



## Serie Internacional

# PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

De la evaluación a la prevención

Módulo II

2. Patologías en Cimentaciones



Conferencista:

**Jorge Alberto Rodríguez**

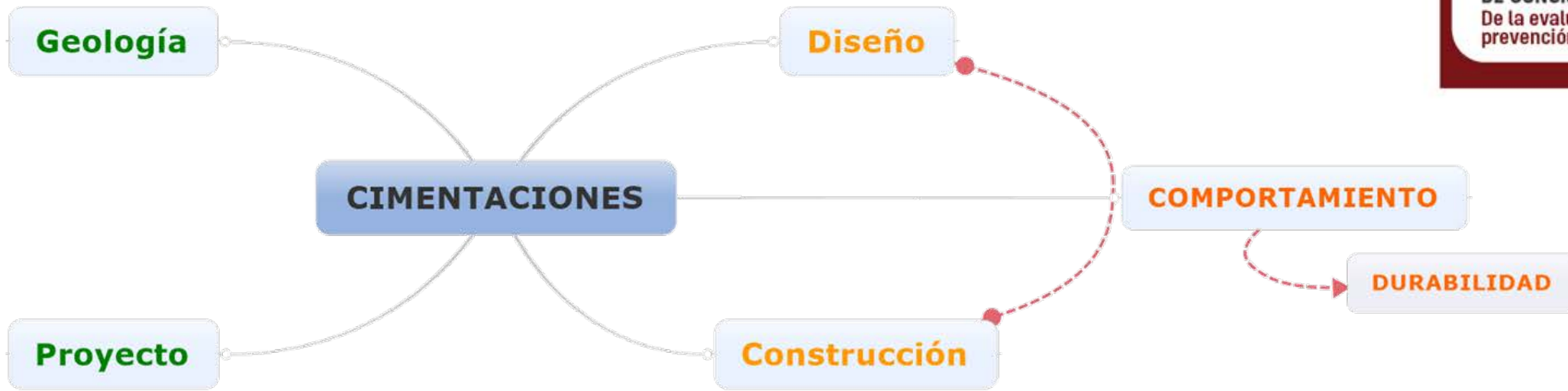
JEOPROBE

Colombia

## 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.





**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Bases - Tablas

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Muelle Cero Santa Domingo  
Avenida Libertad

www.cong-3.org



Organizan:

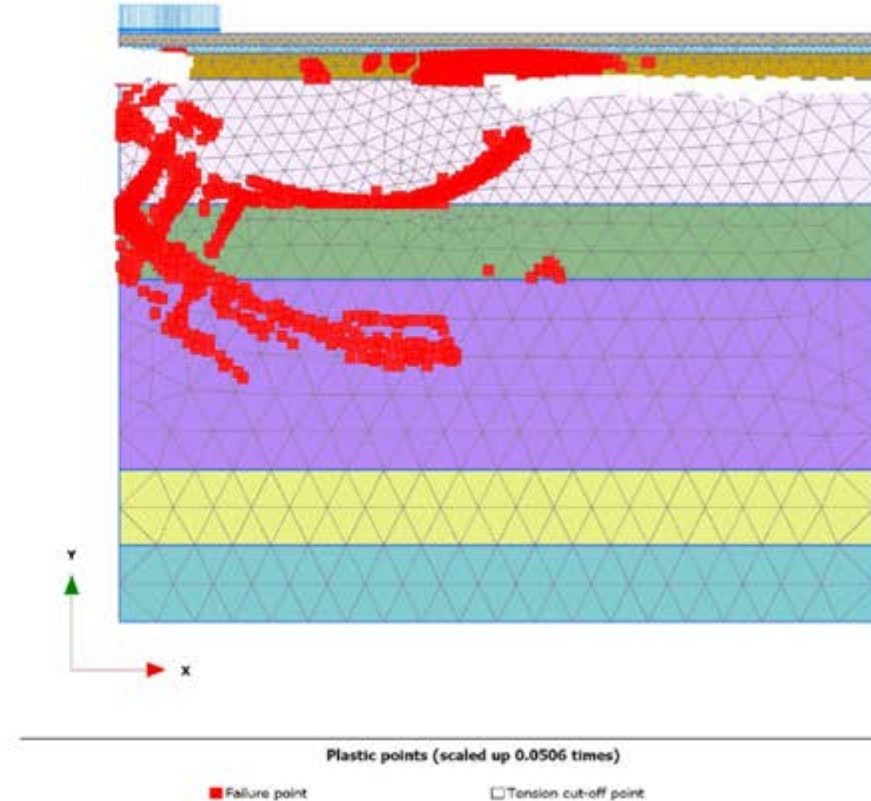


Apoyan:





# Falla de cimentación superficial por sobrecarga



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022 | Hotel Mariscal Caceres Torres Torres | Arequipa - Perú

www.cong-ing.cl | www.fortigordp.org



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# VISIÓN GEOTÉCNICA DE LOS EDIFICIOS: SPACE Y BERNAVENTO

**BERNARDO VIECO Q.**  
Gerente  
Vieco Ingeniería de Suelos S.A.S.



## SPACE ANTES DE LA IMPLOSIÓN



**XVI CCG SIIS**  
Paipa - Colombia



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Cayo Santa Teresa - Bogotá - Colombia

www.cong-prefab.org



Organizan:



Apoyan:



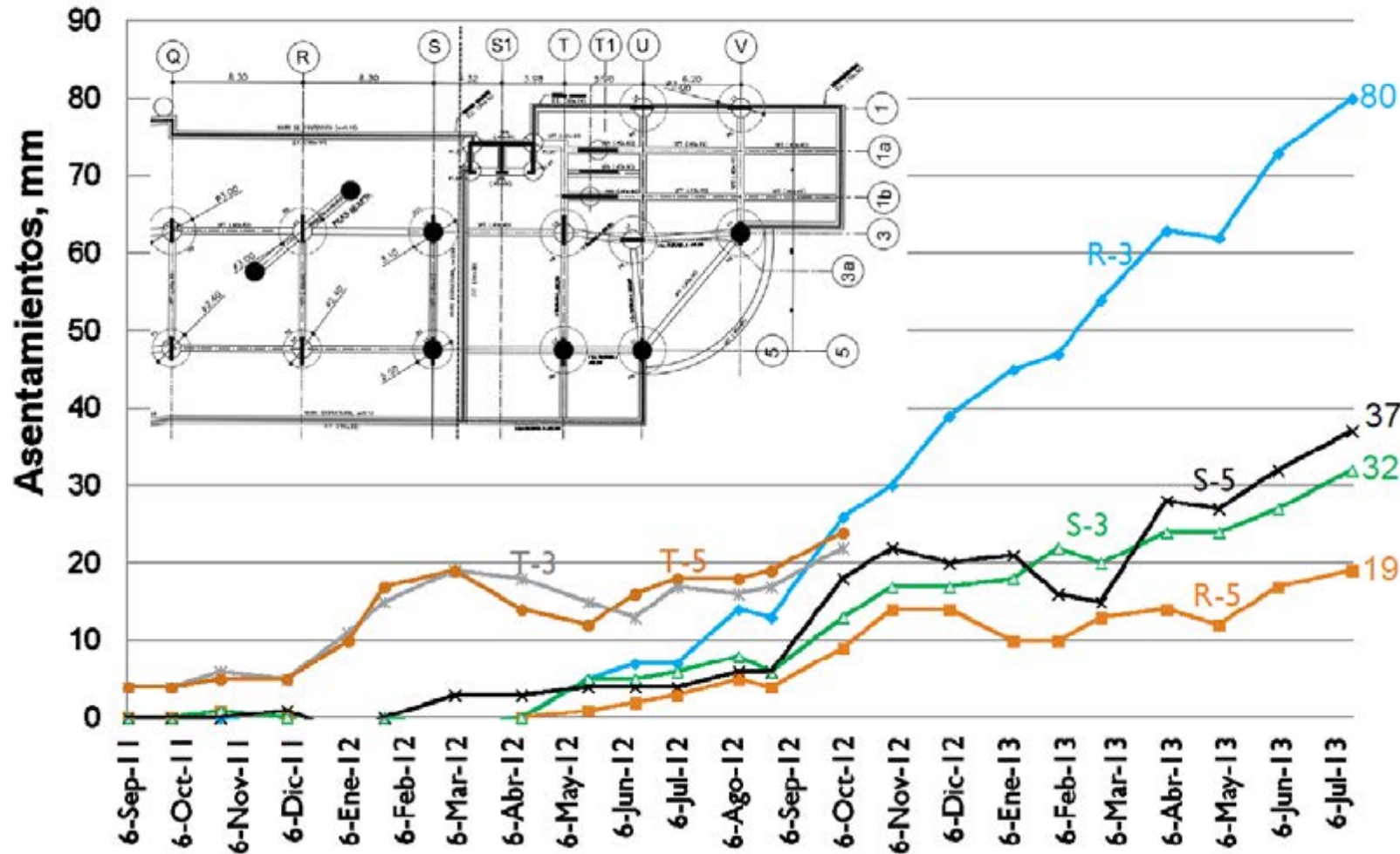


**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# ASENTAMIENTOS TORRE 6 (mm)

Paipa Colombia



**3º Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Reparat - Tablar

Del 4 al 6 de julio de 2013

Hotel Mariscal Cayo Santa Teresa, Paipa - Colombia

www.cong.org.co | www.fonlog.org.co



Organizan:



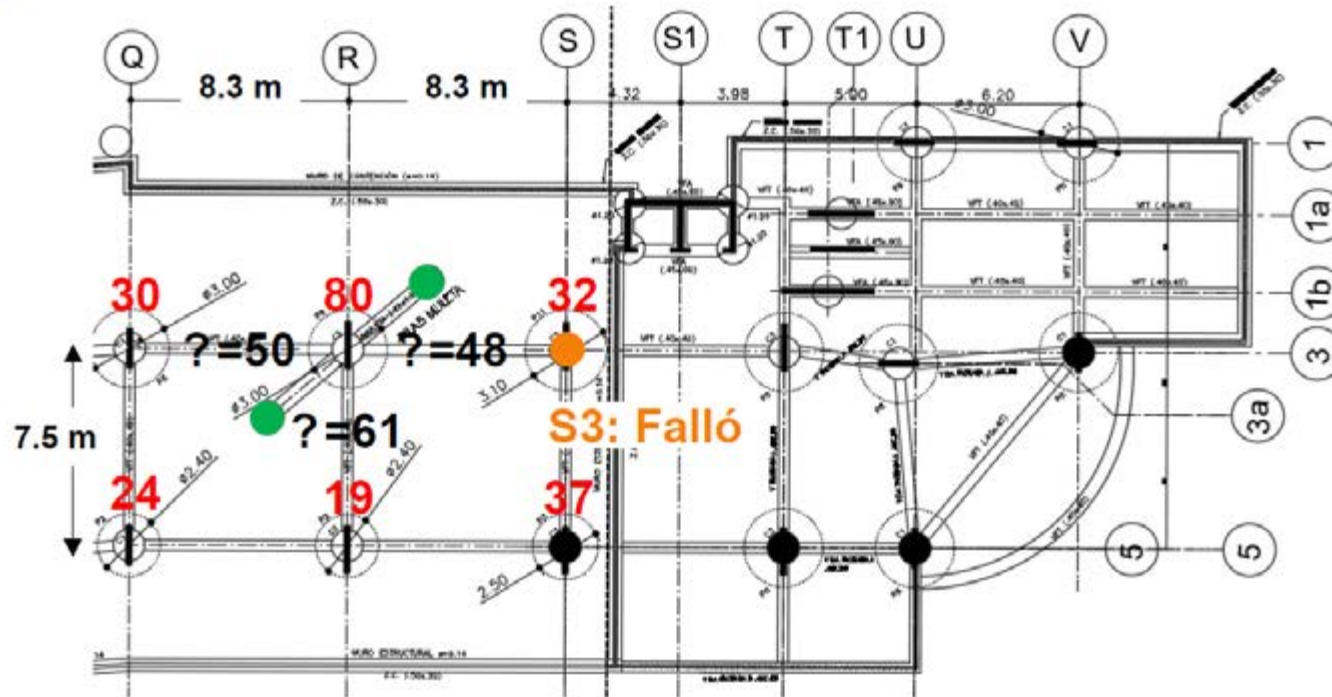
Apoyan:





## ASENTAMIENTOS TORRE 6 (mm)

Paipa - Colombia



### Asentamiento excesivo Pila R3

Profundidad de apoyo de esta pila: 16 m, profundidad insuficiente, pues las pilas vecinas bajaron entre 21 y 26 m. Vaciado de la pila sobre 2 m de suelo derrumbado, sin revisión ni consulta del Ing. de suelos.

Asentamiento máximo 80 mm. Asentamiento diferencial con las vecinas entre 48 y 61 mm.

Propuesta "pilas muleta".



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# BERNAVENTO



Tomado de: (El Colombiano, 2018)



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Reparo - Tablaros

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Cayo Santa Teresa  
Aguilón - Guayaquil

www.cong-3.org



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



## ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS (I)

- En junio del 2007 se inician las obras con un estudio de suelos realizado a partir de 4 perforaciones entre 4.5 y 5.5 m de profundidad. ¡**APROBADO POR LA CURADURÍA!**
- Excavaciones para sótanos entre 3 y 5 m. ¡**El estudio se fue en las volquetas!**
- No se realizaron ensayos de laboratorio y las perforaciones se hicieron con equipo manual.
- Según NSR-98, se requerían un mínimo de 6 sondeos de 30 m de profundidad, donde por lo menos el 50% debía cumplir con profundidad mínima especificada.
- Por solicitud de la interventoría se realizaron dos sondeos adicionales de 12 y 25 m, de lo cuales nunca aparecieron registros.
- Recomendación de cimentación: pilas de 15 m de profundidad con una capacidad de soporte de 150 tn/m<sup>2</sup> (1500 kPa).
- En 2014, la administración solicita estudio de patología: suelos y estructura.



Organizan:



Apoyan:

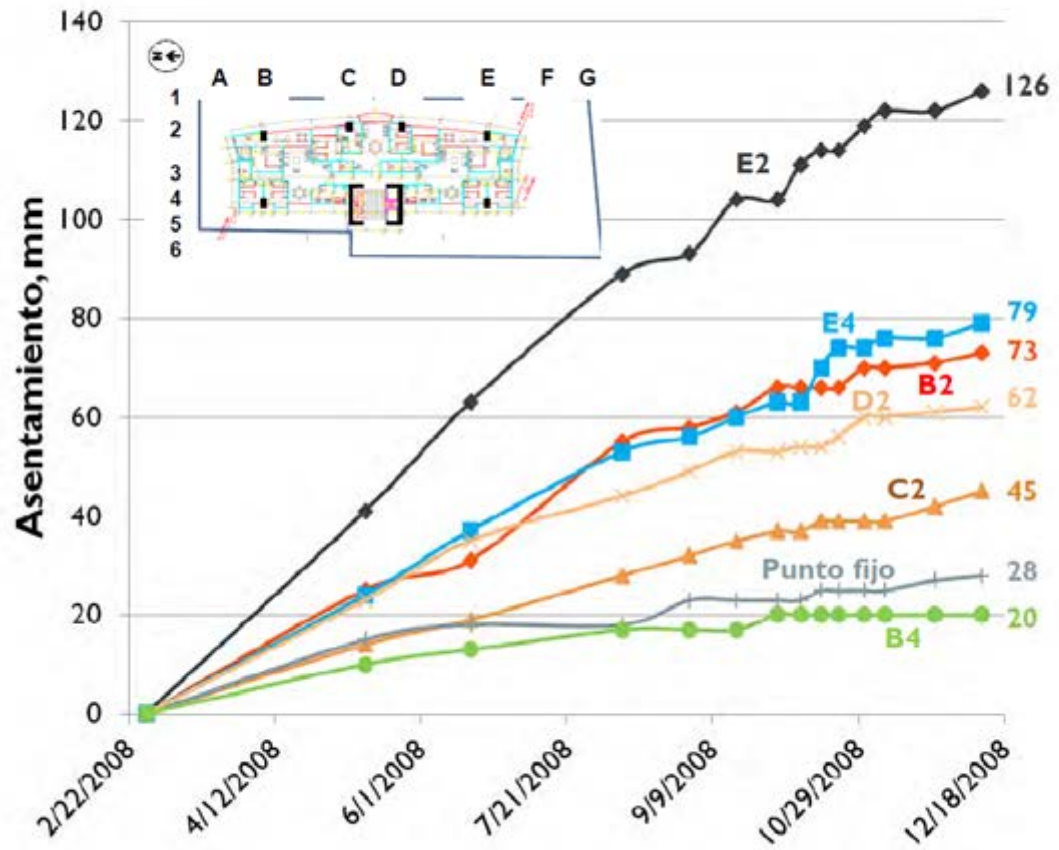




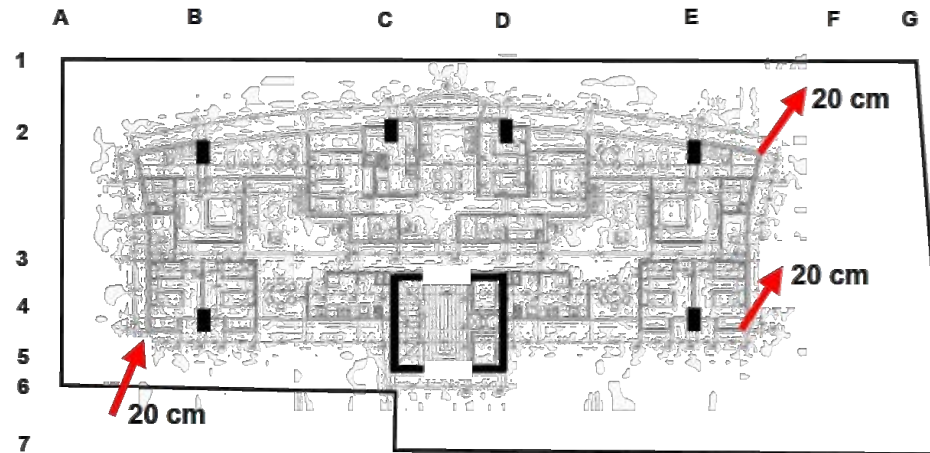
**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# ASENTAMIENTOS DURANTE CONSTRUCCIÓN 2008



Control de asentamientos empieza 8 meses después de iniciadas las obras



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Moven City Santa Teresita  
Arequiva - Perú

www.cong.org.pe | www.fomigru20p.org



Organizan:

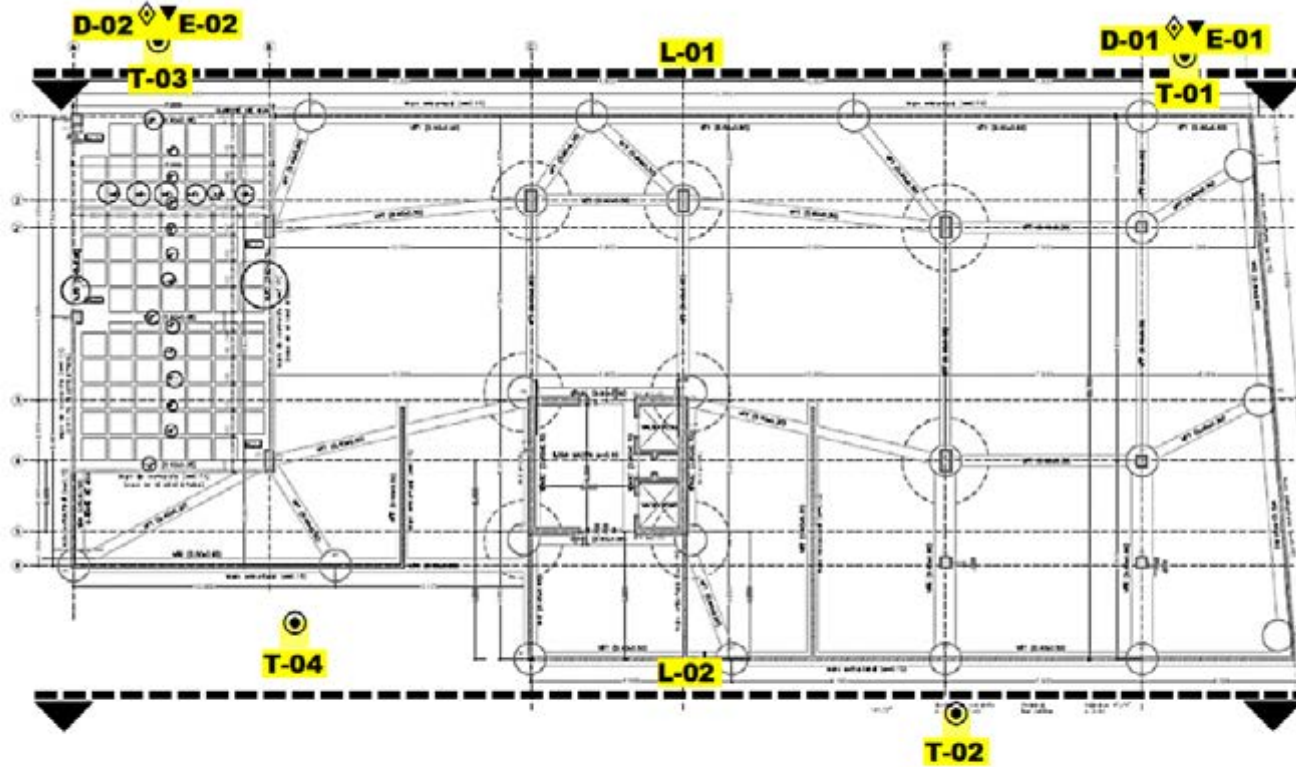


Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



**CONVENCIONES**

- Perforación con SPT
- Ensayo con CPT
- Ensayo con SDMT
- Línea Sísmica



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura · Edificación · Obras · Tablas

Del 4 al 6 de julio de 2022

Organizan: Apoyan:

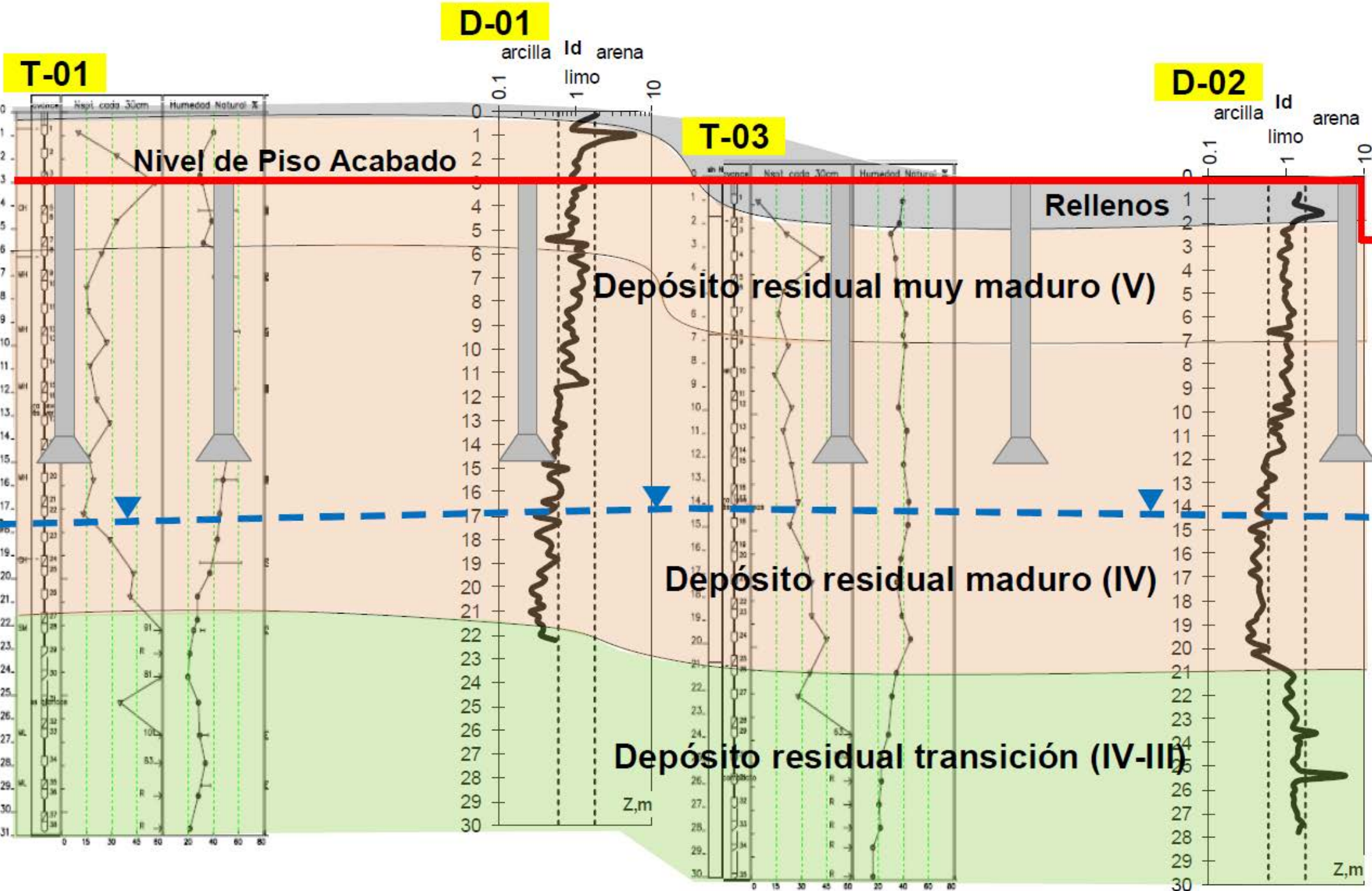


Organizan:



Apoyan:





**D-01**

**T-01**

**D-02**

**T-03**

Nivel de Piso Acabado

Rellenos

Depósito residual muy maduro (V)

Depósito residual maduro (IV)

Depósito residual transición (IV-III)

Z,m

Z,m

Pacas



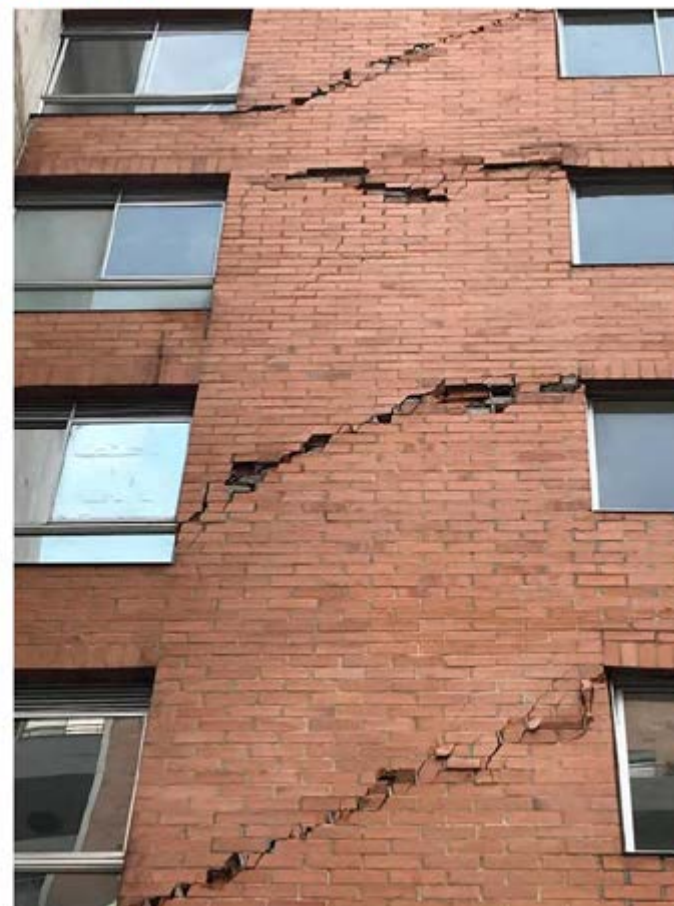
**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



### ESTADO DE LAS VIGAS DE AMARRE (I)



### FACHADA 2018



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Reparo - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022 | Hotel Mariscal Caceres Torres | Arequipa - Perú

Organizan:   

Apoyan:  

www.ibercon.org | www.fortigordip.org



Organizan:

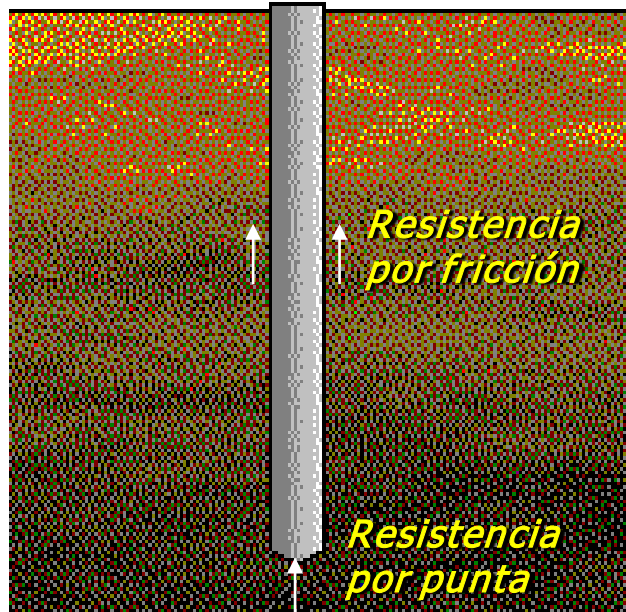


Apoyan:





## • Diseño de pilotes



≠

## • Elementos construidos Construidos



Se hace necesario determinar la forma final, la calidad, la funcionalidad de estos elementos una vez ya construidos: **ensayar para identificar y valorar patologías**



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# Factores determinantes del comportamiento / Patología:



Organizan:



Apoyan:





# Elementos de diagnóstico y control

## ¿Diseño?

- Entendimiento de la Geología**
- Entendimiento del suelo**
- Prever sistema constructivo**
- Pruebas de carga :**
  1. Estáticas
  2. Dinámicas (PDA)
  3. Pruebas de hinca

## ¿Construcción?

- CONTROL DE CONSTRUCCION**
- Pruebas de integridad de pilotes ( PIT)**
- Prueba de Cross Hole Sonic Logger (CSL)**
- Pruebas de carga :**
  1. Estáticas (convencional, bidireccional)
  2. Dinámicas (PDA)
  3. Pruebas de hinca



Organizan:



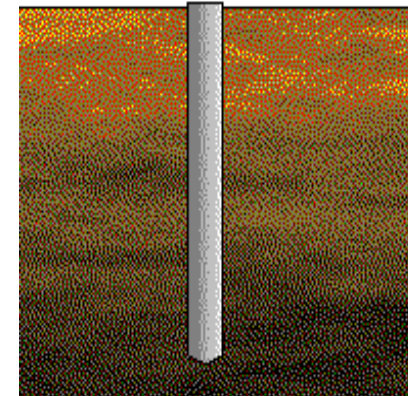
Apoyan:





# Diseño

- Elemento imaginario, forma perfecta, funcionamiento idealizado.
- Capacidad de carga (teórica ):Capacidad admisible:  $f$ (factor de seguridad) : incertidumbre de la formulación geotécnica, del estudio de suelos y la construcción
- Comportamiento (deformaciones)



**Como construirlo?**

**Se tuvo en cuenta en el diseño el proceso constructivo de los pilotes?**

**Especificaciones de construcción de los pilotes?**

CEMENTO ALION  
 UNACEM  
 Holcim  
 cementos PROGRESO  
 3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO  
 Del 4 al 6 de julio de 2022



# Entendimiento del Comportamiento del suelo o roca y del sistema de cimentación

Hay varios aspectos del comportamiento del suelo que pueden afectar el funcionamiento de pilotes. Entre otros:

- Reducción de resistencia por efecto de remoldeo que afecta de forma diferente a pilotes hincados y pre-excavados, especialmente en suelos arcillosos.
- Efectos de la resistencia de los suelos granulares (Dilatancia, rugosidad, sobre tamaños, densificación).
- Efectos de comportamiento de suelos arcillosos que dependen del tiempo (**consolidación**, creep, resistencia dependiente de la velocidad de aplicación de las cargas).
- En rocas la resistencia en pilotes es la de adhesión concreto – roca. Esta es muy diferente a la resistencia de la roca.
- Relajación de la roca después de una hinca.







Organizan:



Apoyan:

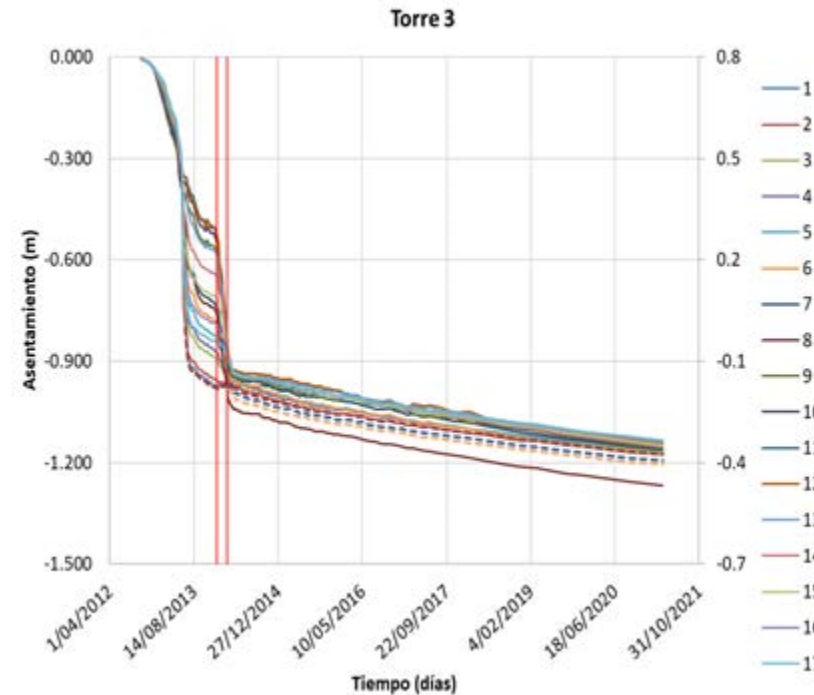
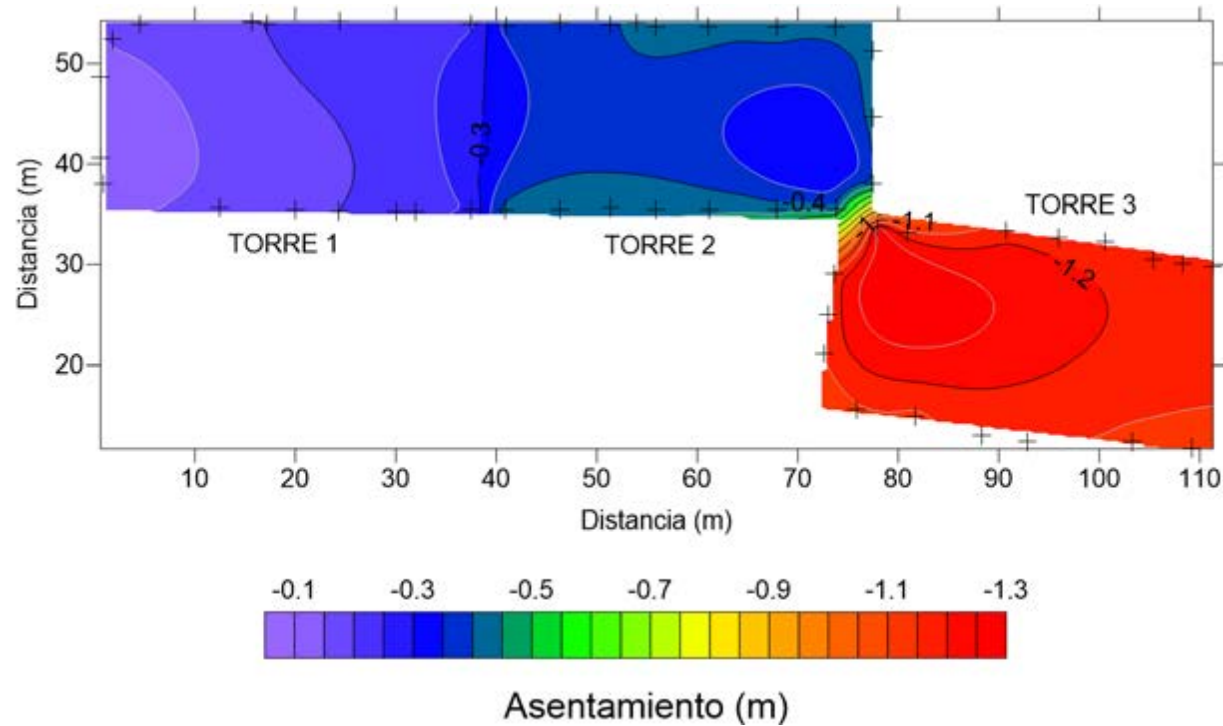




# Sistemas combinados con pilotes de fricción

## Capacidad / comportamiento

## interacción con edificaciones cercanas



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hoteles: **Marina Cayo Santa Teresa** / **Algará / Villahermosa**

www.cong.org.gt | www.fomigur20p.org

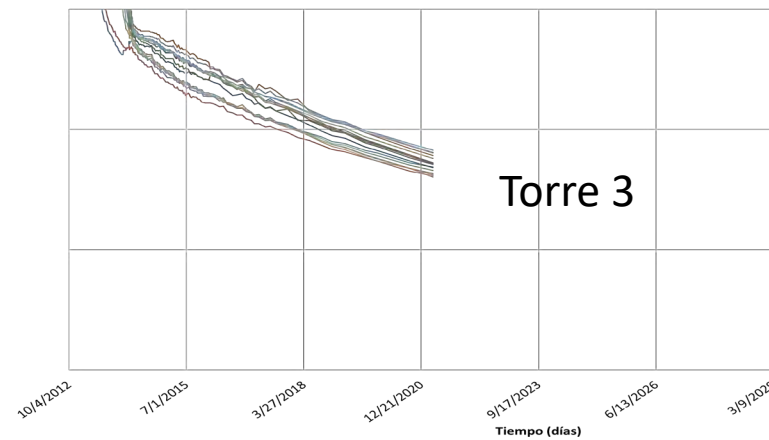
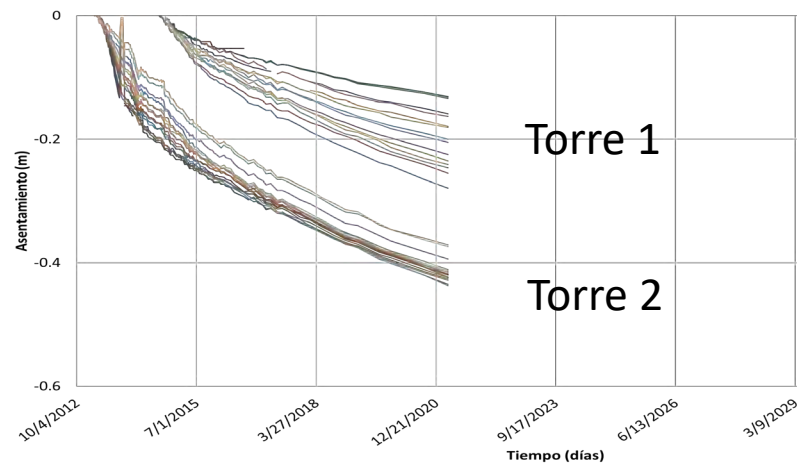
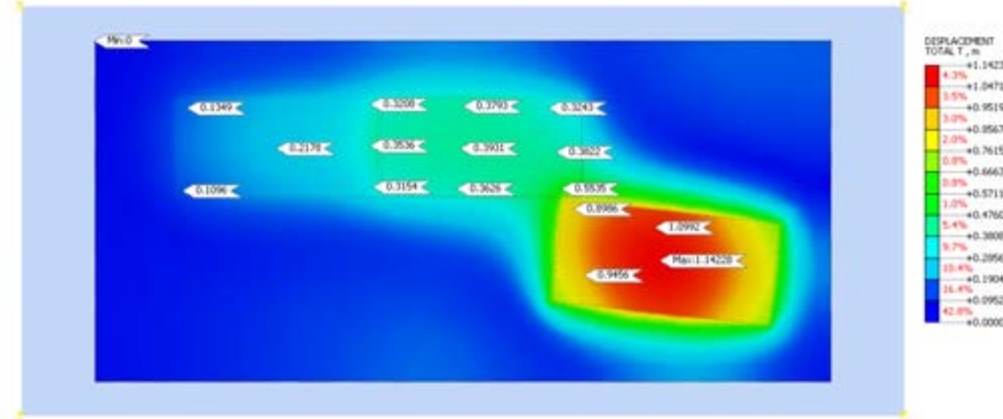
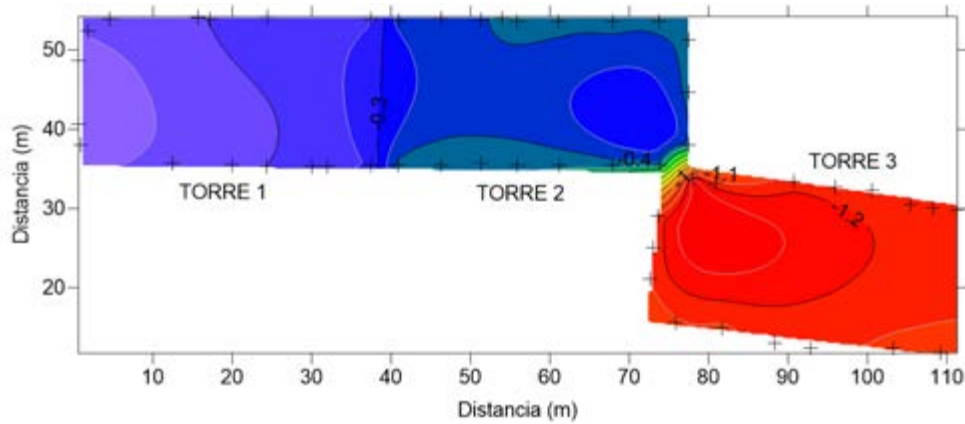


Organizan:



Apoyan:





CEMENTO  
**ALION**  
BETA corone

**UNACEM**

**Holcim**

CEMENTOS  
**PROGRESO**

**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Ripper - Tablero

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Movenpick Costa Caribe Curacao  
Avenida V. Chiriquí

www.3cong.org | www.tontigun20p.org

**Pacasmayo**

**CEMEX**

**EUCLID CHEMICAL  
TOXEMENT**

CEMENTO  
**YURA**

Organizan:

**PROCEMCO**  
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

**ASOCEM**  
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

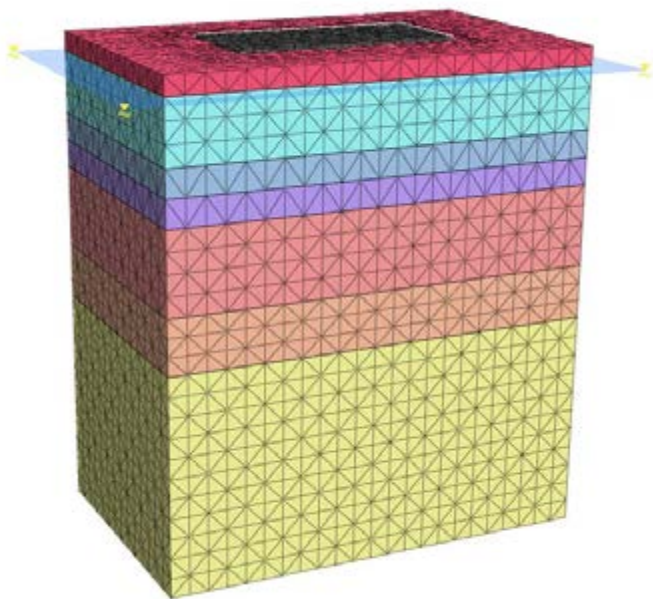
**IBCE**  
INSTITUTO IBEROAMERICANO DE CEMENTO Y CONCRETO

Apoyan:

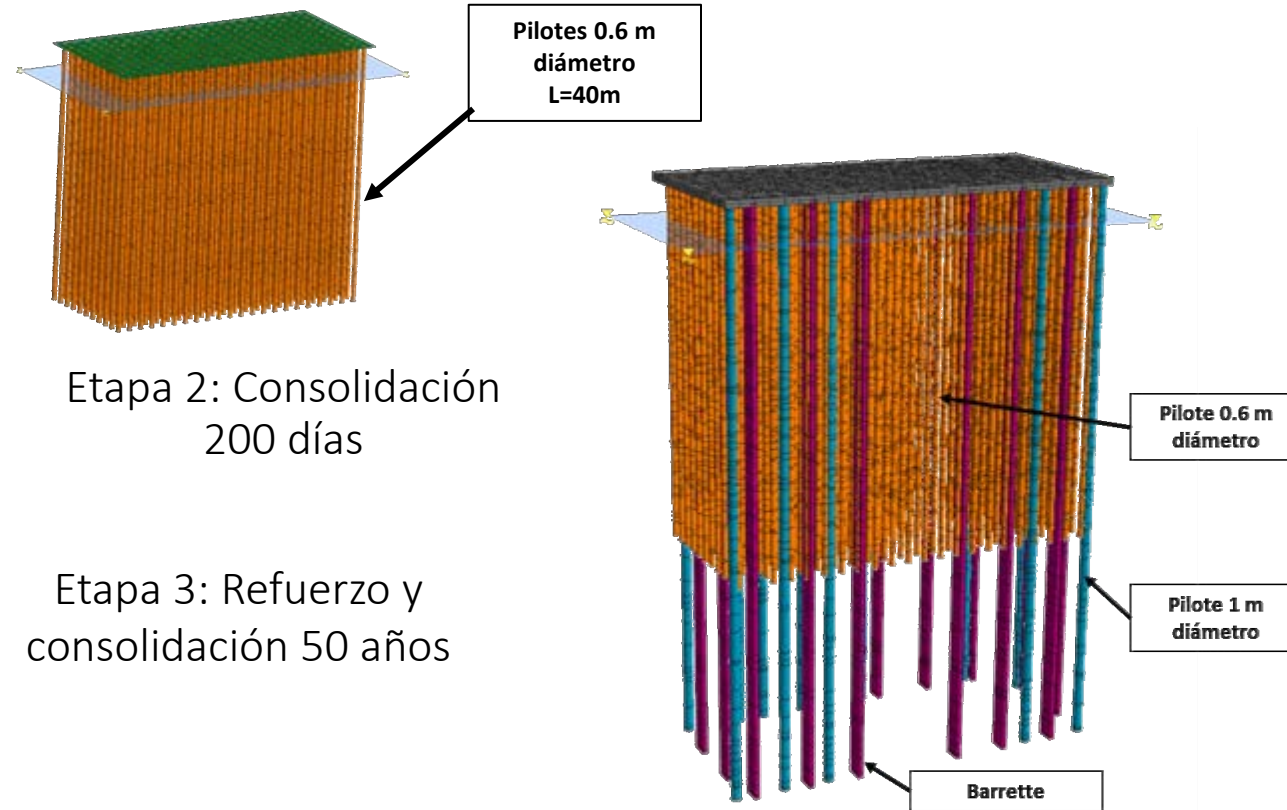


# Modelo de elementos finitos (Geometría)

Premisas del modelo numérico  
Hardening soil small strain



- Etapa 1: construcción 250 días
- Etapa 2: Consolidación 200 días
- Etapa 3: Refuerzo y consolidación 50 años



Organizan:



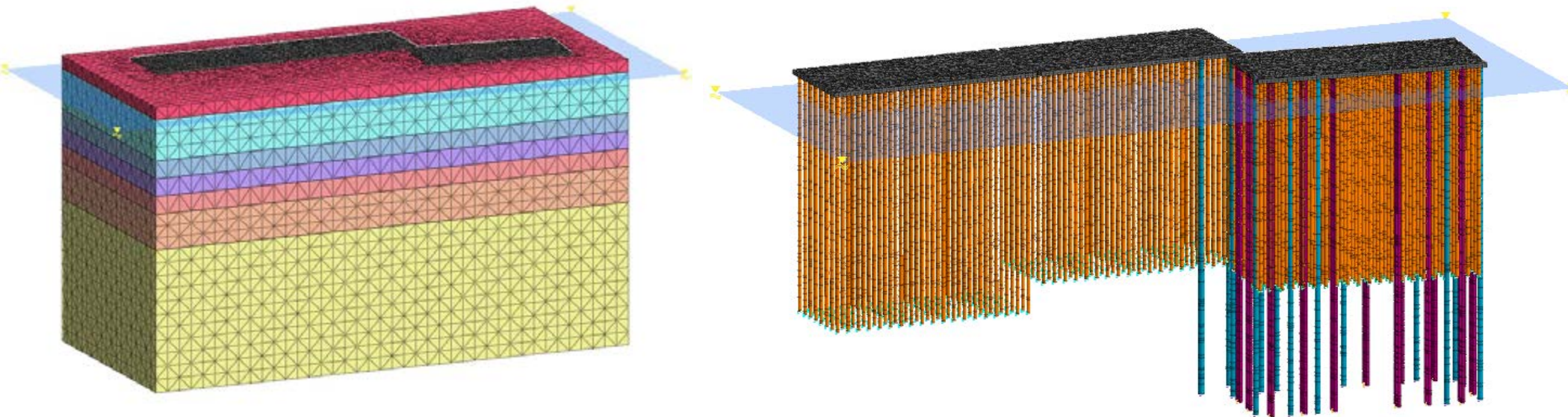
Apoyan:





# Etapas de modelación (3 Torres)

Construcción torre 3 + Consolidación al día 2323 + Consolidación al día 15239  
(50 años)



Organizan:

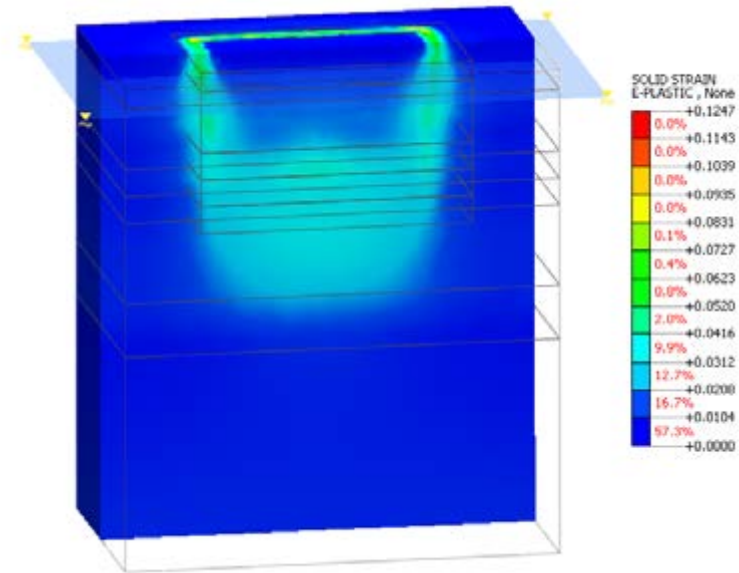
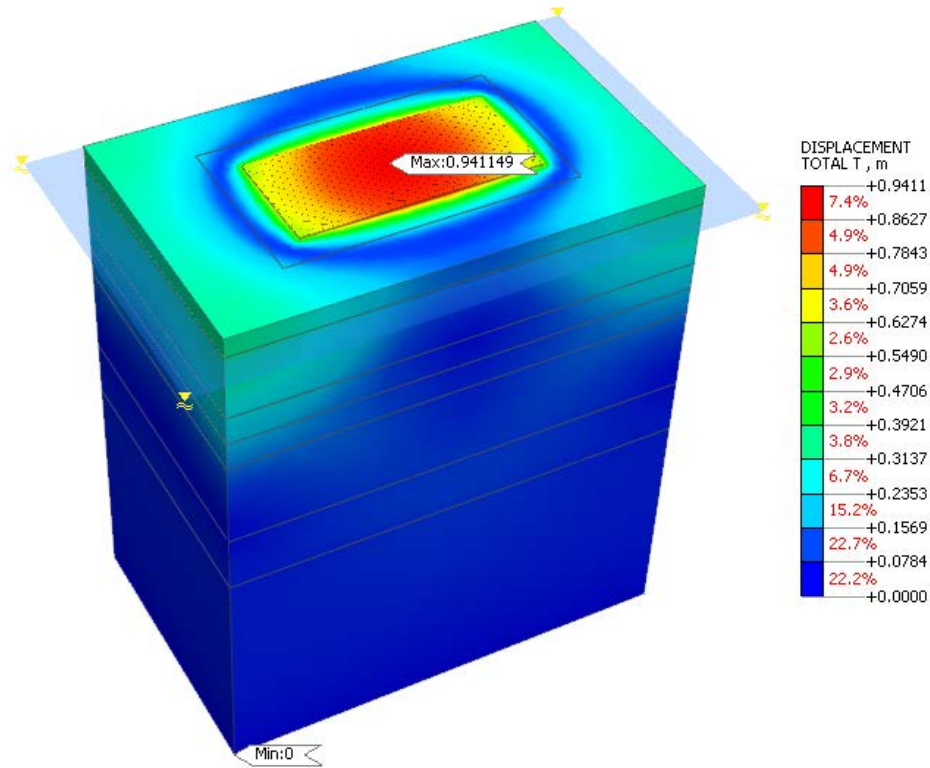


Apoyan:





Análisis de consolidación antes del refuerzo  
(Asentamientos 450 días – 0.94 m)



Falla de bloque



Organizan:

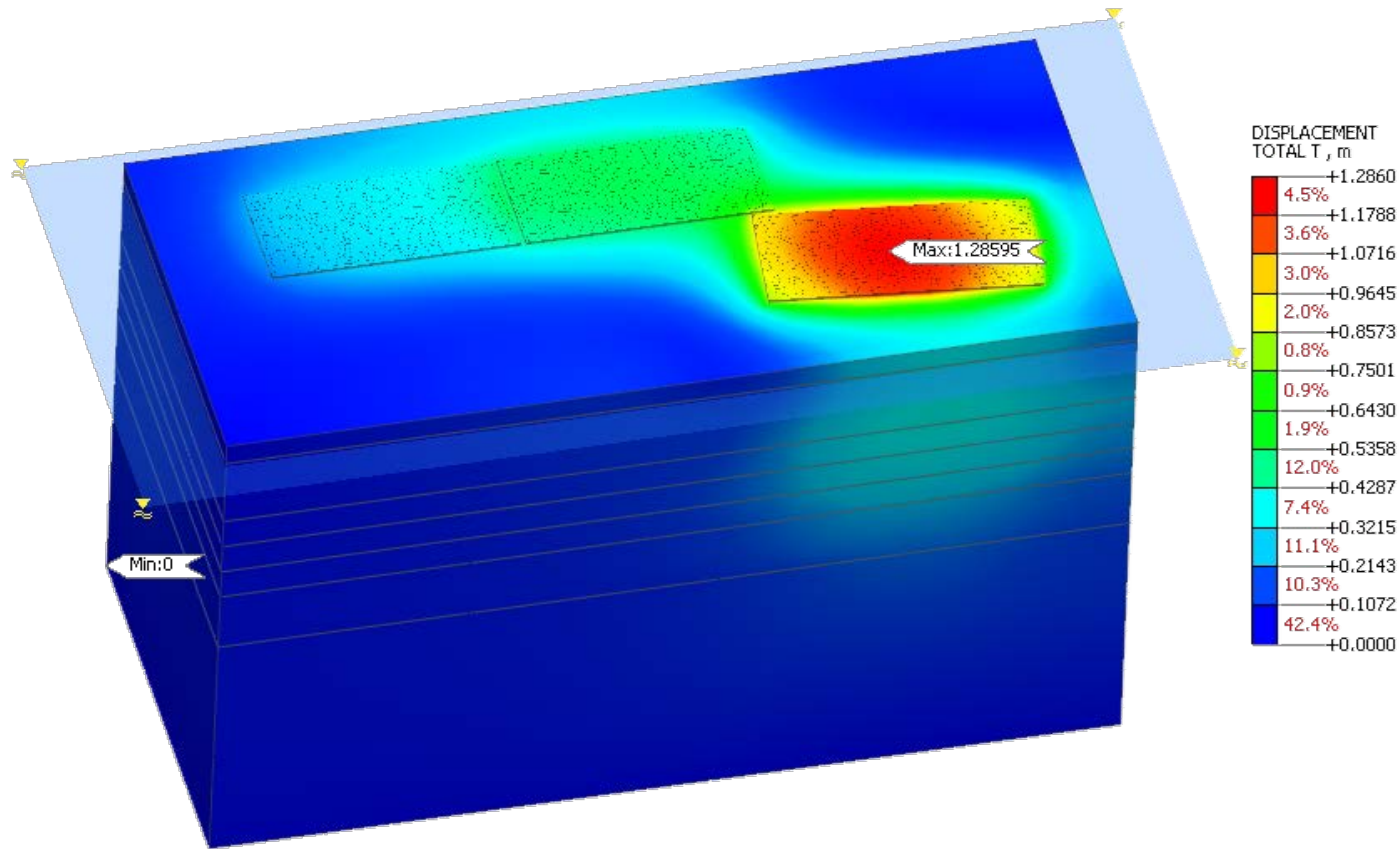


Apoyan:





Análisis de consolidación posterior al refuerzo  
(Asentamientos 10360 días (2040) – 1.38 m)



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Caceres Santa Teresita  
Arequiva - Perú

www.cong-ibc.org | www.congibc.org



Organizan:

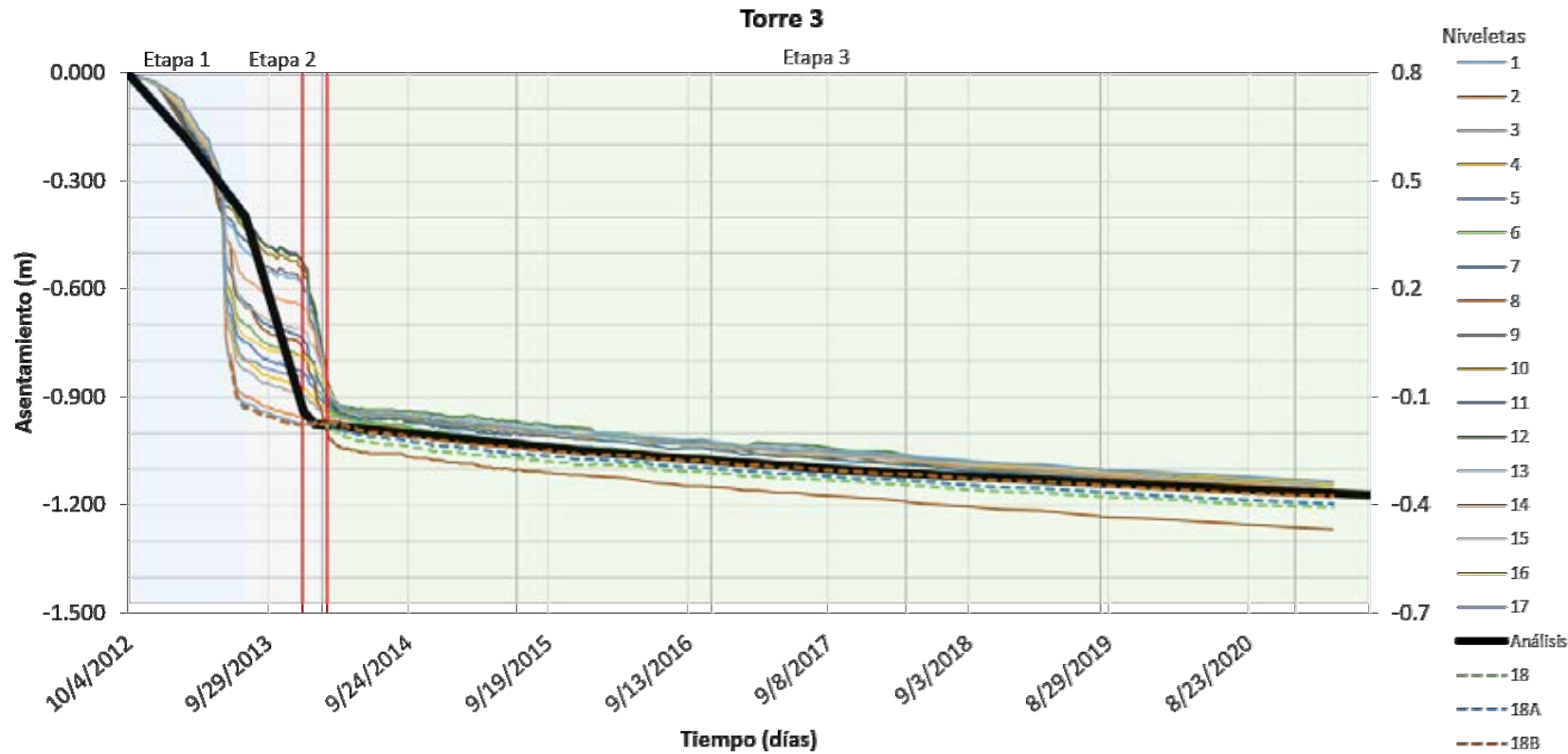


Apoyan:





## Análisis de consolidación Cálculo de asentamientos (8 años)



Organizan:

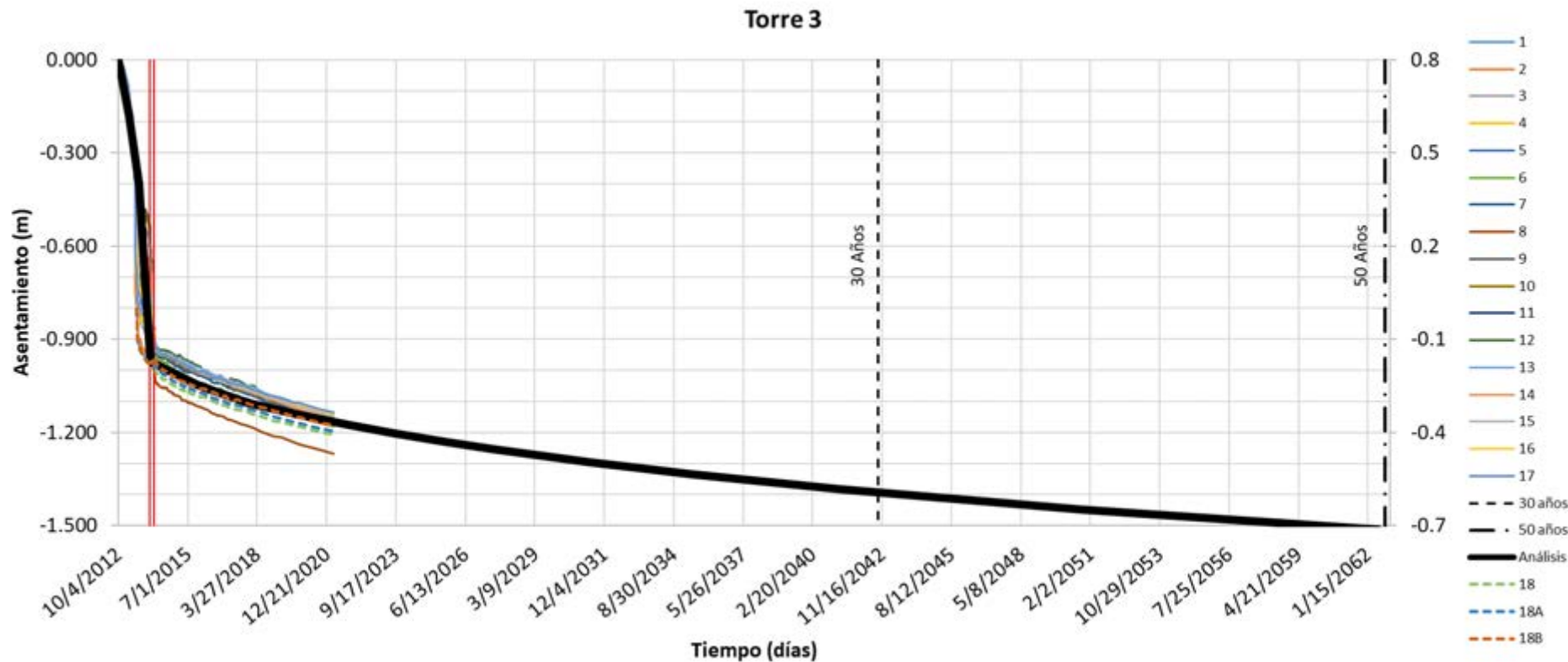


Apoyan:





# Análisis de consolidación proyectado a 50 años (25% adicional)



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura · Edificación · Puertos · Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Caceres Santa Teresita  
Arequiva - Perú

www.cong.org.pe    www.fonlogur20p.org



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



# El proceso constructivo del pilote afecta los suelos y al elemento estructural resultante



Organizan:



Apoyan:



# CONSTRUCCIÓN

## • Pre-excavado

- Método seco
- Método húmedo
- Encamisado  
(hincado/vibrado, caissons)
- Combinaciones
- Micropilotes (inyección)



- **Hinca:** prefabricado; sólido /  
tubular; punta abierta /  
cerrada,

## • Materiales

- Concreto
- Acero
- Lechada inyectada

## Los métodos constructivos son:

- 1) Determinantes **del funcionamiento de los pilotes.** (cuanto van a cargar y como van a tomar la carga).
- 2) Determinante de los problemas que se pueden presentar durante la construcción y su control (supervisión). En particular es muy importante llevar un registro lo más preciso, fiel y detallado posible de la construcción de cualquier tipo de pilote.

Por lo tanto se debe de alguna manera verificar como quedan construidos los pilotes y como van a tomar la carga



# Efectos de hinca

Durante la hinca se producen esfuerzos de compresión y de tensión en los pilotes que dependen de las condiciones de hinca (rigidez del suelo) y del tipo de martillo de hinca y procedimiento de hinca.

Los esfuerzos actuantes durante la hinca se deben comparar con los admisibles teniendo en cuenta la resistencia de los materiales, refuerzos y pre-esfuerzo y resistencia de las juntas si los hay.

También se presentan desviaciones que pueden generar daños estructurales y funcionales

Se pueden presentar diferentes problemas:

- Daños en los pilotes por sobre-esfuerzos de tensión o compresión durante la hinca.
- Capacidad insuficiente de los pilotes o imposibilidad de lograr los empotramientos requeridos para adecuado funcionamiento de los pilotes por carga lateral por equipo de hinca no adecuado.
- Daños por desplazamiento del terreno por hinca de pilotes aledaños



Organizan:

Apoyan:



## Daños en pilotes producidos durante la hinca



Organizan:



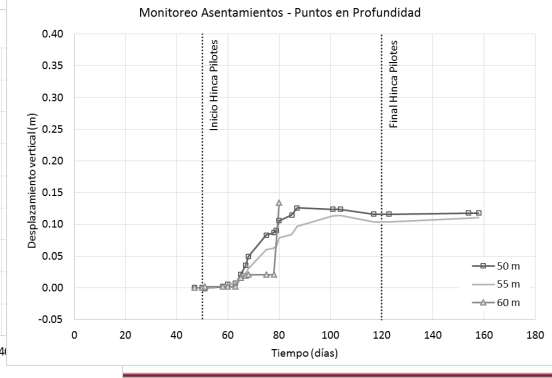
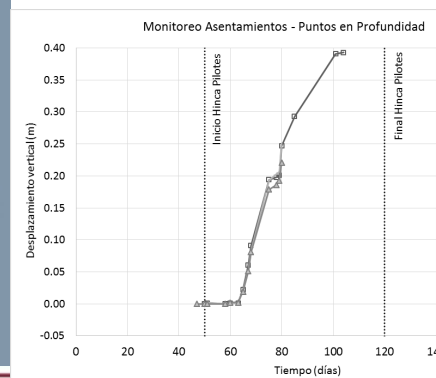
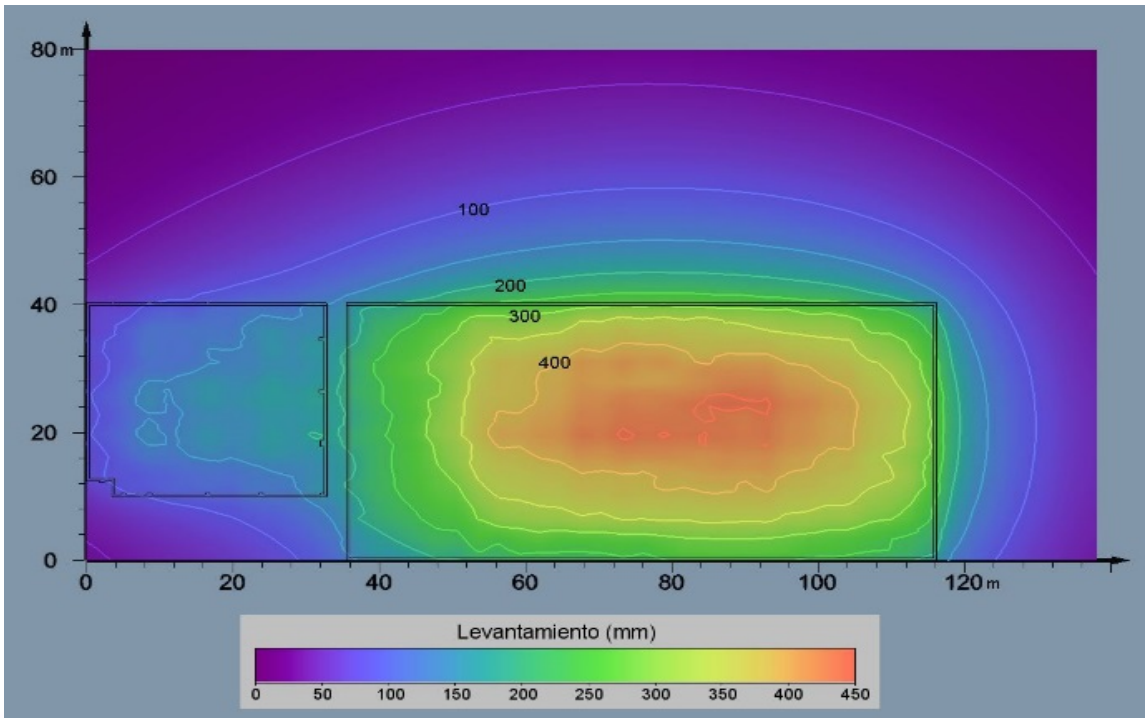
Apoyan:





Ejecución de más de 350 pilotes prefabricados de 40cm x 40cm de cuatro segmentos para longitudes totales de 43m y 52m. La instalación de los pilotes provocó un levantamiento que alcanzaron valores de hasta 45mm dentro del área del proyecto en superficie y 40mm a profundidades entre 15m y 25m y hasta 12mm a profundidades entre 55m y 60m.

La distancia de afectación llegó hasta los 30m por fuera del borde del proyecto y afectó las casas localizadas a 4m del borde del proyecto en donde hubo un levantamiento de hasta 20mm que luego se recuperó en el tiempo e incluso descendió del orden de 5mm respecto a su nivel original. Este efecto fue similar en otros puntos mas alejados pero de menor magnitud.



Organizan:

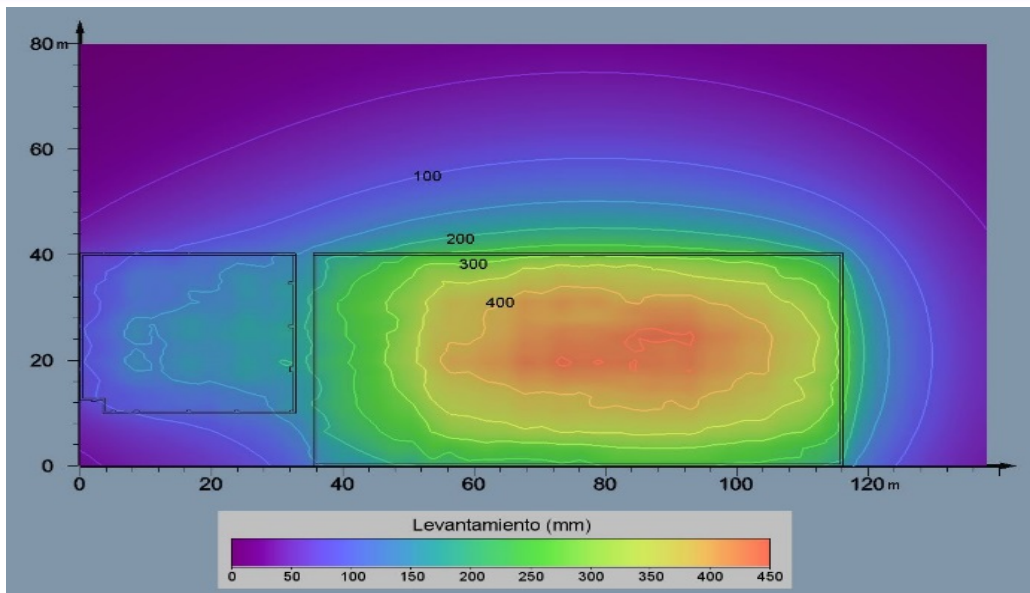


Apoyan:



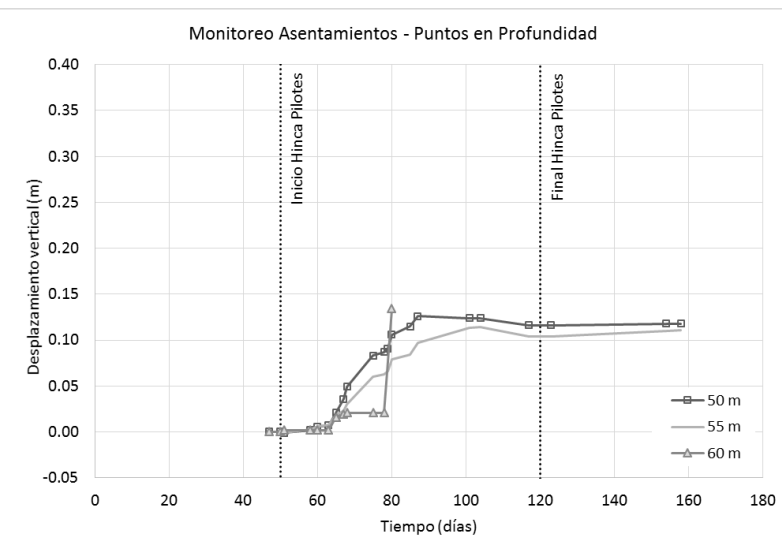
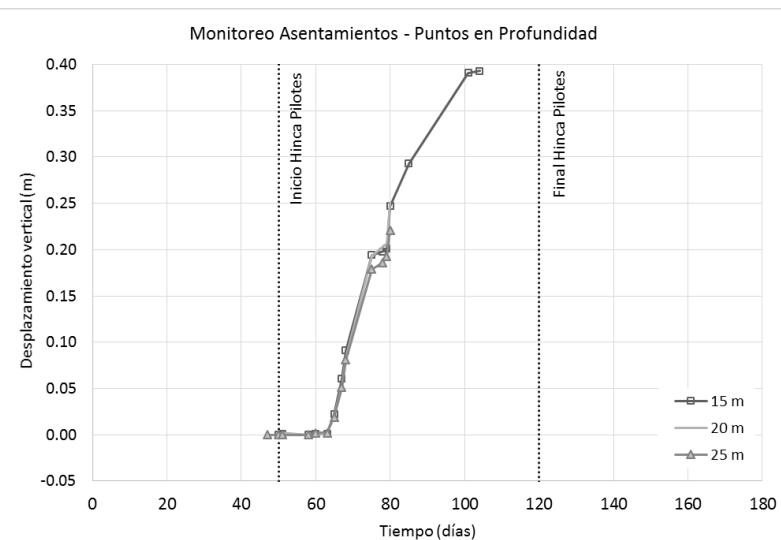


**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



Ejecución de más de 350 pilotes prefabricados de 40cm x 40cm de cuatro segmentos para longitudes totales de 43m y 52m.

La instalación de los pilotes provocó levantamientos que alcanzaron valores de hasta 45cm dentro del área del proyecto en superficie y 40cm a profundidades entre 15m y 25m y hasta 12cm a profundidades entre 55m y 60m.

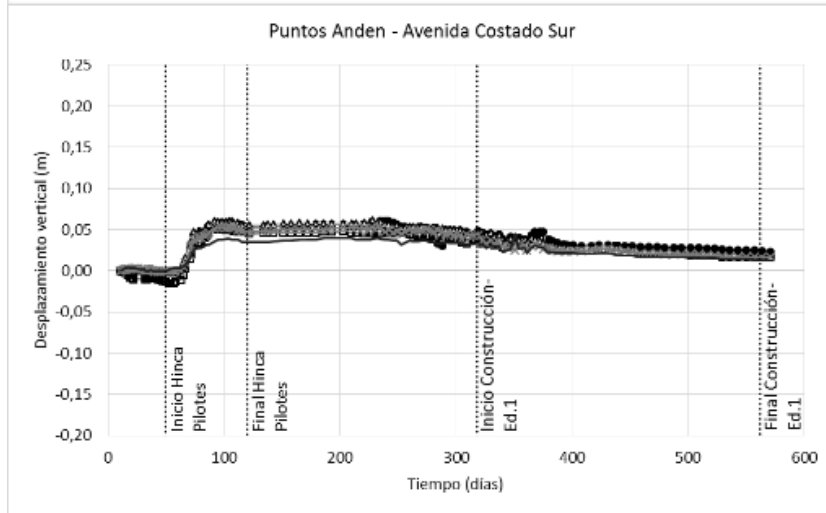
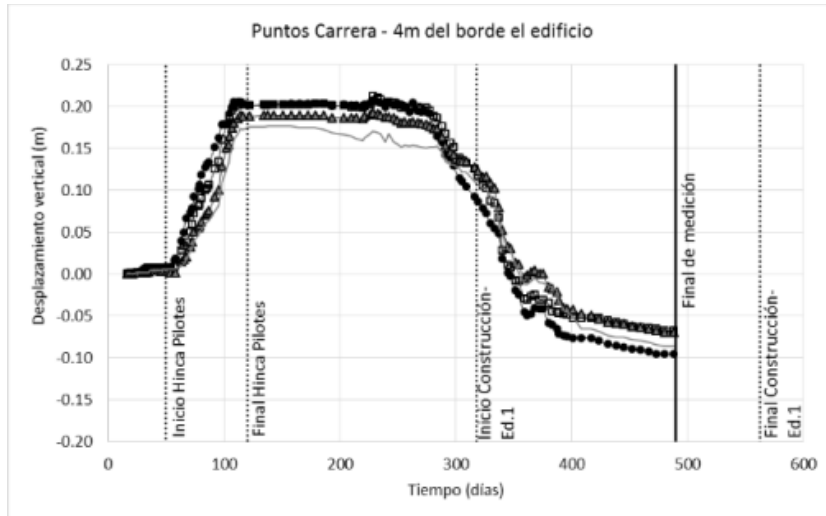


Organizan:



Apoyan:





La distancia de afectación llegó hasta los 30m por fuera del borde del proyecto y afectó las casas localizadas a 4m del borde del proyecto en donde hubo un levantamiento de hasta 20cm que luego se recuperó en el tiempo e incluso descendió del orden de 5cm respecto a su nivel original. Este efecto fue similar pero de menor magnitud en otros puntos mas alejados.

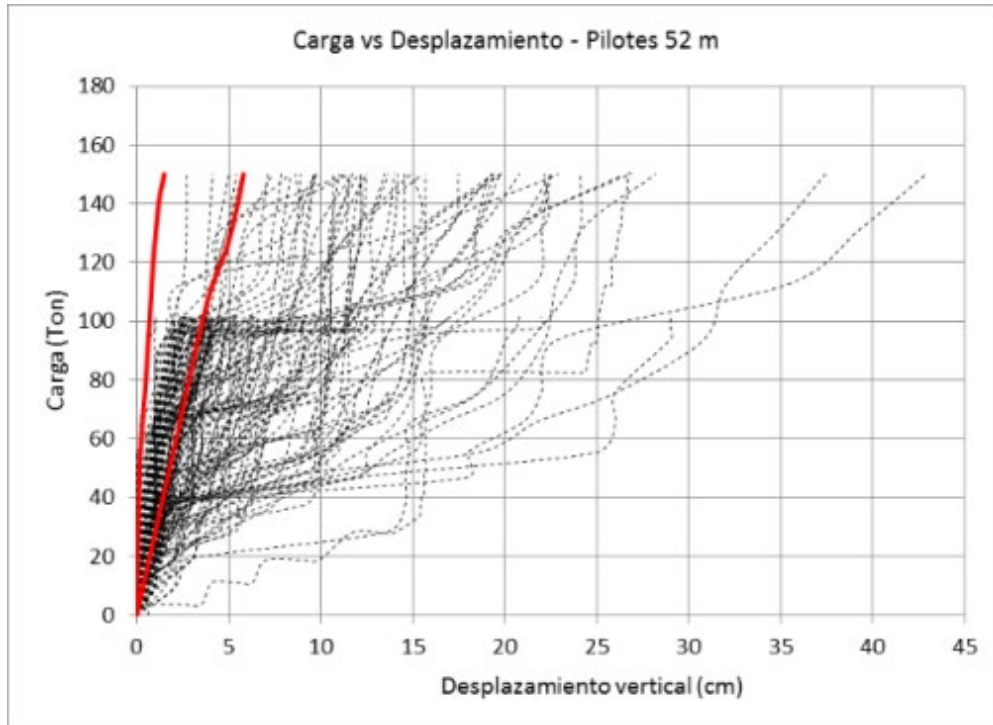


Organizan:



Apoyan:





Una vez se llegó al nivel de excavación final los pilotes se encontraron levantados del orden de 10cm a 30cm respecto a la cota de instalación. Los pilotes se rehincaron con gatos hidráulicos y se monitoreó su desplazamiento vertical, la totalidad de los pilotes alcanzó la carga de diseño de 150 Ton, pero a grandes desplazamientos verticales.

Mientras en las pruebas iniciales se midieron 2cm de desplazamiento medio (líneas rojas) , en la rehinca se presentaron entre 2cm y 40cm de desplazamiento.

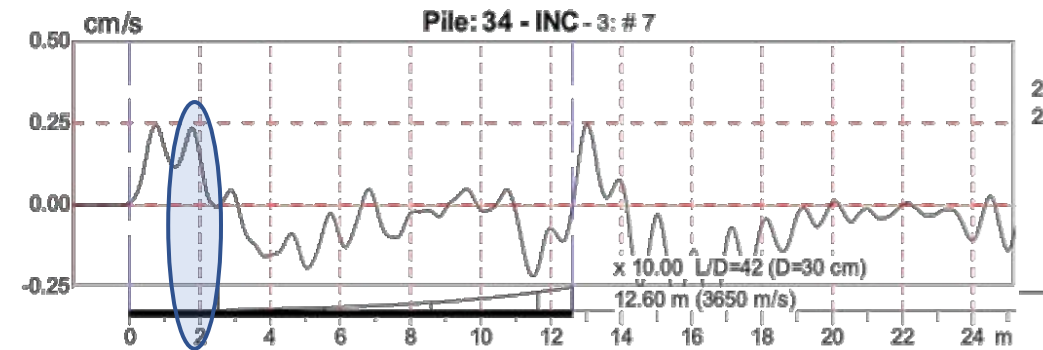
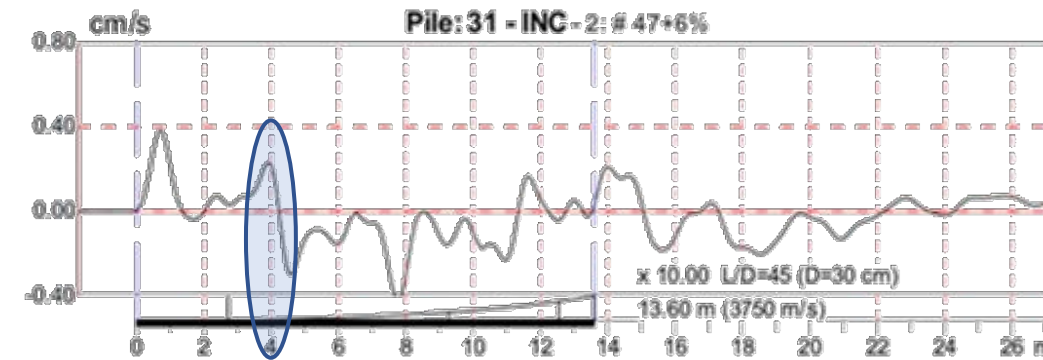
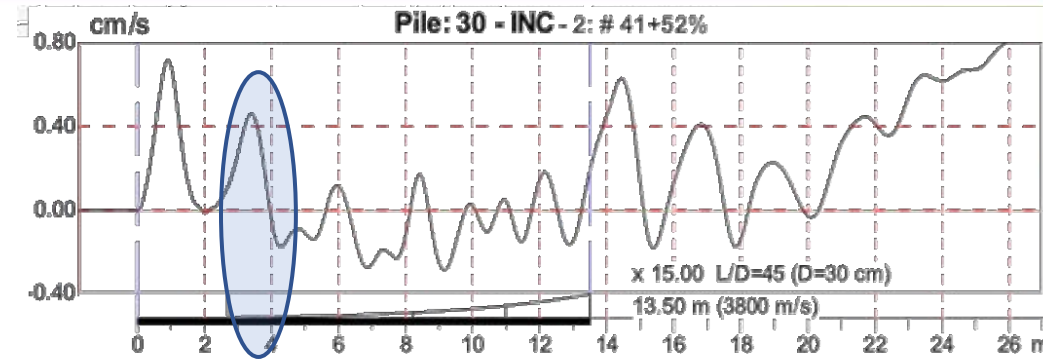


Organizan:



Apoyan:





Pilotes hincados que se observaron inclinados luego de realizar la excavación. Al hacer pruebas PIT se presentó una reflexión indicativa de una anomalía significativa de continuidad entre los 2m y 4m, posiblemente asociada a fisuramiento excesivo.



Organizan:



Apoyan:





Fig. 1 The car with its front suspended by the pile hitting it from below



Fig. 2 Side view of car with piling rig in background

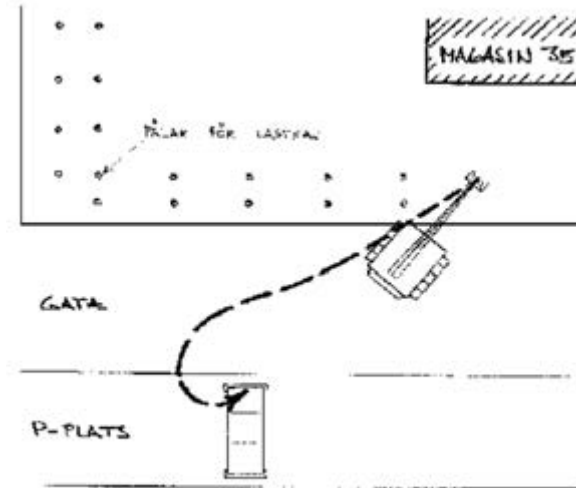


Fig. 3 Plan view of site: Piling plan, rig, and car

FELLENIOUS, B. H., 1983. What goes down comes up—Sometimes. Geotechnical News, Vol. 1, No. 4, p. 13.



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



Bogota, 2022



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de Julio de 2022

Hotel Mariscal Cayo Santa Teresa - Bogotá - Colombia

www.cong-ibc.org | www.fomigun20ip.org



Organizan:



Apoyan:





## Efecto del vibrado

Durante el vibrado de las camisas de los pilotes, se están desempaquetando los suelos arenosos densos y desestructurando rocas o bloques. Esto afecta la fricción del pilote con el vibrador hasta donde pueden bajar las camisas de revestimiento.

## Efecto de instalación CFA (Hélice continua)

Remodelo de los suelos, arenas y flujos a presión, que afectan los suelos.

Inyección de concreto que cambia el estado de esfuerzos inicial y es diferente al que se obtienen con otros métodos constructivos





# PROBLEMAS DE CONSTRUCCIÓN EN PILOTES EXCAVADOS Y FUNDIDOS EN SITIO

**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



Organizan:

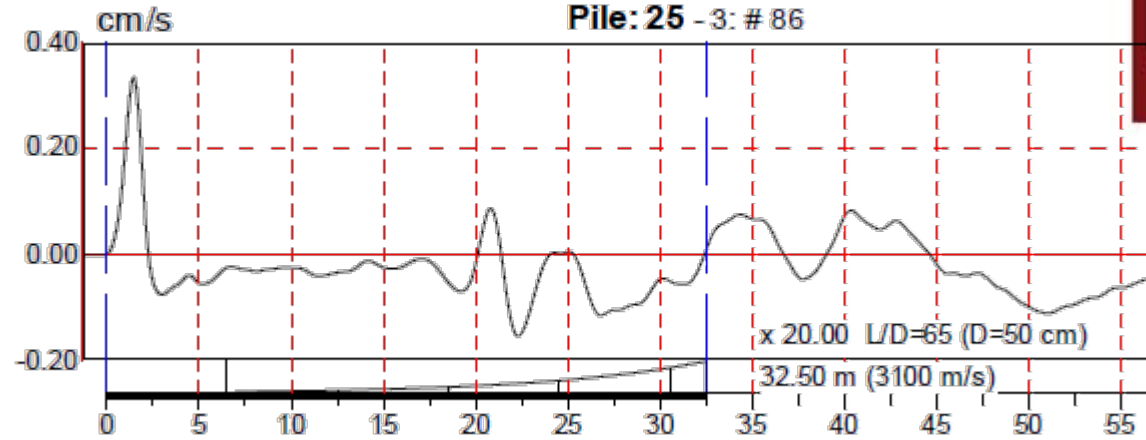
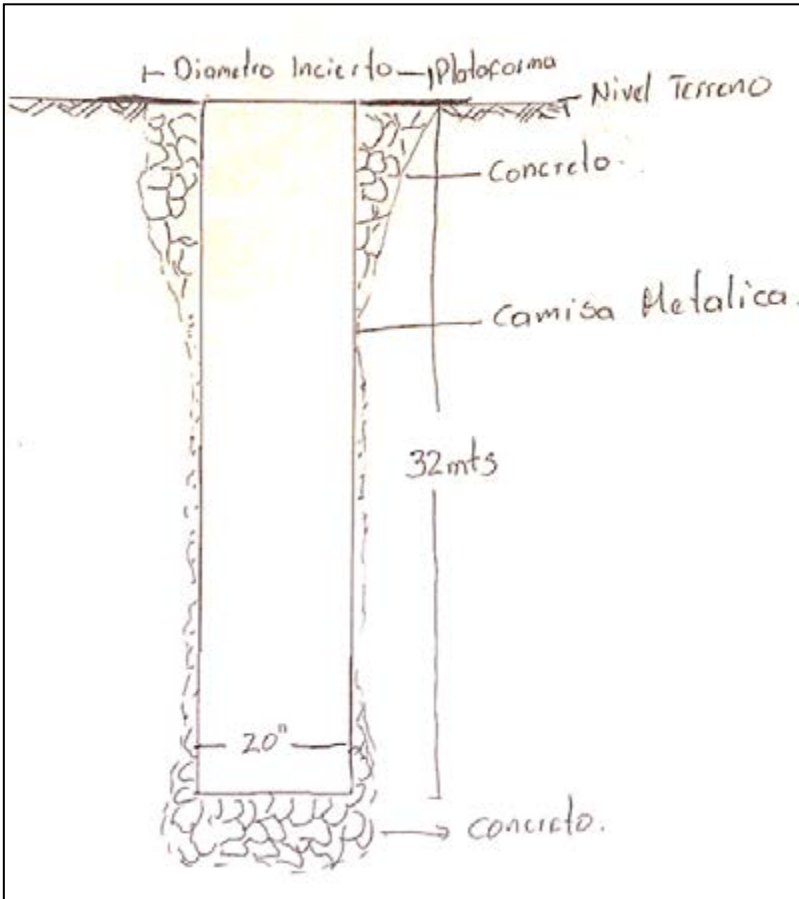


Apoyan:





## EFFECTOS DE LA INSTALACIÓN DE PILOTES



Pilotes pre excavados con camisa metálica permanente de 51cm de diámetro externo y 32m de longitud. Se hizo un prehuero de mayor diámetro que la camisa para que esta entrara fácilmente. Al día siguiente la tubería presentaba inclusión de arena asociada a flujo ascendente de material encontrado en la punta. Debido a esto se tenían altas expansiones para llenar las cavidades en profundidad y , según información de obra, alcanzaban a extenderse por toda la tubería hasta la superficie del terreno.

Pruebas PIT con indicios de reflexiones en el cuerpo del pilote asociados a contaminación del concreto y/o a cambios de sección del pilote en el escenario en que el pilote haya tenido concreto por fuera de la camisa.

Pruebas PDA de comprobación de desempeño.

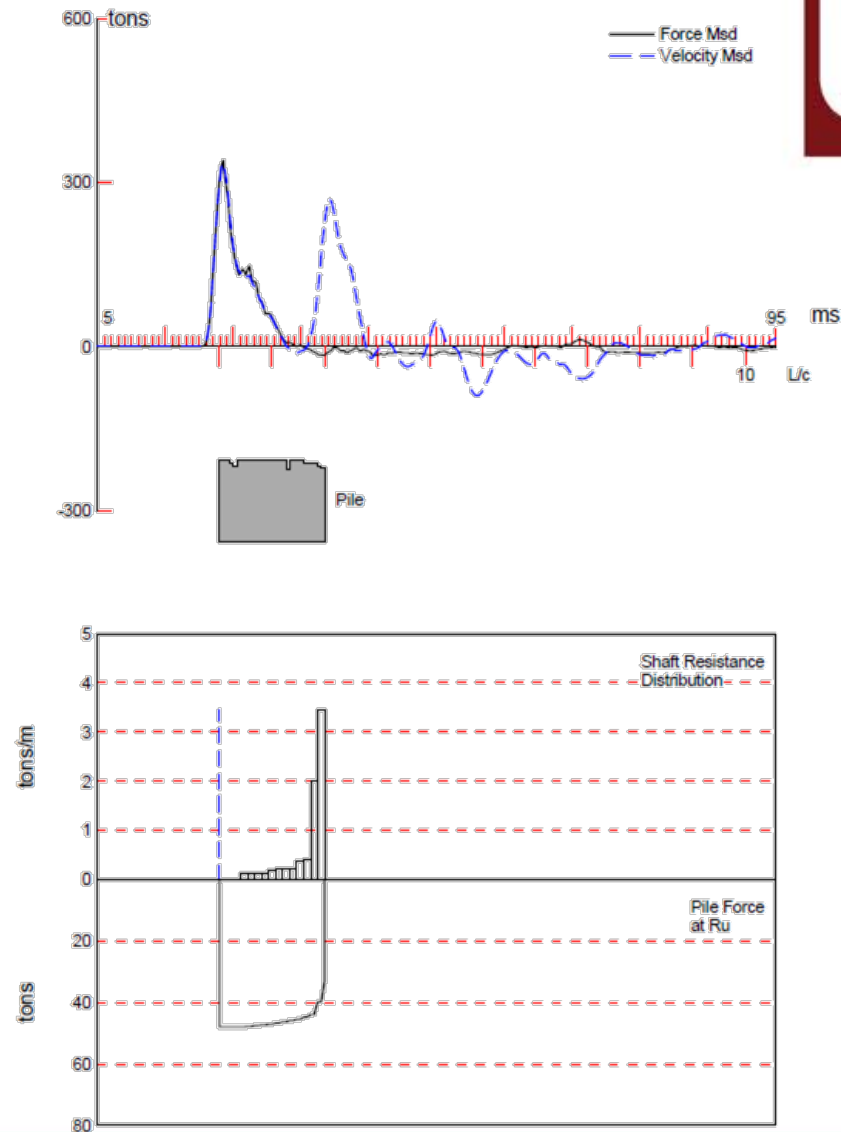


## EFFECTOS DE LA INSTALACIÓN DE PILOTES

### Pilotes pre barrenados

Muy poca fricción reflejada en que la curva de velocidad y de fuerza es prácticamente la misma en todo el largo del pilote. Por ello se tienen fricciones unitarias menores a 1 ton/m<sup>2</sup> en la mayoría del fuste.

Altos desplazamientos durante la prueba ante la carga que se concentra en la punta que se observan en la gran reflexión en la punta pero de baja capacidad ( $q_p=160$  ton/m<sup>2</sup>)



Logos of sponsors: CEMENTO ALION, UNACEM, Holcim, cements PROGRESO, and 3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO.

Logos of organizers and supporters: Pacasmayo, CEMEX, EUCLID CHEMICAL TOXEMENT, CEMENTO YURA, PROCEMCO, ASOCEM, ICCC, Apoyan, and ONAT.



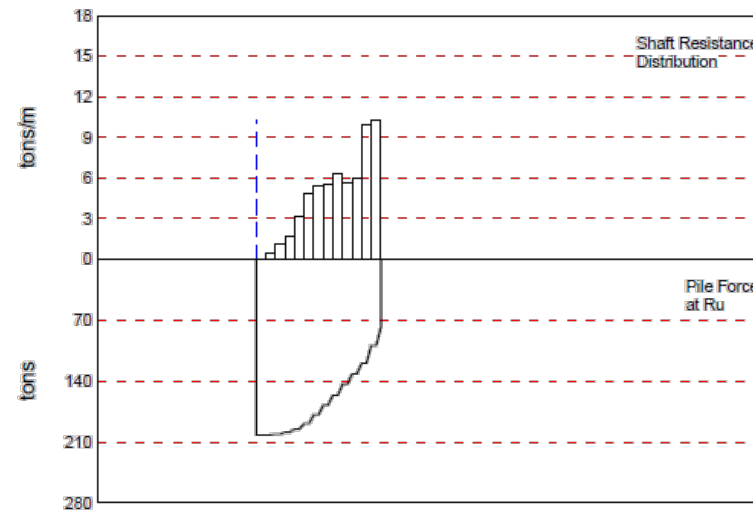
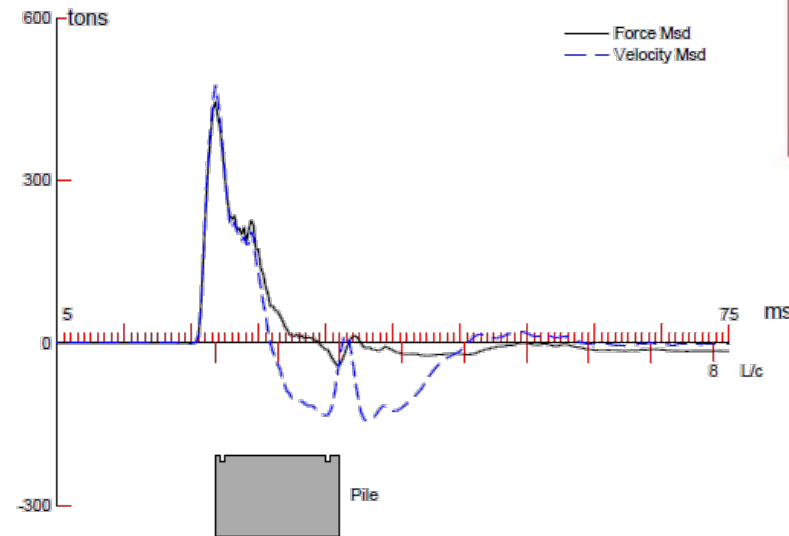
## EFFECTOS DE LA INSTALACIÓN DE PILOTES

### Pilotes hincados a percusión

Separación gradual de la curva de velocidad y fuerza en especial en los últimos metros. Esto corresponde a un perfil incremental de fricción unitaria iniciando en 1 ton/m<sup>2</sup> y finalizando en 6.5 ton/m<sup>2</sup>.

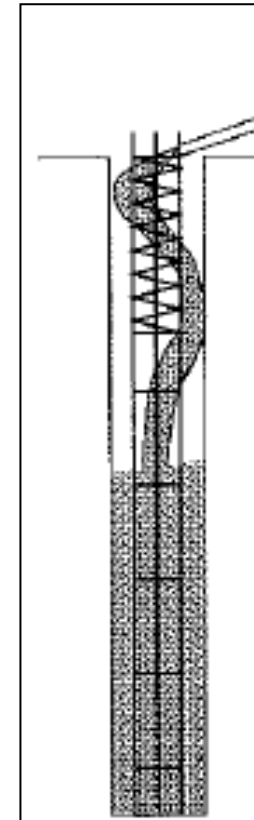
Bajos desplazamientos durante los golpes, indicando una respuesta más rígida de la punta observada en la reflexión de baja magnitud de la señal de velocidad.

Aporte considerable de la punta. ( $q_p = 380$  Ton/m<sup>2</sup>)





- Segregación por el método de aplicación de concreto a través del refuerzo.



Organizan:

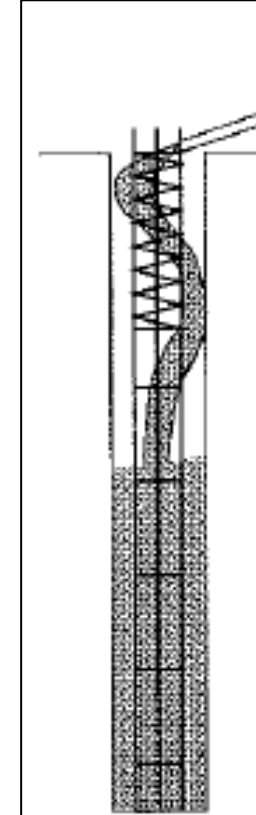


Apoyan:





- El concreto no llega al recubrimiento



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura · Edificación · Puertos · Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Caceres Santa Domingo  
Avenida 10 de Agosto

www.cong-ibc.org



Organizan:

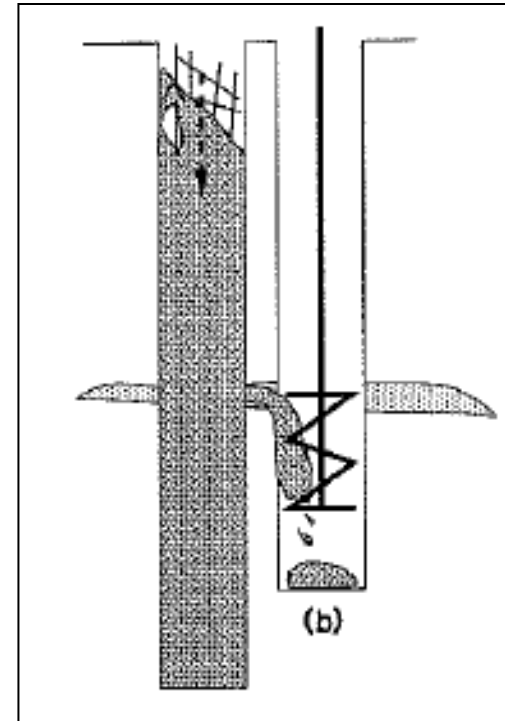


Apoyan:





- Interconexión y flujo a pilotes cercanos. Fundida de pilotes cercanos a otros, recientemente fundidos, estratos débiles, sueltos o permeables.



Organizan:

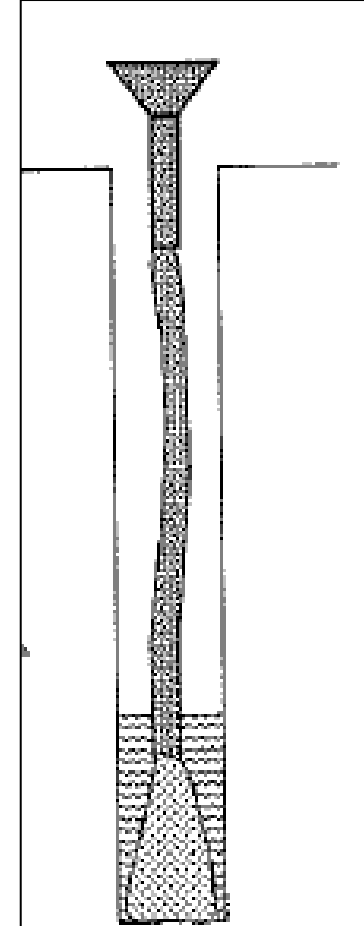


Apoyan:





- Lavado/mezcla del concreto con agua-lodo, fundida a través de agua/lodo en la perforación.



Organizan:

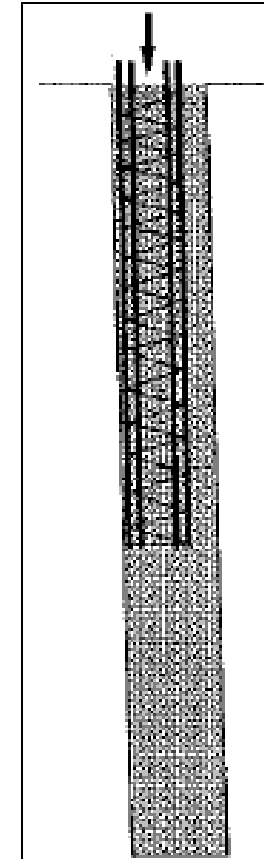


Apoyan:





- Desalineación, longitud insuficiente del refuerzo, espesor insuficiente de elementos, herramientas, proceso constructivo.



Organizan:

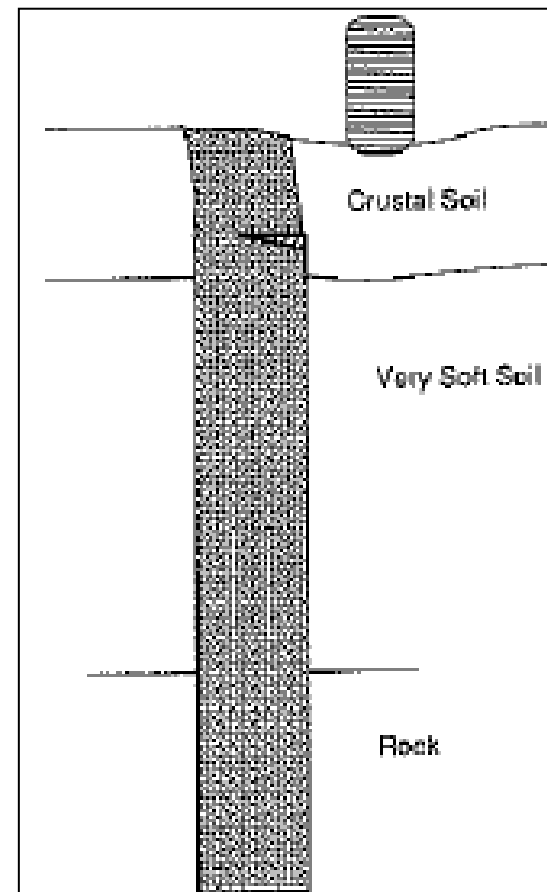


Apoyan:





- Fractura debida a aplicación de cargas laterales excesivas (concreto fresco + movimientos del terreno)



Organizan:



Apoyan:

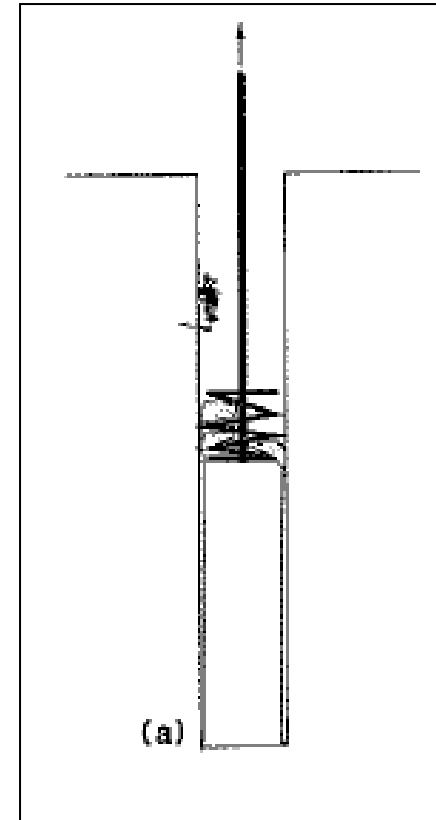




**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



- Problemas durante excavación: contaminación de la pared de la perforación



Organizan:

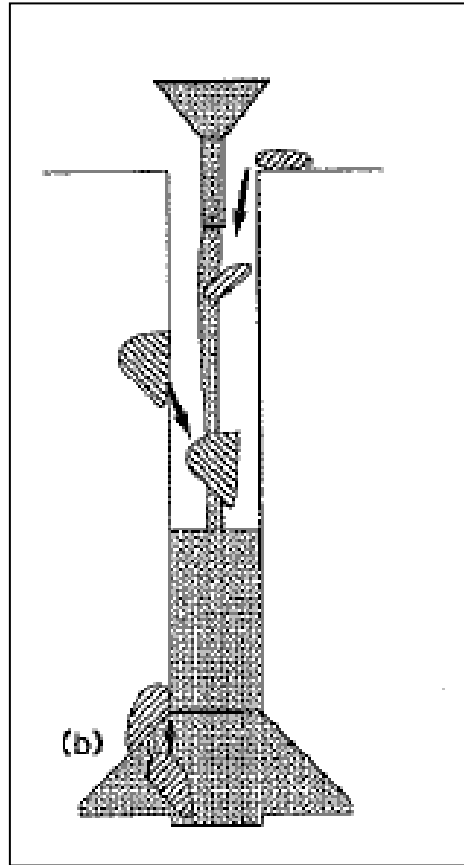


Apoyan:





- Derrumbes de la excavación por procedimientos de excavación, flujo de agua hacia el hueco, succión al sacar las herramientas



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



Zona de difícil acceso para maquinaria pesada

Perforación helicoidal  
diámetro 30 cm y longitud de 14 metros, diseñadas para una carga ultima de 58 Toneladas



Organizan:



Apoyan:





Fundida de las inclusiones de concreto simple



Organizan:



Apoyan:





Preparación de inclusiones para pruebas PIT



Organizan:



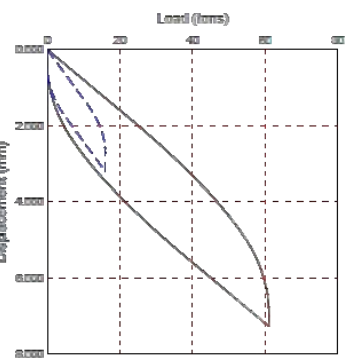
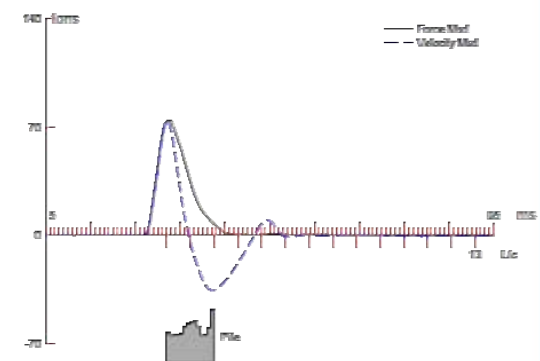
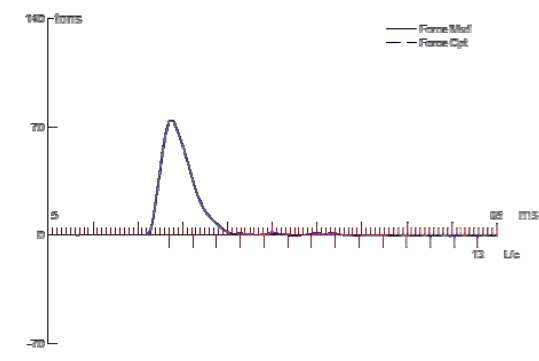
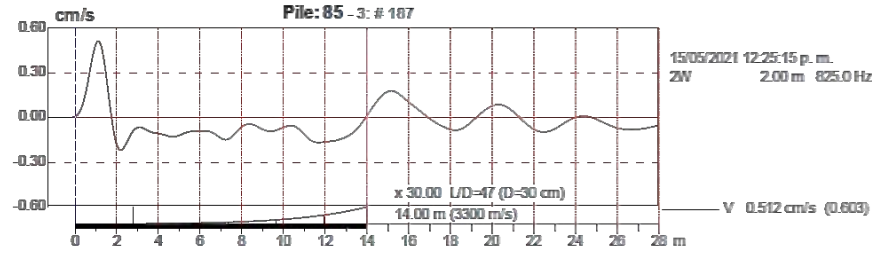
Apoyan:



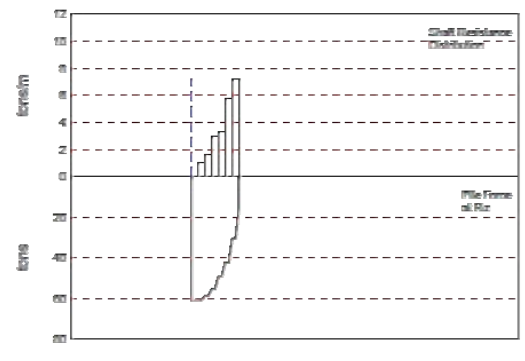
### PRUEBAS PDA

La resistencia movilizada en el suelo, calculada en toneladas por medio del análisis de CAPWAP, para la inclusión ensayada fue de:  
**Inclusión 85: 61 ton:** 45 ton por fuste y 16 ton por punta

**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
 De la evaluación a la prevención



File = 81.0 tons  
 Ft = 45.0 tons  
 Ft = 16.0 tons  
 Dy = 6.0 mm  
 Dz = 7.0 mm



Sistema de impacto compuesto por una masa de 1.5 Ton soltada en caída libre.



**3º Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
 Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías  
 Del 4 al 6 de julio de 2022 - Hotel Mariscal Carlos Orella - Arequipa - Perú  
 www.cong.org.pe www.fomigru2022.org



Organizan:



Apoyan:

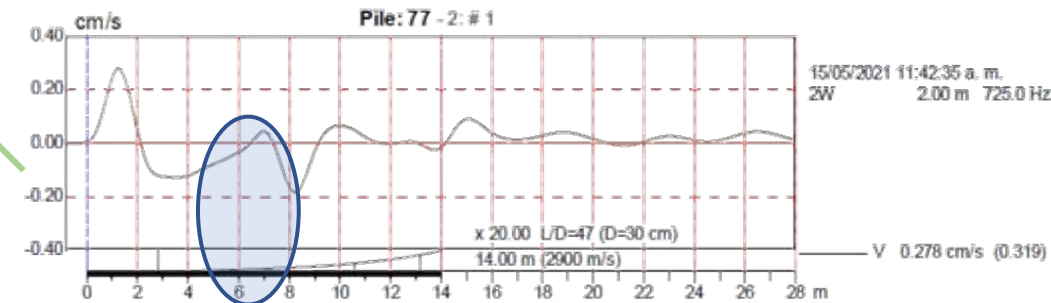
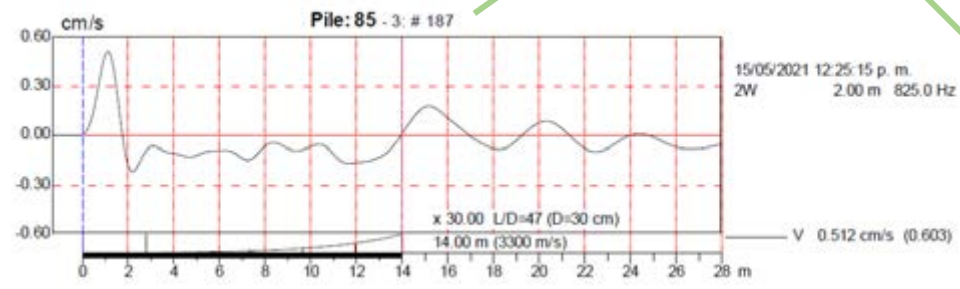
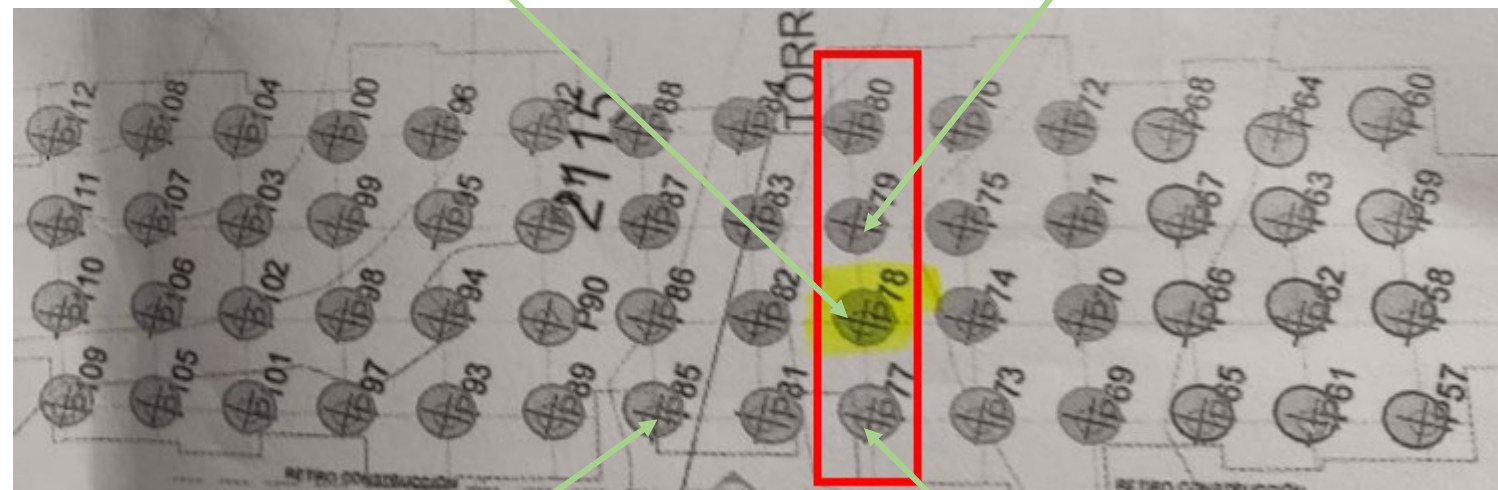
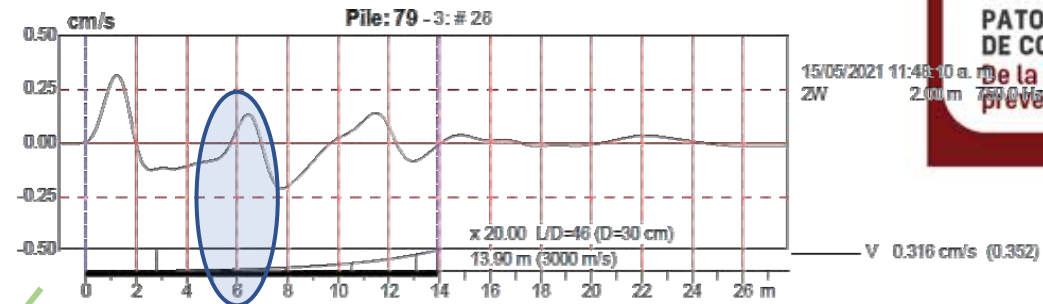
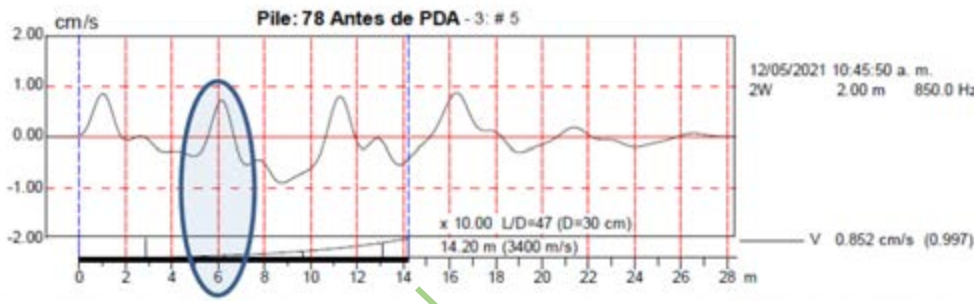


# Módulo III. 2. Patologías en Cimentaciones

Serie Internacional



**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



Organizan:



Apoyan:



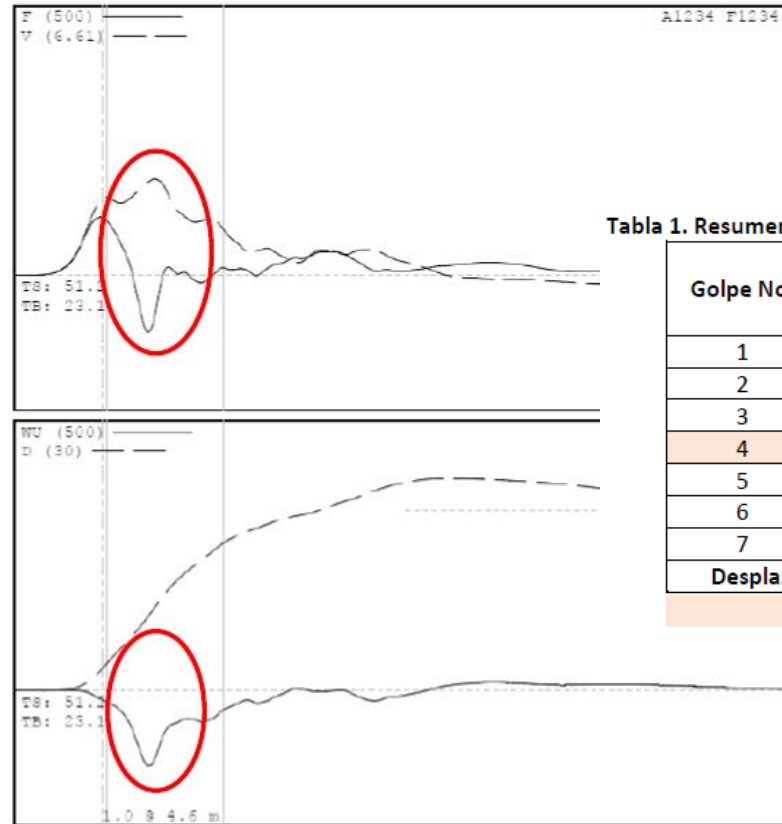


Tabla 1. Resumen de los golpes ejecutados durante la prueba de carga dinámica

Golpe No.	Altura de caída de la masa (cm)	Fuerza de Impacto (Ton)	Desplazamiento vertical (mm)
1	50	107	20
2	30	82	15
3	30	111	20
4	30	80	21
5	30	90	18
6	30	96	19
7	30	97	17
<b>Desplazamiento vertical final (mm)</b>			<b>130</b>
Golpe mal posicionado			

Señal del primer impacto de la prueba. En rojo se enmarca la localización de la discontinuidad presentada en la inclusión.

Los resultados del análisis arrojaron una carga de **32 Ton** de las cuales **12 Ton** corresponden al aporte por fricción y las **20 Ton** restantes al aporte por la punta ficticia que incluye la fricción del segmento inferior (entre 6m y 14m) y la carga por la punta verdadera.

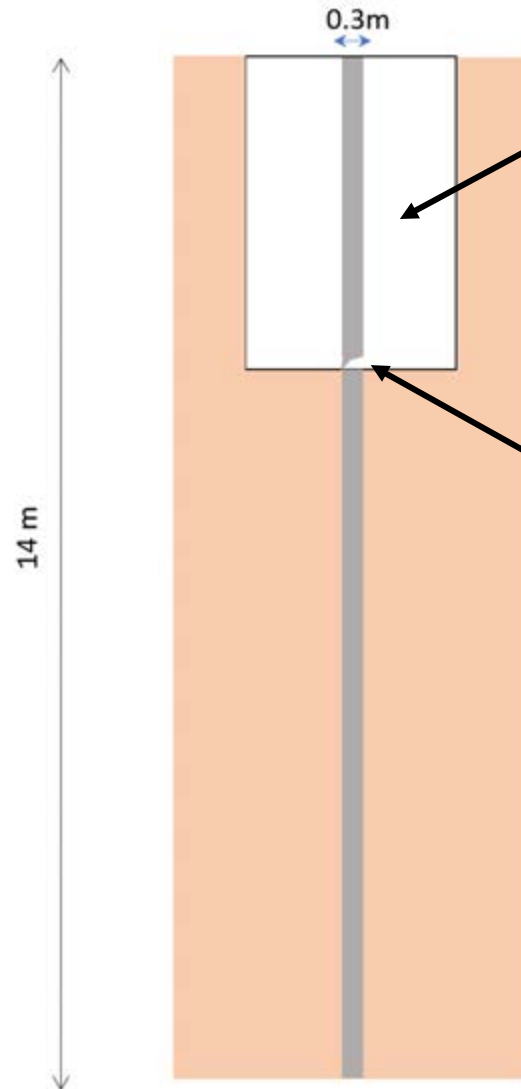
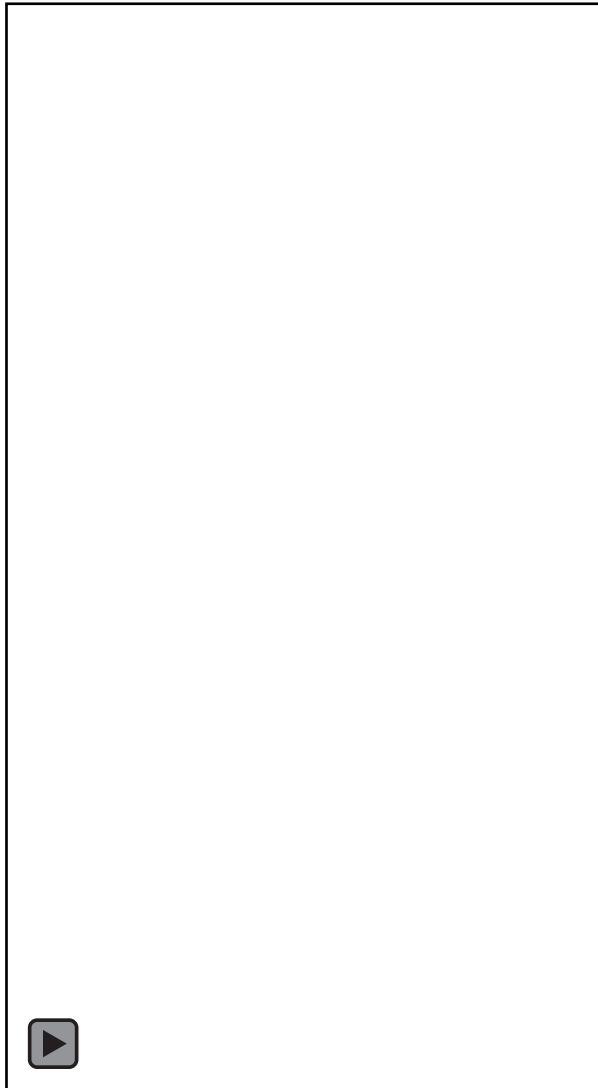


Organizan:



Apoyan:





Apique exploratorio

Discontinuidad de la inclusión a 6.15 m. De acuerdo con la bitácora de obra, la fundida se suspendió temporalmente a esa profundidad por lluvia torrencial.



Organizan:

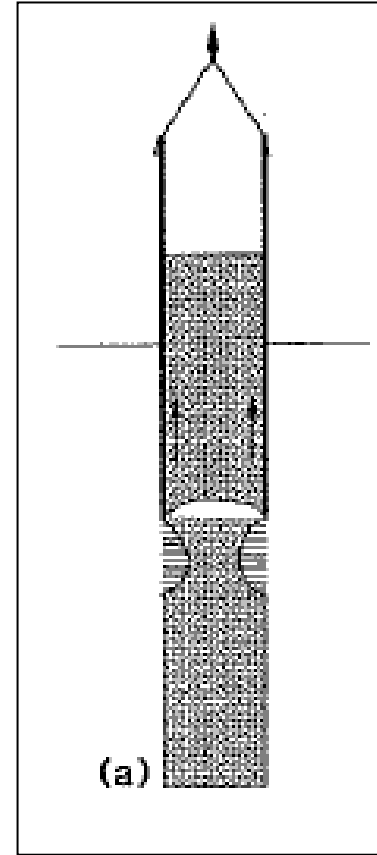


Apoyan:





- Problemas con revestimiento temporal: exceso de fricción entre el concreto y el revestimiento levanta la columna de concreto y produce fisura y/o reducción de sección.

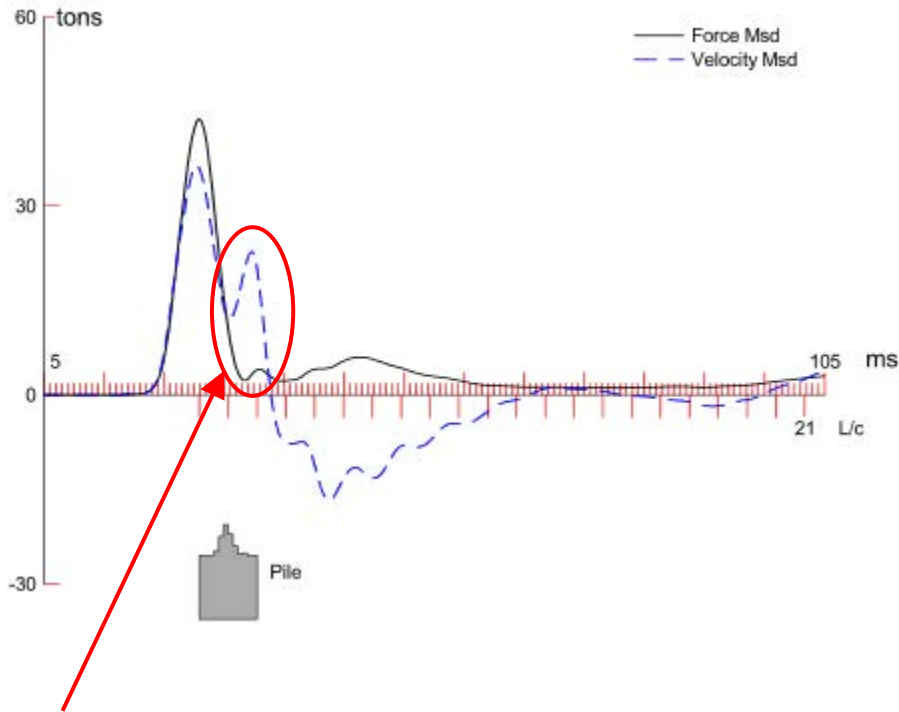


Organizan:



Apoyan:





Señal de velocidad por encima de la señal de fuerza asociada a una anomalía severa de discontinuidad.

- Pilotes de tornillo de 23m de longitud y 30cm de diámetro con acero parcial que normalmente arroja una reflexión en el ensayo PIT por una fisura de retracción de fraguado entre el concreto reforzado y el no reforzado.
- Ejecución de ensayos de PDA para comprobación de desempeño.
- Se evidenció en un pilote una reflexión alrededor de los 12m donde la señal de velocidad supera significativamente la señal de fuerza implicando una aceleración del sistema generada por una disminución significativa de impedancia.
- El modelo se ajusta a los datos de la prueba con solo 12m de longitud y se concluye que es discontinuo.



Organizan:



Apoyan:





Pilotes pre excavados compuestos por camisa permanente hincada a percusión y luego excavados internamente hasta llegar a la profundidad de diseño.

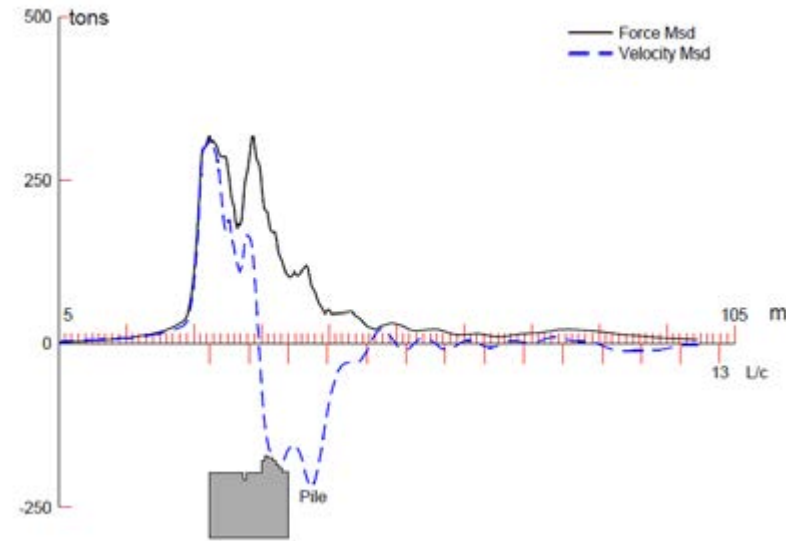
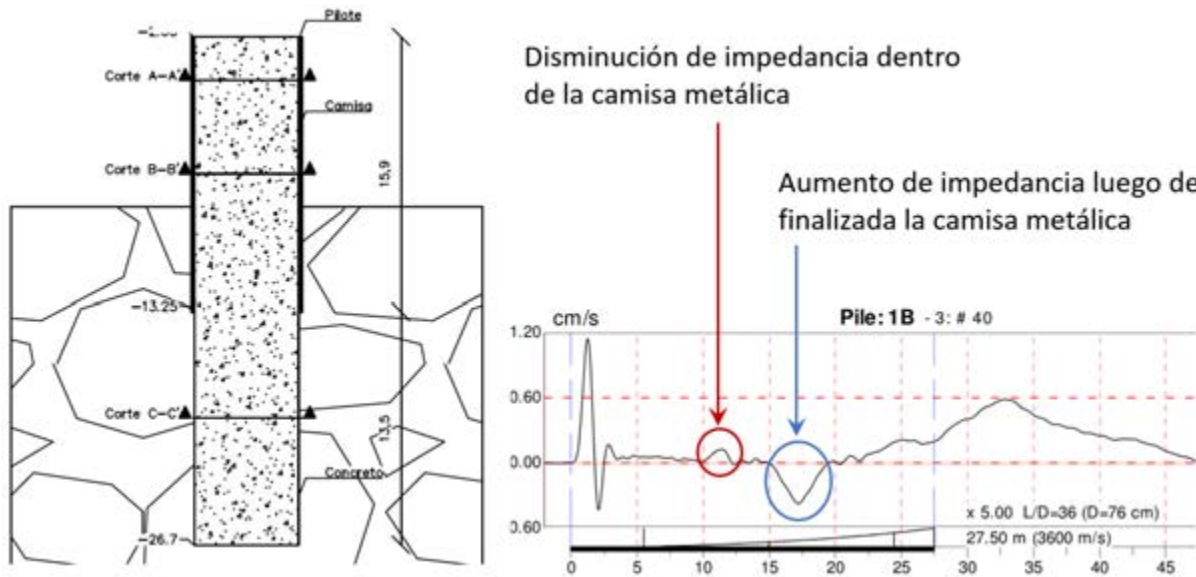
Ensayos PIT en donde se observaba de forma congruente la expansión del concreto en los primeros metros luego de finalizada la camisa.

En un pilote se observó una pequeña reflexión asociada a pérdida de concreto y/o contaminación puntual de este debido que al estar dentro de la camisa físicamente no se podía asociar a una reducción en la sección transversal.

Prueba PDA de verificación.

Se observa la reflexión interna cuantificada en una pérdida de sección del 10%. La onda continúa viajando, desarrolla fricciones elevadas en profundidad y movilización en la punta.

Se movilizó una carga superior a la de trabajo por lo que el pilote fue aprobado luego de aval estructural por la pérdida de sección de concreto dentro de la camisa metálica



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hoteles: **Marriott Costa Caribe** / **Marriott San Juan**

www.cong.org.gt | www.fomigur20ip.org

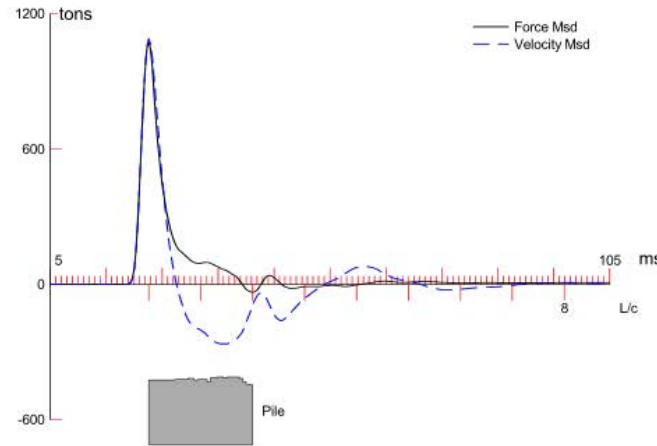
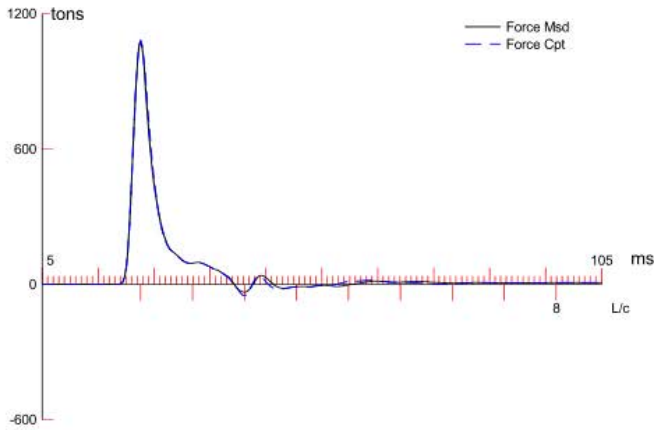


Organizan:

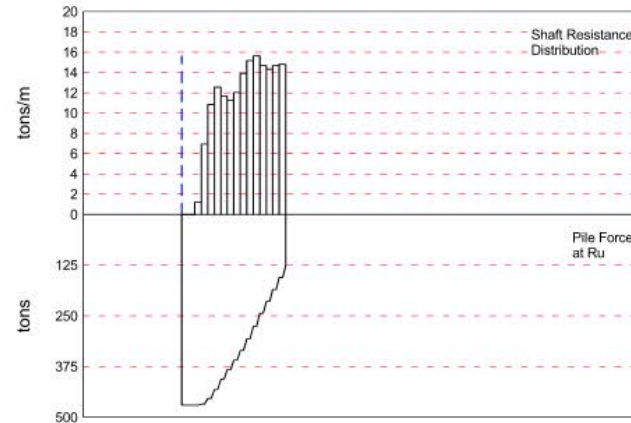
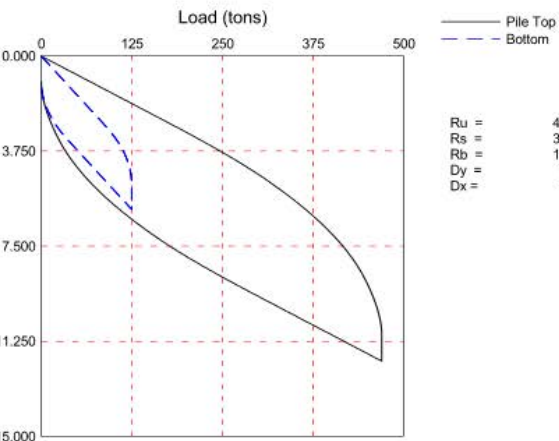


Apoyan:





Pilote con expansión negativa de -1,9% . Suelo blando. Ejecución de Prueba PDA para evaluar su comportamiento. El pilote presentó cambios de impedancia a lo largo del elemento asociados a reducciones menores de su sección nominal, especialmente en los últimos 3m. El pilote se aprobó luego de descartar anomalías significativas de impedancia y a que se movilizó una carga superior a la última establecida en el diseño.



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura · Edificación · Puertos · Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022 | Hotel Mariscal Caceres Santa Teresita | Arequipa - Perú

Organizan: **IBCE** | **ASOCEM** | **IBCE**

Apoyan: **IBCE** | **ASOCEM** | **IBCE**

www.ibce.org.pe | www.asocem.org



Organizan:

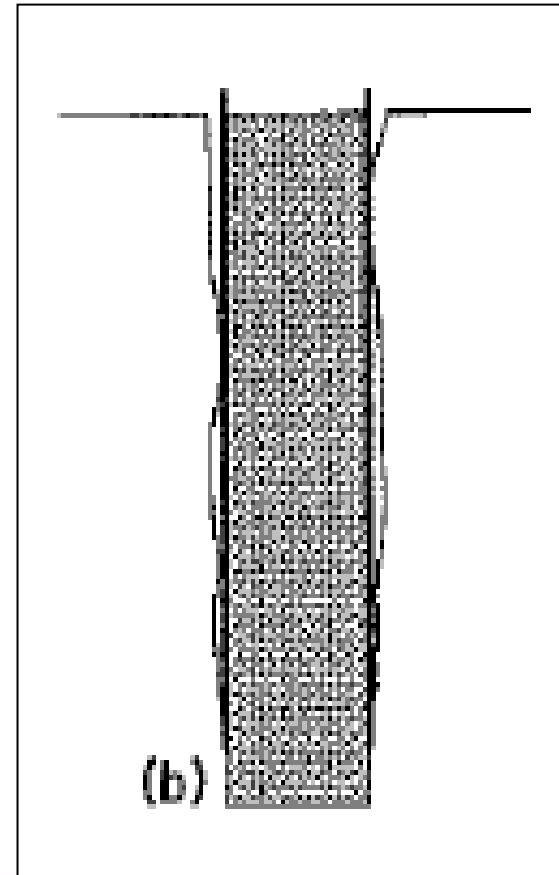


Apoyan:





- Problemas con revestimiento temporal: revestimiento que no se pudo extraer, pérdida de fricción.



Organizan:



Apoyan:





- Problemas con revestimiento al sacar la camisa temporal.



Organizan:

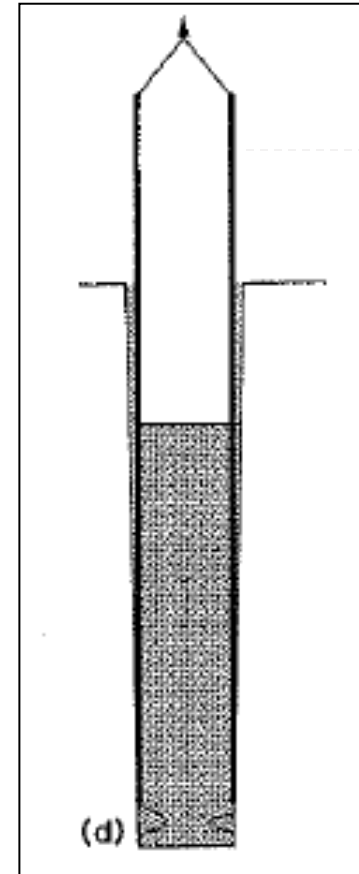


Apoyan:





- Problemas con revestimiento temporal: cabeza en el fluido mayor que la del concreto al desconfinar la camisa, contaminación del fondo de excavación con fluido de perforación o agua.



Organizan:

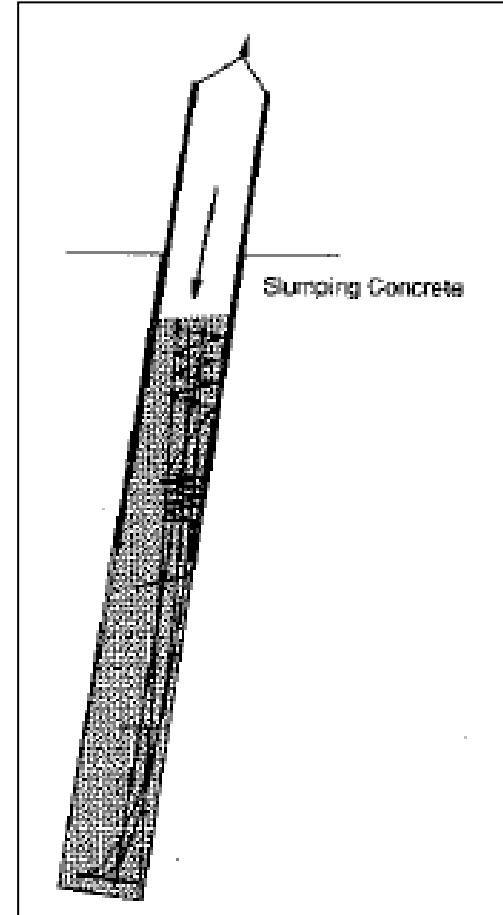


Apoyan:





- Pilote inclinado, pandeo de la canasta de refuerzo



Organizan:

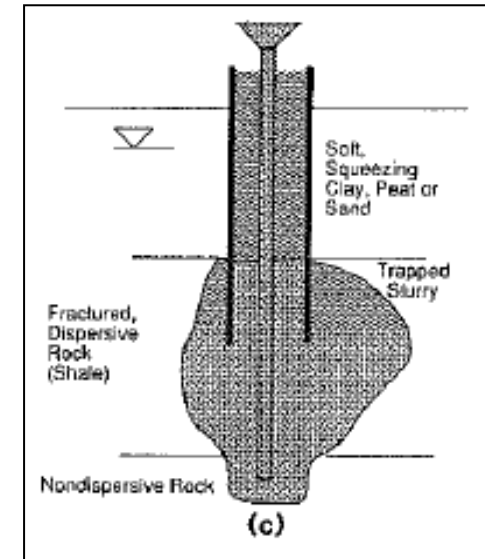


Apoyan:





- Caverna en materiales dispersivos o derrumbes. Quedan irregularidades. Al vaciar el concreto puede quedar atrapado el lodo.



Organizan:

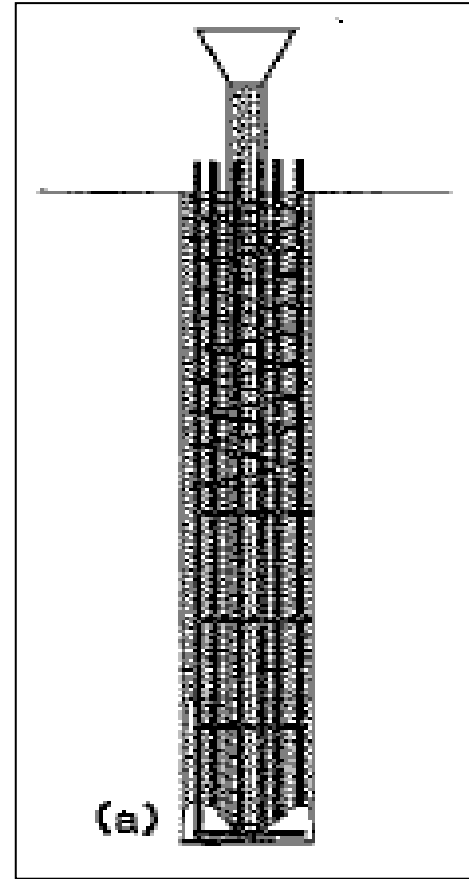


Apoyan:





- Problemas con fluido de perforación: contaminación del fondo o las paredes con arena/lodo.

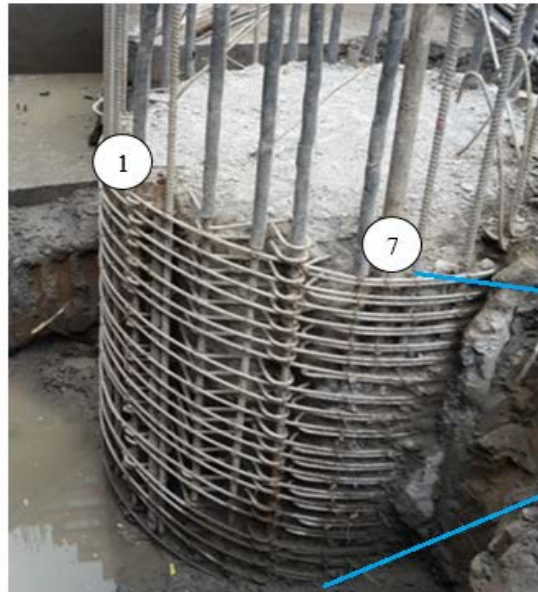
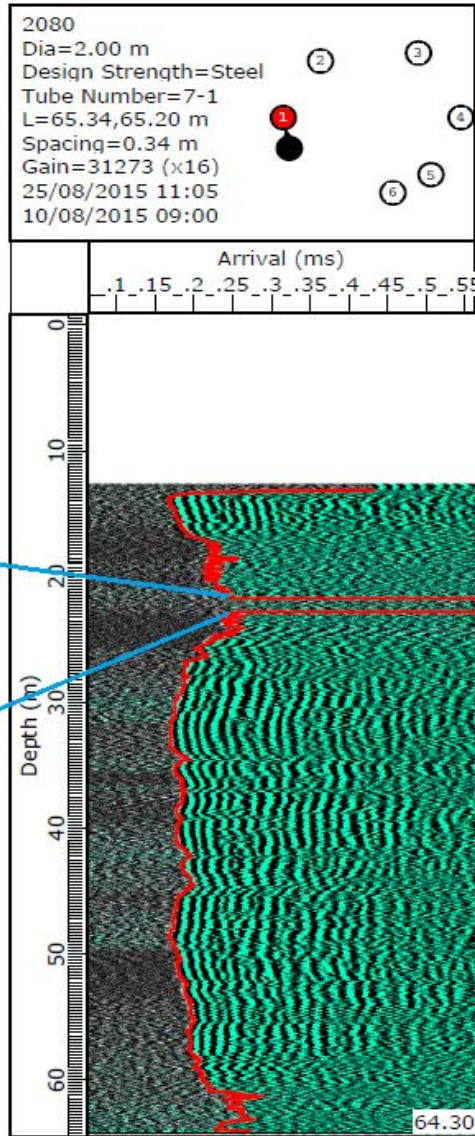


Organizan:



Apoyan:





Ejecución de ensayos CSL desde la superficie del terreno sobre pilotes de gran diámetro (2m) cuyo nivel de cimentación iniciaba al nivel -22. El ensayo mostró una pérdida de señal en el pilote 2080 a una profundidad cercana a los 22m, en donde se recomendó hacer una inspección visual una vez se llegará a la profundidad de cimentación. A ese nivel se evidenció pérdida completa de concreto alrededor de los tubos 1, 2 y 7 que explica los resultados de la medida del CSL. Una vez identificado el tipo de daño y su extensión fue posible hacer una remediación de la sección afectada.



Organizan:

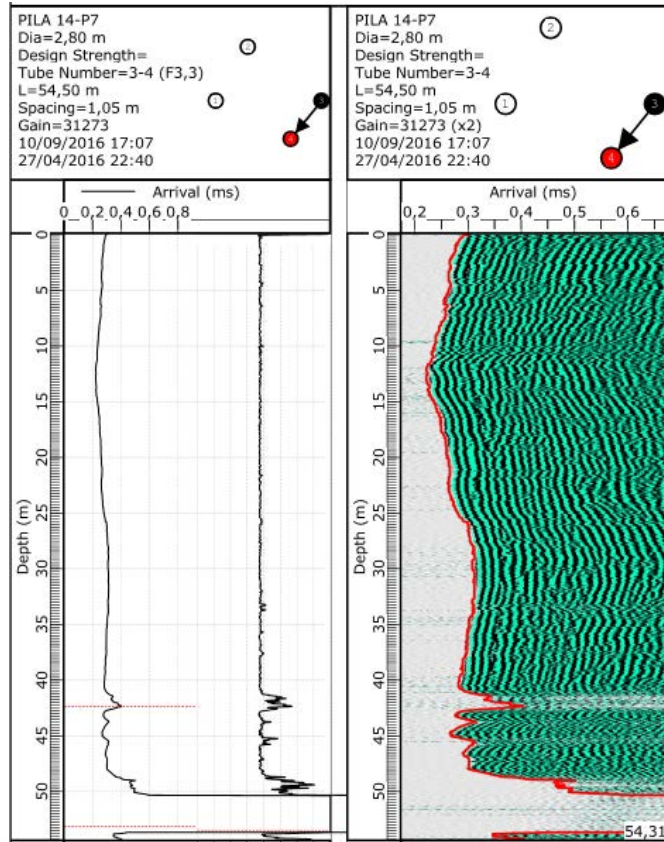


Apoyan:

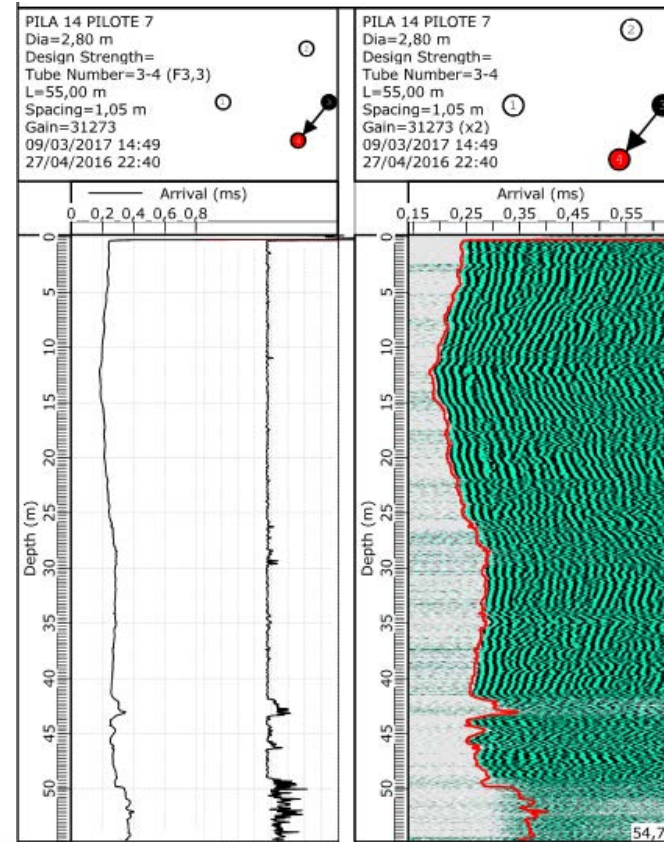




Pilotes de gran diámetro (2.8m) de 55m de profundidad para una puente importante. Pilotes diseñados para trabajar con un aporte significativo de punta. El ensayo inicial mostró pérdida completa de la señal desde los 51m asociados a lavado del concreto por flujo en la base. Como remediación se ejecutaron perforaciones internas donde se inyectó lechada a presión. Una vez realizada la inyección se ejecutó de nuevo el ensayo y se verificó continuidad en la señal.



Condición inicial



Después de la inyección



Organizan:

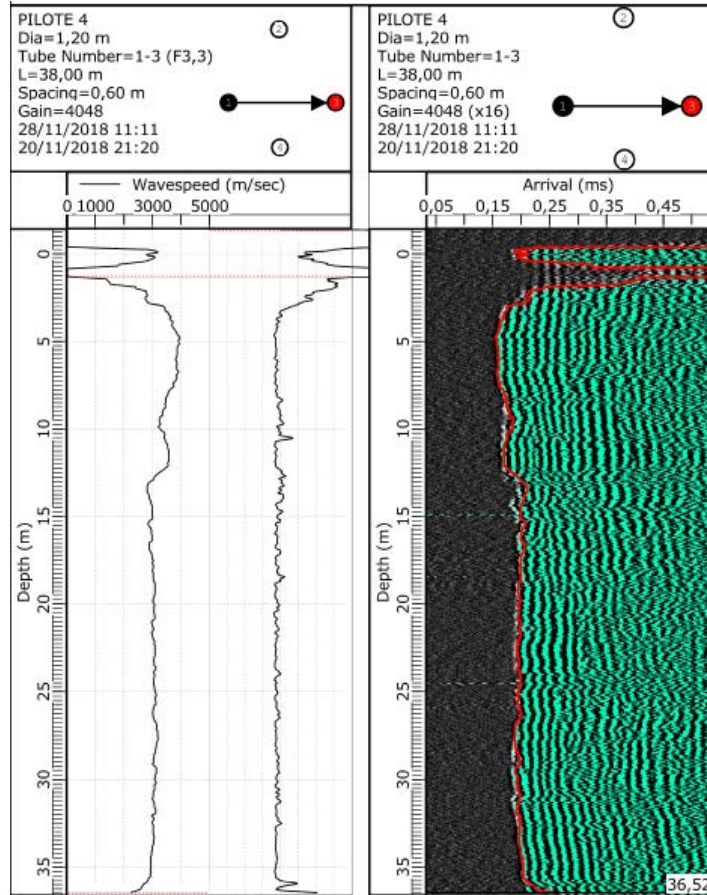


Apoyan:

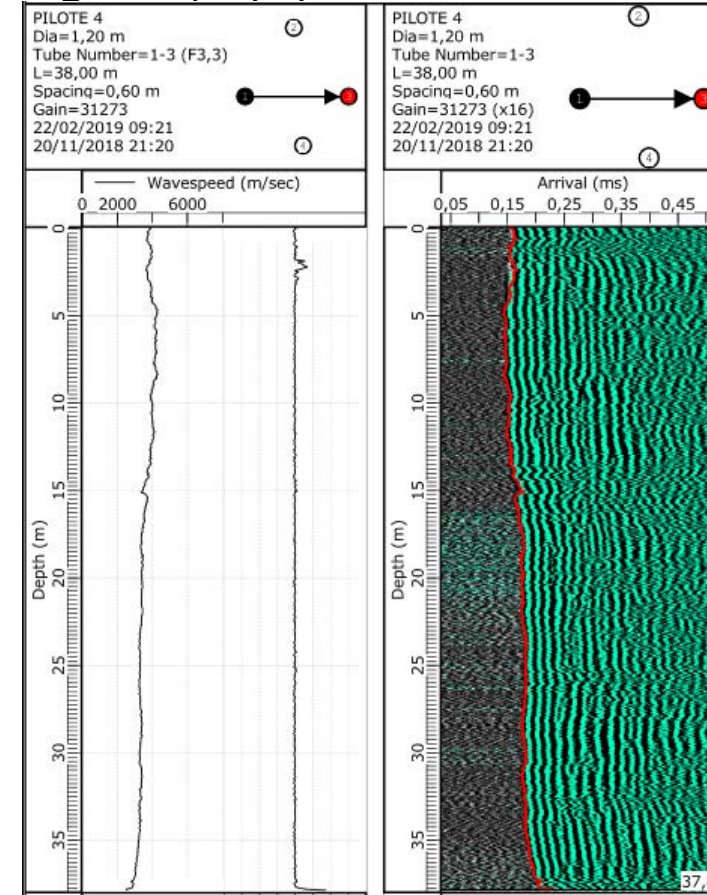




Pilote para apoyo de un puente vehicular. En el ensayo CSL se observa pérdida completa de la señal asociada a concreto contaminado. Debido a que los primeros metros son los que soportan mayor esfuerzo de corte se requirió de una remediación que incluyó la ejecución de núcleos para inyección de mortero de alta capacidad.



Condición inicial



Después de la inyección



Organizan:



Apoyan:





## PRUEBAS DE CARGA METRO DE BOGOTÁ

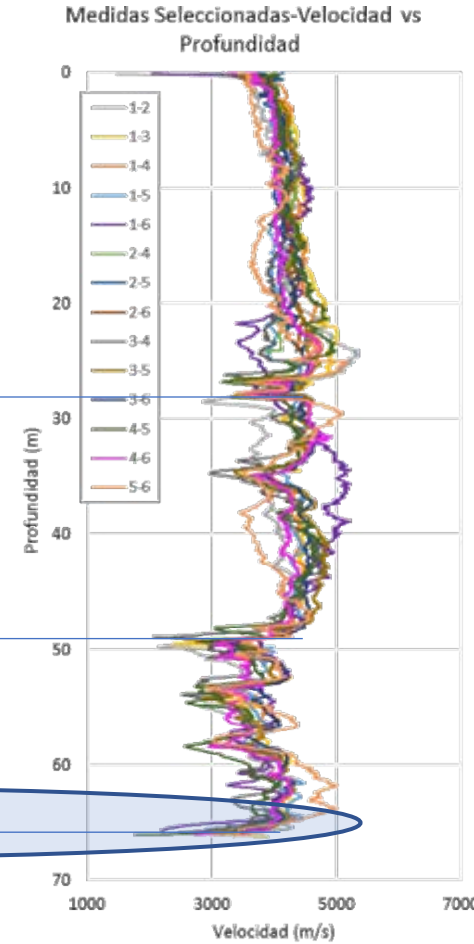
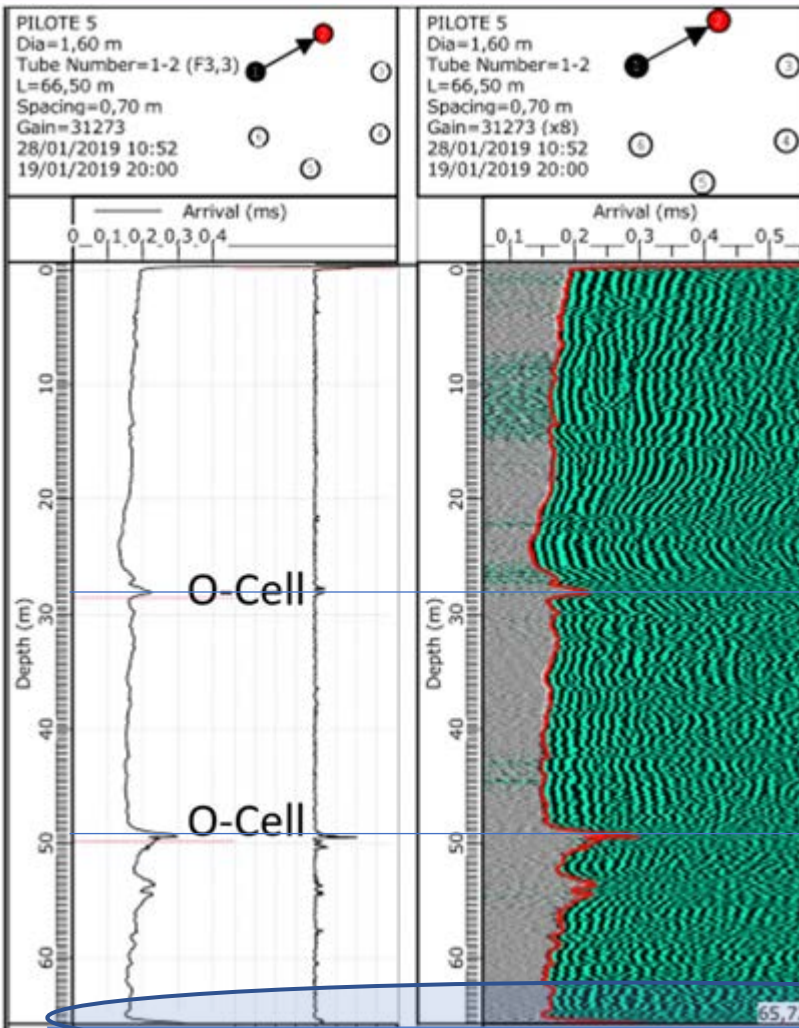
Las gráficas de los perfiles de velocidad para la distancia entre tubos en ensayo CSL.

En esa figura se observa claramente una diferencia en la tendencia de velocidad a partir de los 50 m de profundidad.

En el segmento más profundo la velocidad media, baja y presenta mayores variaciones puntuales.

Pérdida de señal 30cm antes de la punta asociada a contaminación en la punta.

En la prueba de carga bidireccional ejecutada se descartó el aporte por punta.



Organizan:

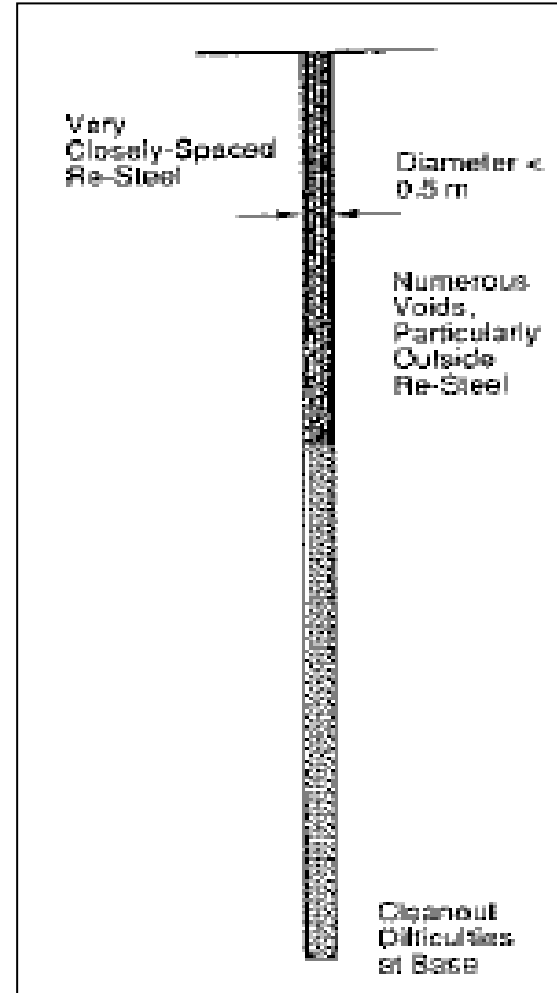


Apoyan:





- Diámetro muy pequeño / pilotes muy esbeltos. Recubrimiento insuficiente, vacíos por efectos de arco en el concreto vertido. Contaminación en la base



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Carrizosa - Panamá - Panamá

Organizado por: **IBPC** (Asociación Iberoamericana de Prefabricados de Concreto)

Apoyado por: **IBPC** y **Asociación de Prefabricados de Concreto de Panamá**

www.ibpc.org | www.congreso3ibpc.org



Organizan:

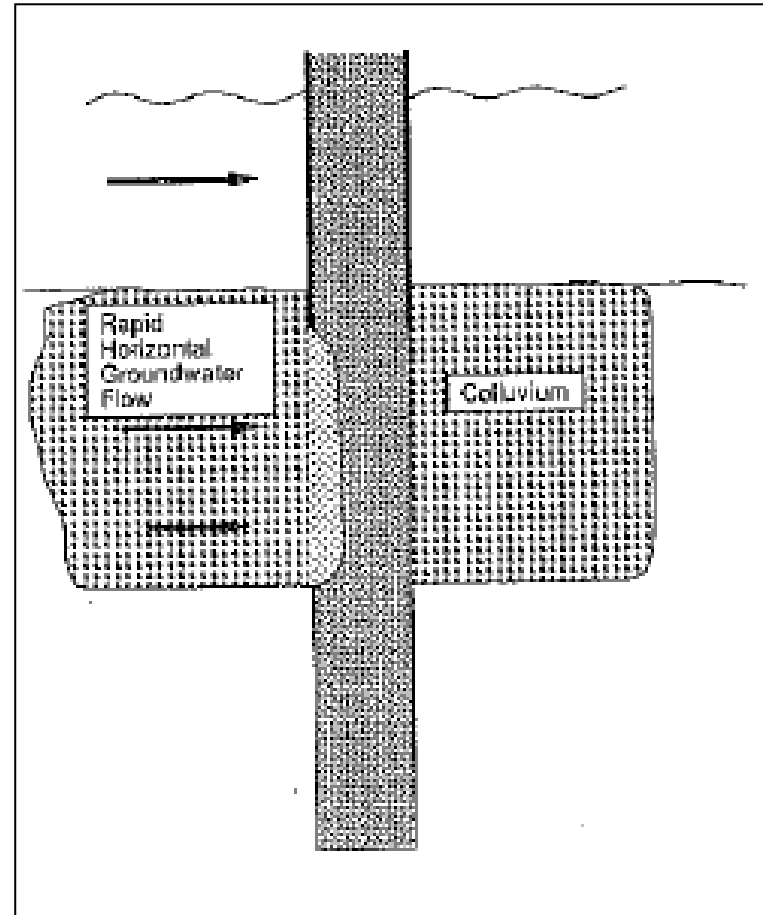


Apoyan:





- Flujo horizontal de agua y lavado de lechada del concreto (>0.3 m/s).



**3<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO**  
Infraestructura - Edificación - Reparo - Tuberías

Del 4 al 6 de julio de 2022

Hotel Mariscal Carlos Ochoa Domínguez  
Arequipa - Perú

www.cong.org.pe    www.fonloguip.org



Organizan:



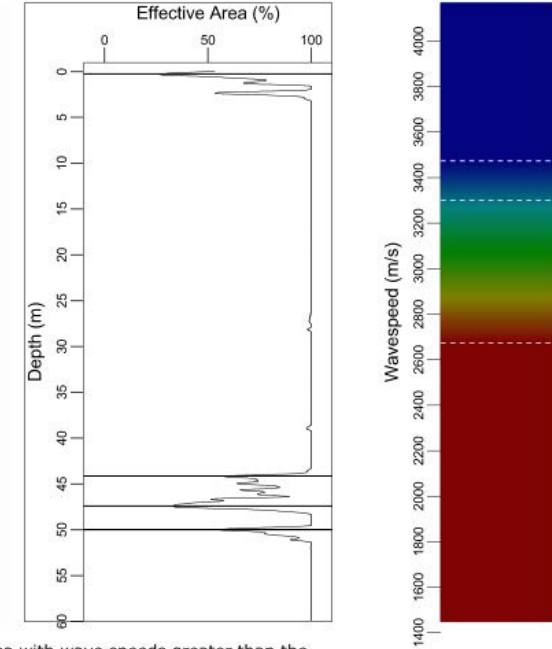
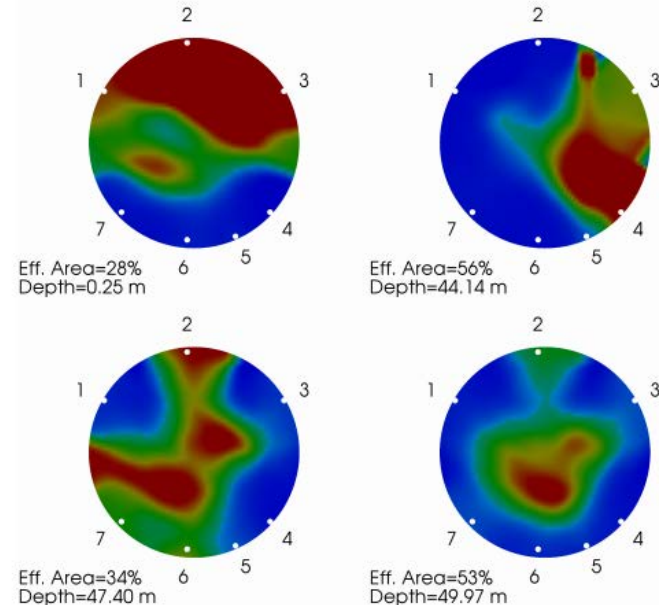
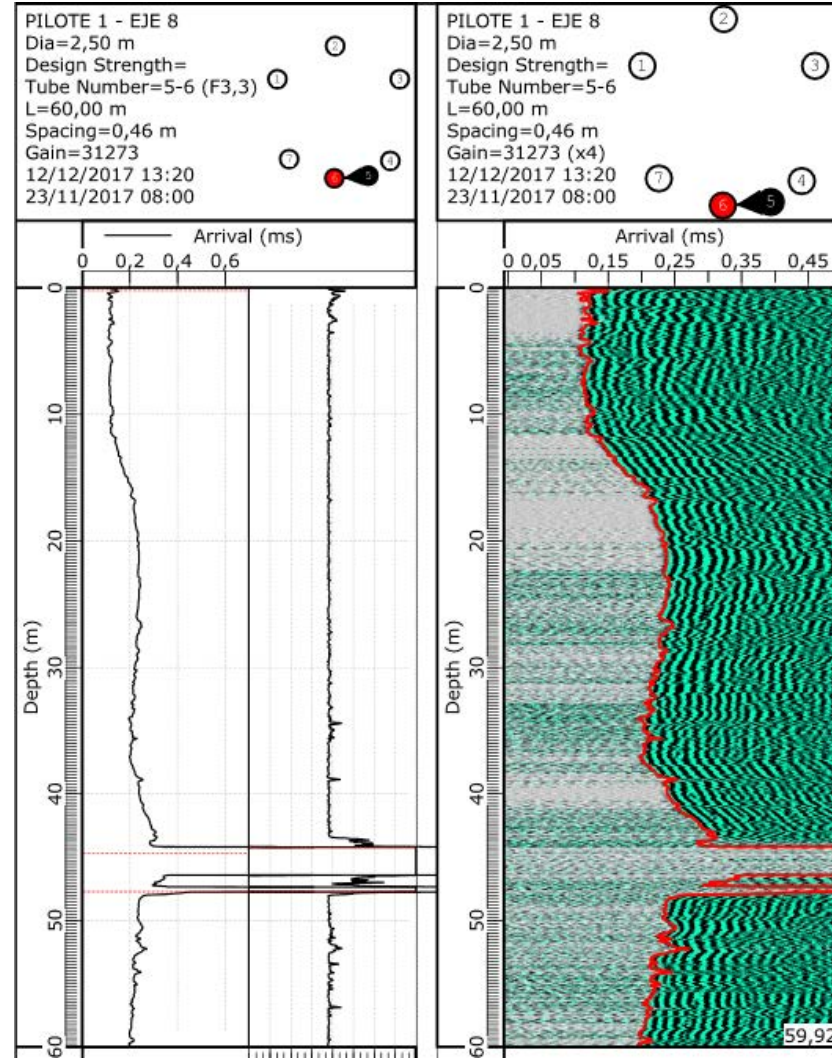
Apoyan:





## Pilote preexcavado de 60m de longitud y 2.5m de diámetro construido en la ribera del río Magdalena.

El ensayo CSL reportó una pérdida de la señal entre los 44m y 49m. Mediante una tomografía 3D se obtuvo un segmento de pilote comprometido con pérdida área equivalente entre el 44% y 66%. La distribución del área con anomalías no está uniformemente localizada y compromete la totalidad de la sección.

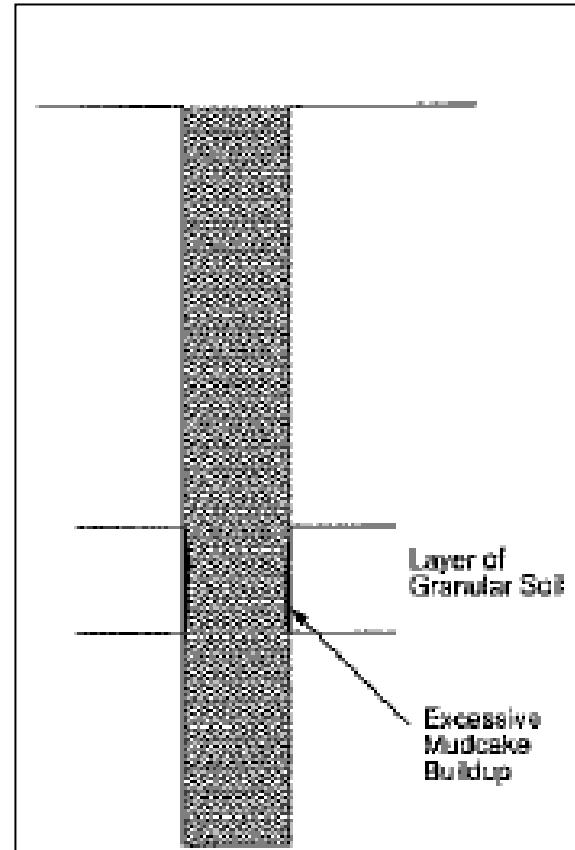


Effective Area is the percentage of cross-sectional area with wave speeds greater than the effective wave speed (EWS) selected by the user, 3299 m/s






- Problemas con fluido de perforación: exceso de Filter Cake que puede producir pérdida de capacidad de fricción.



Organizan:



Apoyan:





**PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
De la evaluación a la prevención



- Flujo vertical de agua o gas y lavado de pasta del concreto.



Organizan:



Apoyan:





## Comentarios finales

- Muchas cosas pueden salir mal con el diseño y construcción de cimentaciones
- Es necesario hacer control de construcción, de los elementos instalados y de su comportamiento
- Es difícil saber como está lo que queda enterrado
- La mejor seguridad es una buena ingeniería de diseño y de construcción
- En muchas ocasiones hacer mas no significa hacer mejor. Tal vez la mayor “patología” que existe, son los sobrecostos por obra innecesaria



Organizan:



Apoyan:





Gracias



*Jorge Rodriguez*  
*Jorge.rodriguez@jeoprobe.com*



Organizan:



Apoyan:

