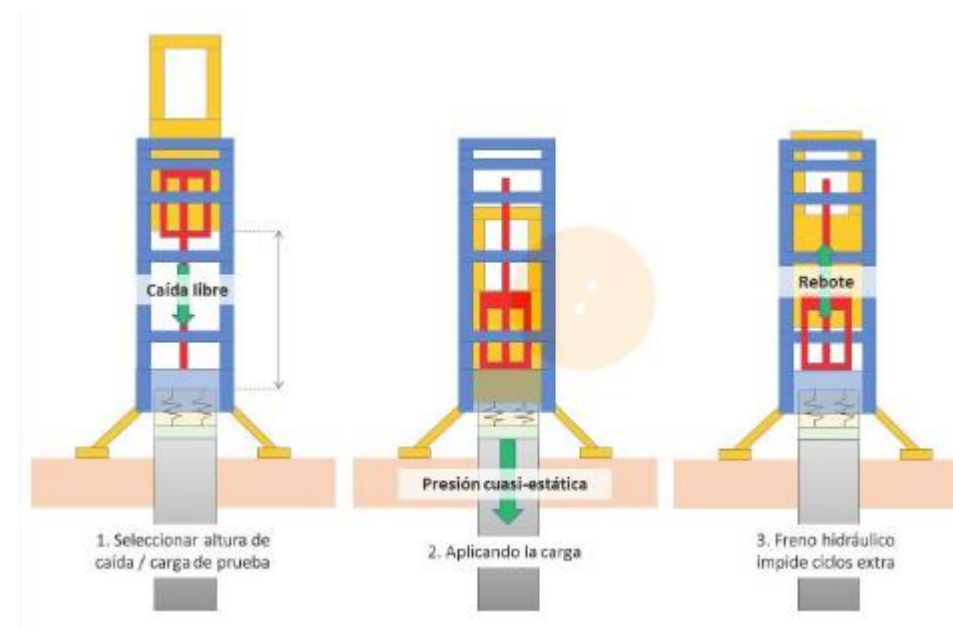
Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Prueba de carga dinámica de alta deformación
- Determinar la capacidad de carga última para esfuerzo estáticos.



Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic
  - Determinar la capacidad de carga última.
  - Se obtienen resultados en corto tiempo



# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Pilotes Preexcavados

- Carga de compresión axial estática (ASTM D 1143).
- Carga de tensión axial estática (ASTM D 3689).
- Carga lateral estática (ASTM D 3966).
- Prueba de carga dinámica de alta deformación (ASTM D 4945).
- Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic (ASTM D 7383).
- **Prueba de integridad de baja deformación por impacto (ASTM 5882)**
- **Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote - crosshole testing (ASTM 6760)**

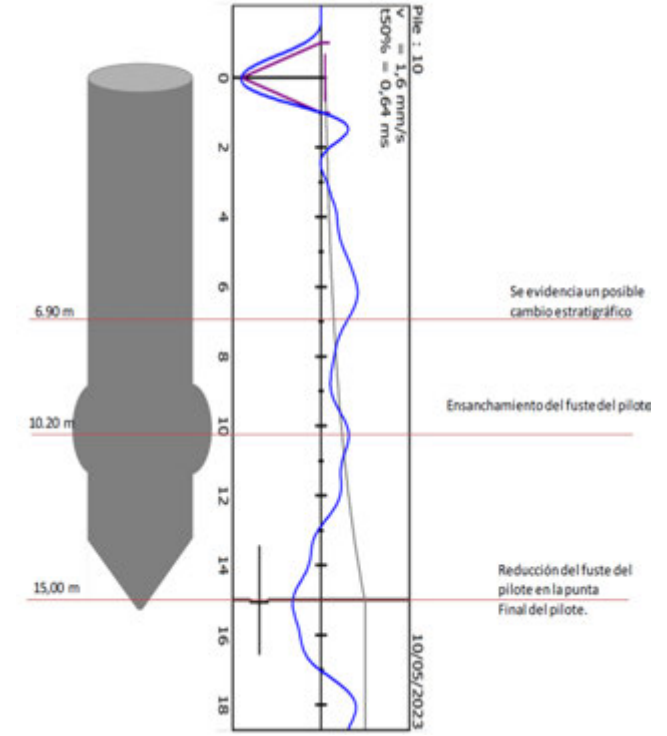
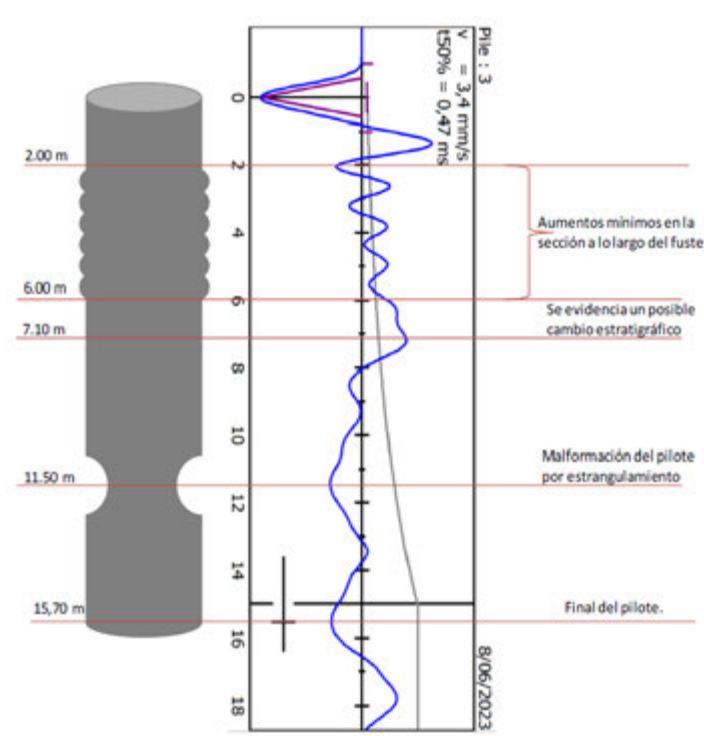
Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Prueba de integridad de baja deformación por impacto
- Evaluar la integridad geométrica del pilote.



Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS



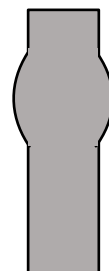
Final



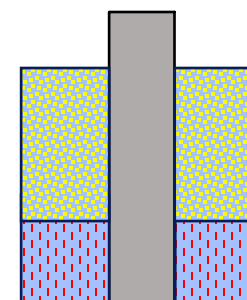
Contaminación



Fractura



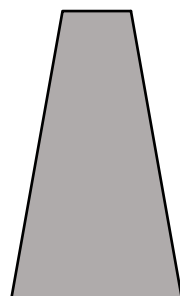
$\Delta$  diámetro



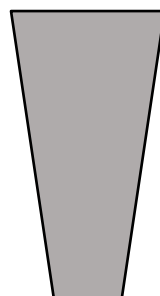
Cambios  
estratigráfico



Cambios de  
materiales



Aumento de  
diámetro  
gradualmente



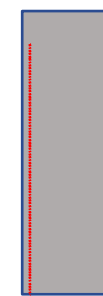
Disminución de  
diámetro  
gradualmente



Forma de  
Curva



Baja  
Contaminación



Pérdida local  
de cobertura



Escombros

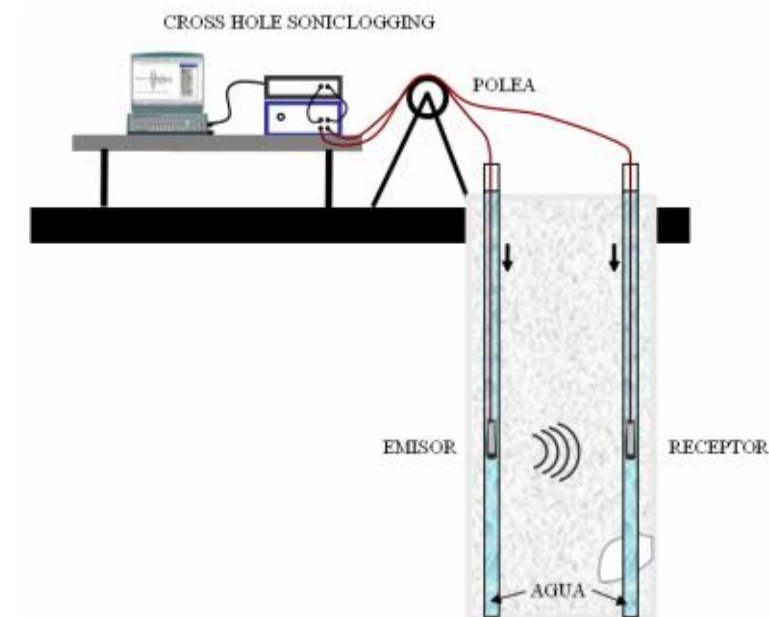
Con el patrocinio de:





# PRUEBAS DE CAMPO SOBRE PILOTES CONSTRUIDOS

- Prueba de Cross Hole ultrasónico
- Determinar la integridad la calidad y consistencia del concreto.





# CONTROL DE CALIDAD - ACEPTACIÓN

## Pilotes pre-excavados

- Comprobar el control de calidad de los materiales.
- Verificar la verticalidad de la excavación.
- El desplazamiento horizontal no debe exceder el 10% del diámetro del pilote.
- El concreto no debe quedar más de 15cm por encima de la canasta de refuerzo.
- El fondo de la excavación del pozo debe tener una desviación máxima de 6cm/m.

## Pilotes hincados

- Deben cumplir con las dimensiones del diseño.
- Superficies lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.
- La desviación del alineamiento de un pilote no puede ser mayor de 3% de la longitud del pilote.
- El desplazamiento de la cabeza del pilote no debe diferir más de 10cm.

Con el patrocinio de:





**EVENTO PRESENCIAL**  
**PILOTES Y PANTALLAS EN CONCRETO: SOLUCIÓN PARA CIMENTACIONES**  
5. Instrumentación, control de calidad y supervisión en pilotaje.

Organiza:



“LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, LA INSTRUMENTACIÓN Y LAS PRUEBAS EN CAMPO SOBRE ELEMENTOS CONSTRUIDOS SON EL ÉXITO Y LA SOSTENIBILIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES”

Con el patrocinio de:

