



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



La importancia de la verificación de la integridad de los pilotes. Sistema PIT.

*Alejandro Caicedo Neira
SGS Laboratorios Contecon Urbar S.A.S
Colombia*

CIMENTACIONES PROFUNDAS - PILOTES - TIPOS DE DAÑOS

Grieta - Fisura



Cuello



Abultamiento



Vacíos



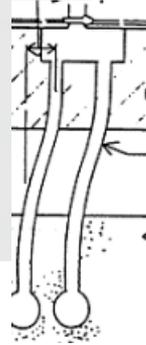
Impurezas



Impericia
negligencia



Desviación del
eje

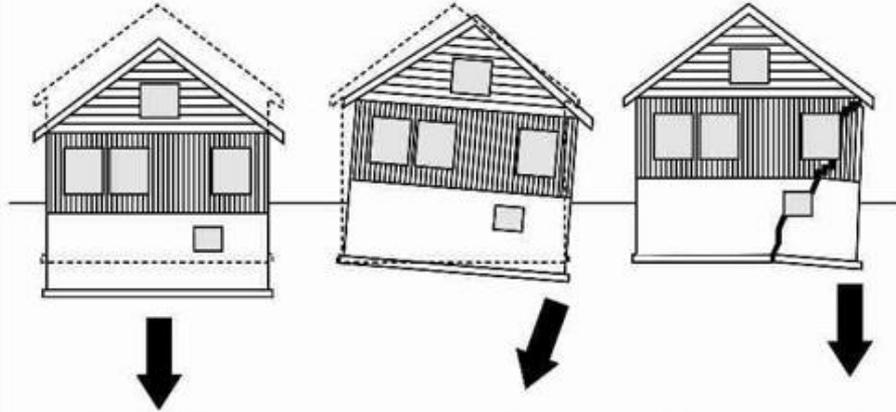


Segregación





TIPOS DE ASENTAMIENTO

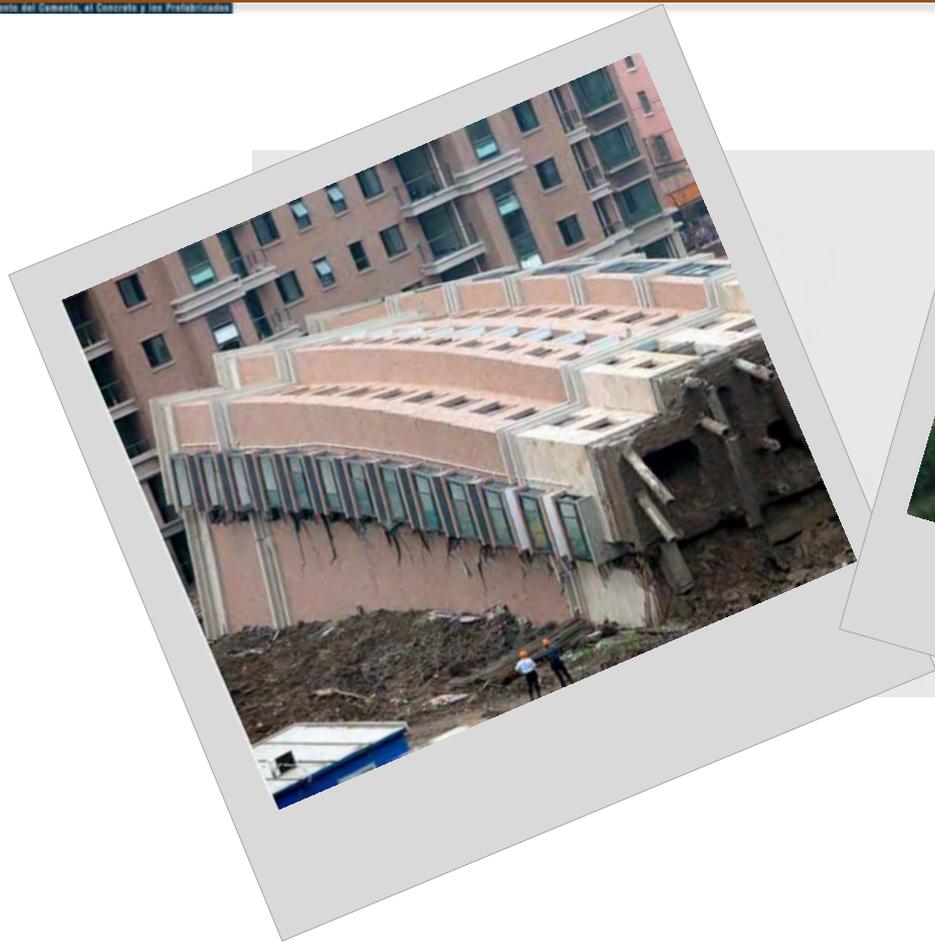


Asentamiento
Uniforme

Asentamiento
Diferencial

Asentamiento
Diferencial con
fisuras






endi
 ELNUEVODIA.COM

26/10/2017
 Región central

COLAPSO EN EL SISMO

MÉXICO: ARRESTARON AL CONSTRUCTOR DE EDIFICIO QUE COLAPSO EN EL SISMO

Se trata del responsable de la construcción de un inmueble ubicado en la zona sur de la capital mexicana, en el que murieron dos mujeres.

El procurador capitalino Edmundo Garrido dijo que una investigación reveló que la cimentación del edificio era inadecuada para sostenerlo. Además, agregó que los planos estructurales no tenían los mismos cálculos que los documentos que entregaron como parte del proceso para tramitar los permisos.



CRÓNICA.com.mx

MALA CALIDAD

12/12/2017 Capturan al DRO de Residencial San José

Autorizó uso de materiales inadecuados y la cimentación no es la planeada.



De acuerdo con el funcionario, los planos de la obra que fueron presentados ante la delegación no corresponden a lo construido; además de que los materiales estructurales eran de baja resistencia y no se notificó del uso de éstos. El detenido fue quien notificó la conclusión del inmueble el 21 de abril del 2016.

ES USTED UN INGENIERO AVESTRUZ?



Gráfica 3. Participación de los segmentos de insumos en la edificación de una vivienda (%)



Fuente: DANE. Elaboración DEET – CAMACOL

6 de cada 10
proyectos con
cimentaciones
profundas realizan
pruebas PIT

En promedio 12 de
cada 100 pilotes son
inspeccionados con
pruebas PIT en
Colombia

Los proyectos
inspeccionan
generalmente el 20%
del total de sus
pilotes

En Colombia se consumen
mas de medio millón de
m³ de Concreto/Año para
Pilotes



CIMENTACIONES PROFUNDAS - PILOTES

Pilote aislado



Grupo de Pilotes



Zonas Piloteadas



Micropilotes



CIMENTACIÓN

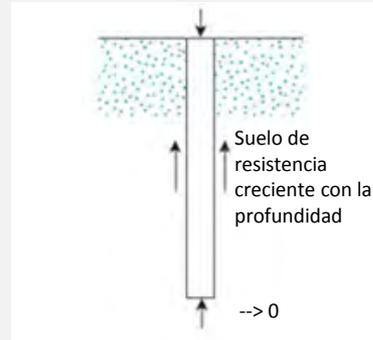
Es la parte de la estructura que transmite las cargas al suelo. En el caso de cimentaciones profundas, las cargas son recibidas de la superestructura y son transmitidas en profundidad a un terreno capaz de recibir dichas cargas

SEGUN SU FORMA DE TRABAJO

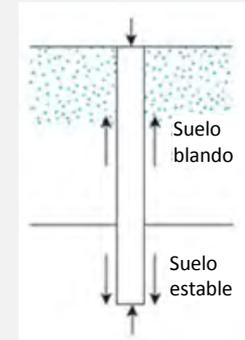
Por Punta



Por Fricción (Flotantes)



Mixto (Punta y Fricción)



SEGÚN MATERIAL

Madera



Metálico



Concreto



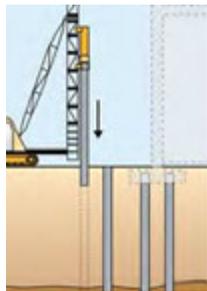
Mixto



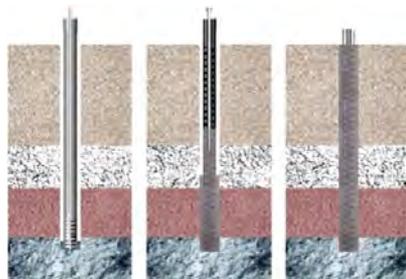
SEGUN PROCEDIMIENTO DE EJECUCION – De Desplazamiento

Procedimiento

Hincados



Encamisados



Tipo de Suelos

- Suelos blandos estratificados con capacidad portante en punta.
- Terrenos granulares trabajando a fricción

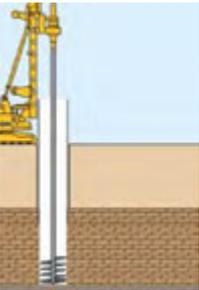
la cual mejora por incremento de compacidad del terreno gracias al proceso de hincado

Ventajas / Desventajas

- + Mayor capacidad
- + Mejora condición del suelo
- + Determinación de rechazo
- Daño potencial en transporte y colocación

- + Mejora condición suelo
- + Ahorro por menor movimiento de tierras
- Costo Camisa perdida o elementos de hincado (punta)

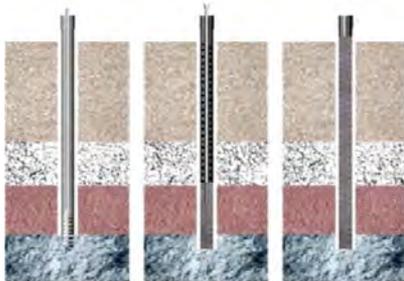
SEGUN PROCEDIMIENTO DE EJECUCION – De Extracción

Procedimiento		Tipo de Suelos	Ventajas / Desventajas
<p>Barrenado</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Suelos blandos estables con poca presencia de agua y alto contenido finos - Suelos blandos arcillosos cohesivos 	<ul style="list-style-type: none"> + Mayor velocidad y facilidad de ejecución + Económico + No importa la dureza del suelo - Potencial contaminación
<p>Encamisados de extracción con entubación recuperable</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Suelos inestables blandos con presencia de agua - Suelo blando inestable en la longitud de la camisa 	<ul style="list-style-type: none"> + No contaminación y ahorro por recuperación de camisa - Riesgo de afectar armadura y concreto al retirar camisa - Mayor complejidad en empalmes de tubería

SEGUN PROCEDIMIENTO DE EJECUCION – De Extracción

Procedimiento

Encamisado de extracción con camisa perdida



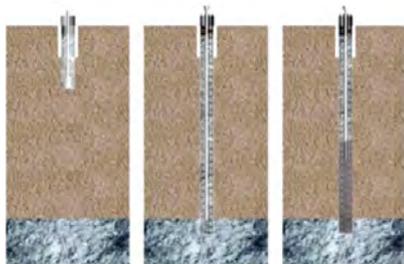
Tipo de Suelos

- Suelos agresivos químicamente
- Cavidades
- Presencia de agua
- Arcillas expansivas con fricción negativa

Ventajas / Desventajas

- + Protección del pilote de ataques químicos
- + Rapidez y aseguramiento de dimensiones de diseño
- + No contaminación
- Alto Costo – Doble camisa

Pilotes con Lodos



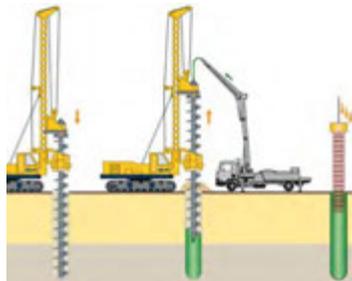
- Suelos inestables blandos en un estrato de gran longitud hasta terreno estable

- + Diámetros grandes
- + Economía y rapidez
- Potencial contaminación del pilote
- Centrales de lodos – costo y contaminación

SEGUN PROCEDIMIENTO DE EJECUCION – De Extracción

Procedimiento

Pilotes con barreno continuo



Tipo de Suelos

- Suelos blandos o sueltos. Capacidad de empuje limitada
- Recomendable para longitudes cortas

Ventajas / Desventajas

- + Ágil y económico
- Potencial desviación del barreno hacia terreno suave en estratos inclinados
- Dificultad de introducir armadura
- Vibración para introducir armadura puede causar segregación

TIPOS DE DAÑOS – PILOTES EN CONCRETO

Grieta - Fisura



Cuello



Abultamiento



Vacíos



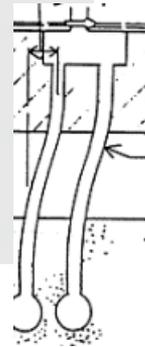
Impurezas



Impericia
Negligencia



Desviación del
eje



Segregación

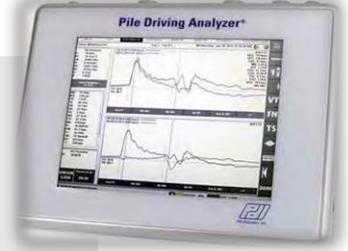


Tipo pilote \ Tipo de Daño	Grieta - Fisura	Cuello	Abultamiento	Vacíos	Impurezas	Impericia Negligencia	Desviación del eje	Segregación
De desplazamiento Hincado	✓					✓	✓	
Desplazamiento Encamisado	✓					✓		✓
Barrenado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Encamisado Recuperable	✓			✓		✓		✓
Encamisado Perdida	✓					✓		✓
Con Lodos	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Barreno continuo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN PILOTES



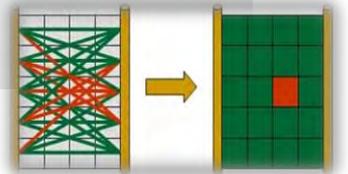
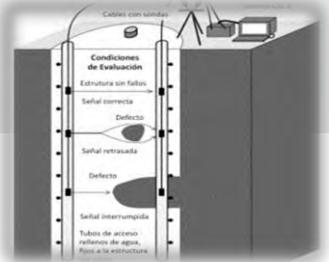
PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA



PRUEBA DE CARGA DINÁMICA

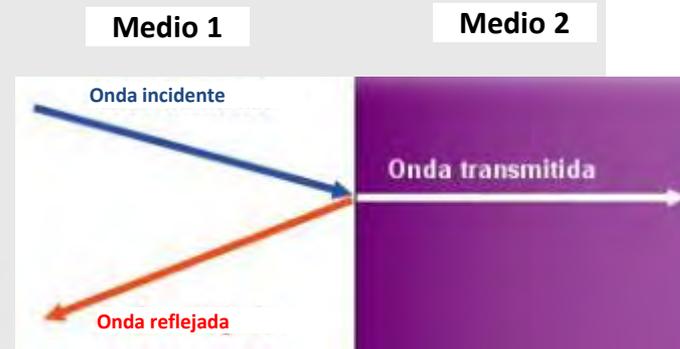


PRUEBA DE INTEGRIDAD DE PILOTES



PRUEBA CROSS HOLE

$$Z = \frac{EA}{c} = A \sqrt{\frac{\gamma E}{g}}$$



Las Pruebas de Integridad de Pilotes se fundamentan en el concepto de medición de cambios de impedancia por la transmisión de ondas de ultrasonido en un medio denso



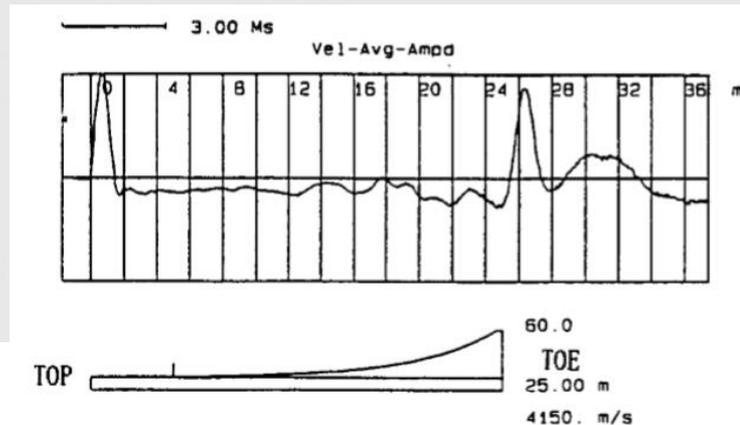
Pruebas de Integridad de Pilotes (PIT) (ASTM D 5882)

La prueba de integridad de pilotes, determina el estado del pilote en cuanto a su continuidad, cambios de dimensiones y consistencia del material*

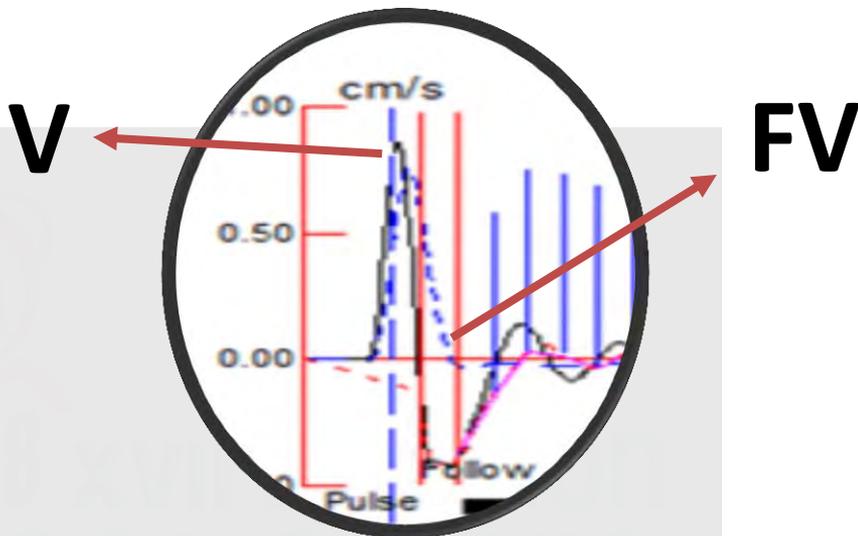
La prueba se fundamenta en la aplicación de un impacto en la cabeza del pilote por medio del golpe de un martillo de manera axial y perpendicular a la superficie de la cabeza del pilote, midiendo la velocidad de respuesta del sistema debido a dicha excitación

A medida que se propaga, la onda sufre reflexiones en su trayecto. Esas reflexiones pueden ser provocadas por variaciones en las características del material del pilote, por la presencia de fricción o resistencia de punta, y por supuesto **por la punta del pilote**

Aplica para cualquier pilote de cimentación profunda. No importa el método de instalación



El aparato de medición debe incluir un método gráfico de velocidad y debe tener capacidad de almacenamiento



Que es PIT + FV – CAP WAP

La norma ASTM D 5882 indica como opcional el uso de un martillo instrumentado con un acelerómetro, que permite registrar la señal de fuerza emitida por este y para que a través de esta señal se detecten daños próximos a la cabeza del pilote.

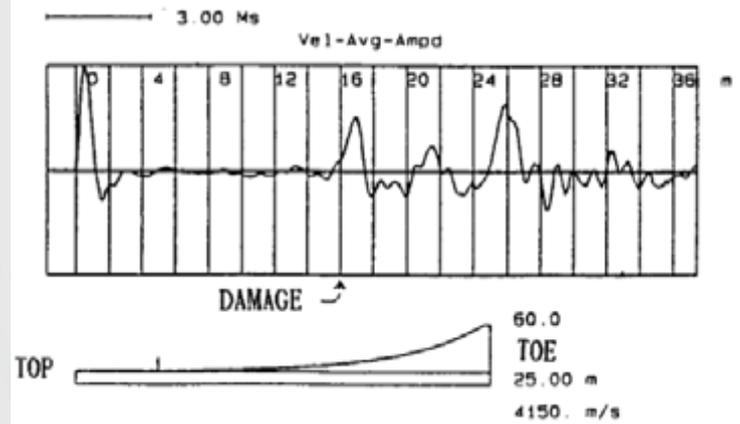
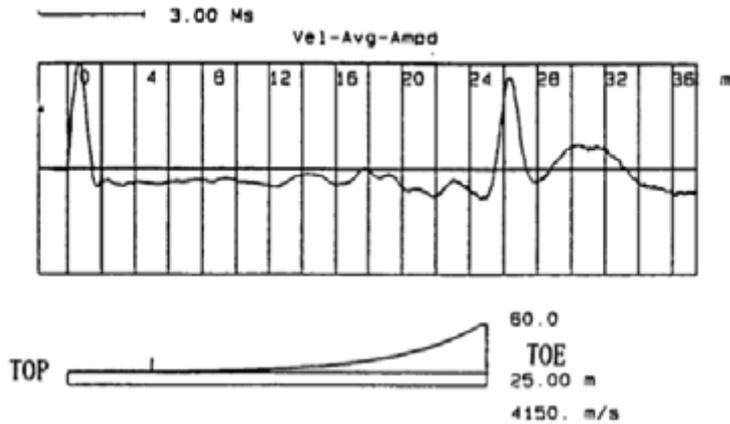
Highlights de la norma

Procedimiento

- El test no se debe hacer antes de 7 días o 75% de la resistencia de diseño
- Para realizar el ensayo se debe tener la cabeza de los pilotes accesible, limpio y liso
- El sensor se debe fijar firmemente a la cabeza de la pila lejos del borde del pilote.
- Para diámetros superiores a 500mm se debe realizar la prueba mínimo en tres lugares
- El impacto se debe dar en un punto que no esté a más de 300 mm del sensor

Es fundamental recabar la siguiente información:

- ID pilote, fecha y método de fundida, geometría, volumen de concreto colado, d/l, datos del refuerzo, estratificación del suelo, observaciones inspección visual, localización del transductor y los datos de la medición.
- Fecha del test , datos levantados



Interpretación de resultados

- Quien solicite las pruebas puede solicitar cualquier requerimiento adicional que considere
- Los datos deben llevarse a ser analizados por expertos
- Establecer protocolos de reacción en caso de detección de fallos
- Es el Geotecnista en conjunto con el Diseñador estructural quien deberá tomar las decisiones basado en los hallazgos detectados

PIT no es ...

- No da información de la capacidad portante de un pilote
- Nunca será posible saber qué pasa mas allá de una fisura o grieta encontrada.
- PIT puede no identificar todas las imperfecciones pero es una herramienta útil para identificar defectos a lo largo del pilote
- No es un método exacto pero da información relevante para toma de decisiones a los interesados

IX CONGRESO CHILENO DE
INGENIERÍA GEOTÉCNICA 2016



determinar, de manera experimental, la existencia de defectos en los pilotes de forma rápida y económica. Es importante mencionar que este tipo de ensayos no entregan información sobre el comportamiento de los pilotes bajo condiciones de carga, es decir estos ensayos no buscan reemplazar a los ensayos estáticos o dinámicos de carga, sino que deben verse como una fuente adicional de información sobre la condición de los pilotes construidos.

Dos de los ensayos más utilizados a nivel mundial para la evaluación de integridad de pilotes, son el ensayo crosshole (CSL, por sus siglas en inglés) y el ensayo de baja deformación (low-strain impact integrity test) también llamado método sónico o de eco, al cual nos referiremos como PIT (Pile Integrity Testing). En la práctica el número de pilotes ensayados en un proyecto corresponde aproximadamente 20% del total de pilotes del proyecto, sin embargo debido a su bajo costo, rapidez de ejecución y la relevancia de la información que se obtiene se debería ensayar el 100% de los pilotes de un proyecto.

En las siguientes secciones se presenta una breve descripción de los ensayos antes mencionados, así como sus principales ventajas y desventajas, para luego presentar resultados obtenidos de mediciones sobre pilotes con ambos métodos.



El número de pilotes ensayados en un proyecto corresponde aproximadamente 20% del total de pilotes del proyecto

JGJ/T 93-95 (22) is the professional standard for LST and CSL in China. Its enforcement began in December 1995. Both the Pulse Echo Method and the Transient Response Method of LST are listed in the standard, while the former is more commonly used than the latter. When interpreting the pile integrity analyses are mainly performed in time domain and the frequency domain analysis is a necessary supplement. *The number of piles to be tested should be at least 20% of the total piles and no less than 10 piles. If more than 30% of the tested piles are found to be substandard, twice as many piles should be tested. If there are still more than 30% of the piles substandard, all the production piles should be tested. This method can be applied to friction piles with a length to diameter ratio less than 30 and 40 end-bearing piles with an L/D ratio below 50.*

**El numero de pilotes probados debe ser por lo menos el 20% del total de los pilotes existentes y no menor a 10 pilotes.
Ley del 30% x 2 x 100%**



Settlement performance of the pile - this is referred to as CAPWAP or Simbat Analysis.

Integrity Pile Testing

Integrity Testing is a simple test to use to detect any anomalies in the pile shaft which may have occurred during construction. The test itself involves the measuring of the response of a sound wave (produced by a hand held hammer) travelling through the shaft of the pile. This test is commonly used on cast in-situ piles (CFA and Bored piles). Typically 100% of cast in-place piles are tested by this method. This test is not relevant to precast concrete or steel piles.

information required to be included in the specification.

How many piles should be tested?

100% by Integrity Testing

10 - 20% by Dynamic Testing

1 - 2% CAPWAP analysis

1% by Static Load Test

CUANTAS PILAS DEBEN SER PROBADAS?

100% Por prueba de integridad

10-20% por prueba dinámica

1-2% análisis CAPWAP

1% por prueba de carga estática



621.4.12 Pruebas de integridad

Cuando los documentos del proyecto lo contemplen o, a juicio del Interventor, haya necesidad de comprobar la integridad de los pilotes, se efectuarán ensayos de integridad. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que correspondan de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 621 – 4, según el tipo de prueba.



Tabla 620 - 4. Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE INTEGRIDAD	NORMA ASTM
Prueba de integridad de baja deformación por impacto	D 5882
Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote (crosshole testing)	D 6760



Cuando se usen pilas con ampliación de base (campana), la perforación de la misma se hará verticalmente en los primeros 20 cm para después formar con la horizontal un ángulo no menor de 60° : el peralte de la campana en el fondo será por lo menos de 20 cm o lo indicado en los planos estructurales. En general no se recomienda construir campanas bajo agua o lodos, a menos que se garantice explícitamente mediante pruebas de integridad, que el concreto colocado en esta zona en donde se desarrolla la capacidad de carga, ofrece las características de durabilidad y sanidad requeridas para un óptimo desempeño estructural durante su vida útil. Dicha condición del proceso constructivo quedará a criterio del ingeniero geotecnista.

Respecto a la localización en planta de las pilas se aceptará una tolerancia del 10% de su diámetro. La tolerancia en la verticalidad de una pila será del 2% de su longitud hasta 25 m de profundidad y del 3% para una mayor profundidad.

Como medida de control de calidad y de continuidad de los pilotes fundidos in situ, se recomienda la ejecución de pruebas de integridad (PIT).

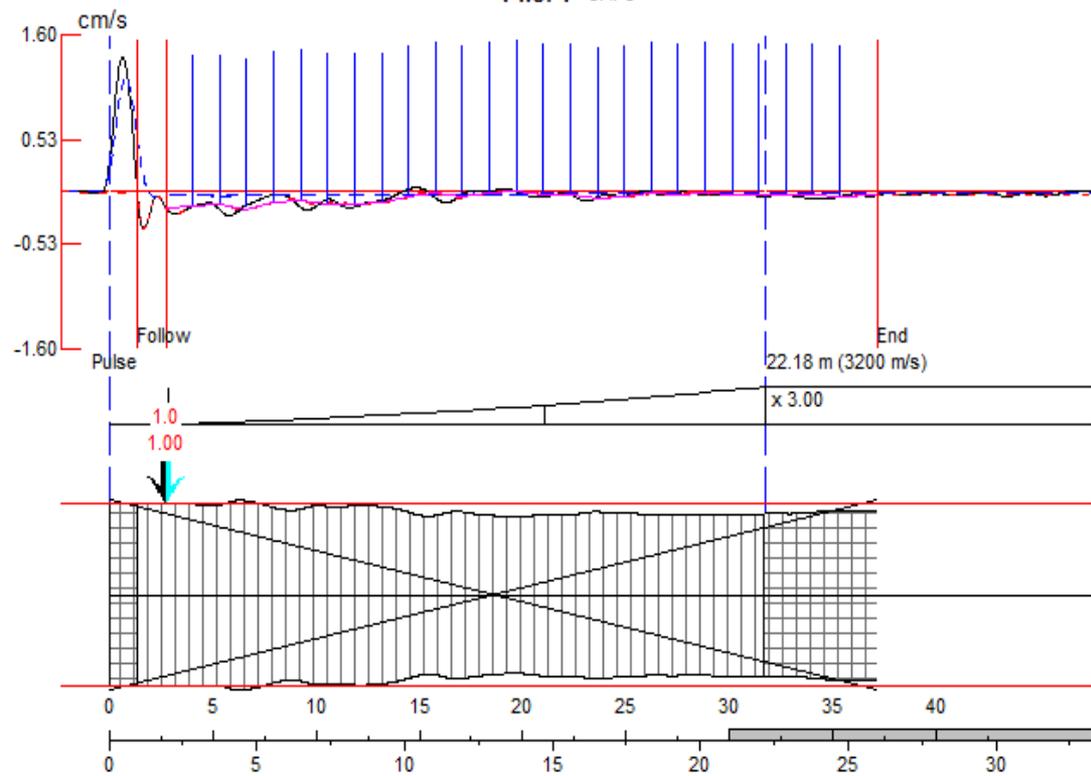
H.8.4.2.2 — En pilotes de concreto reforzado, se prestará especial atención a los traslajos en el acero de refuerzo longitudinal.



PIT – INFORME DE RESULTADO

Pile: 1 - 5: # 9

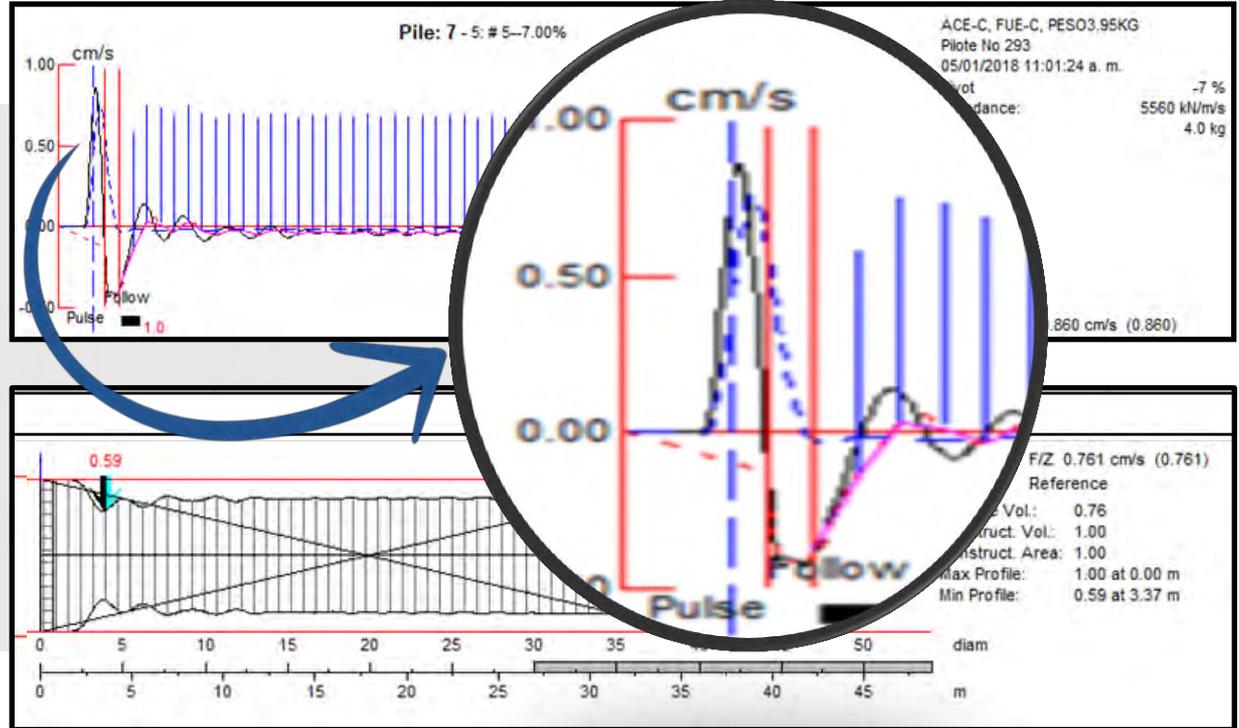
ACE-C, FUE-C, PESO3.95KG
 Pilote No 170
 12/12/2017 10:59:31 a.m.
 Impedance: 301.4 tons/m/s
 Mass: 0.0 tons



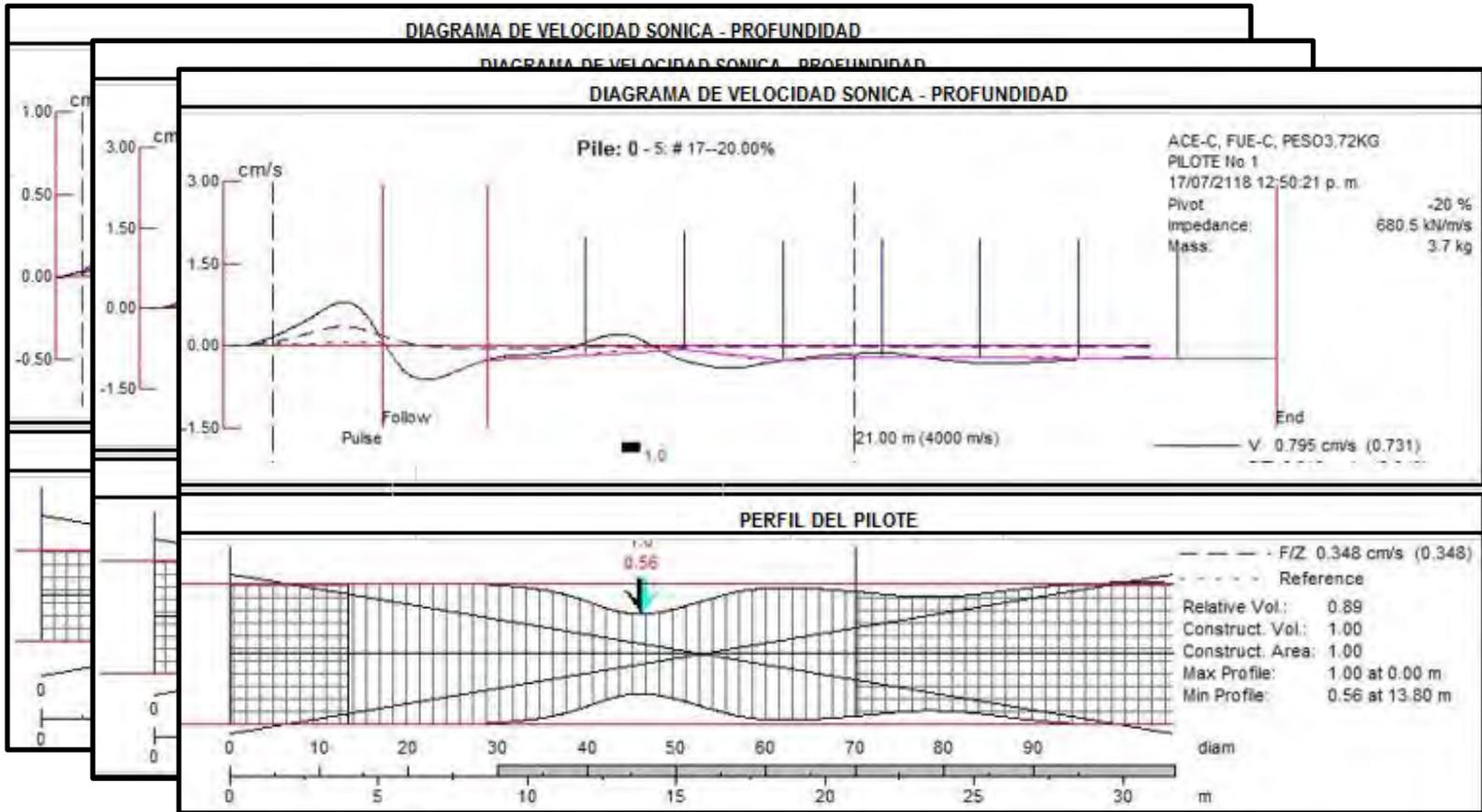
— V 1.372 cm/s (1.378)
 - - F/Z 1.161 cm/s (1.161)
 - - - Reference

Relative Vol.: 0.93
 Construct. Vol.: 1.00
 Construct. Area: 1.00
 Max Profile: 1.04 at 4.43 m
 Min Profile: 0.85 at 13.71 m

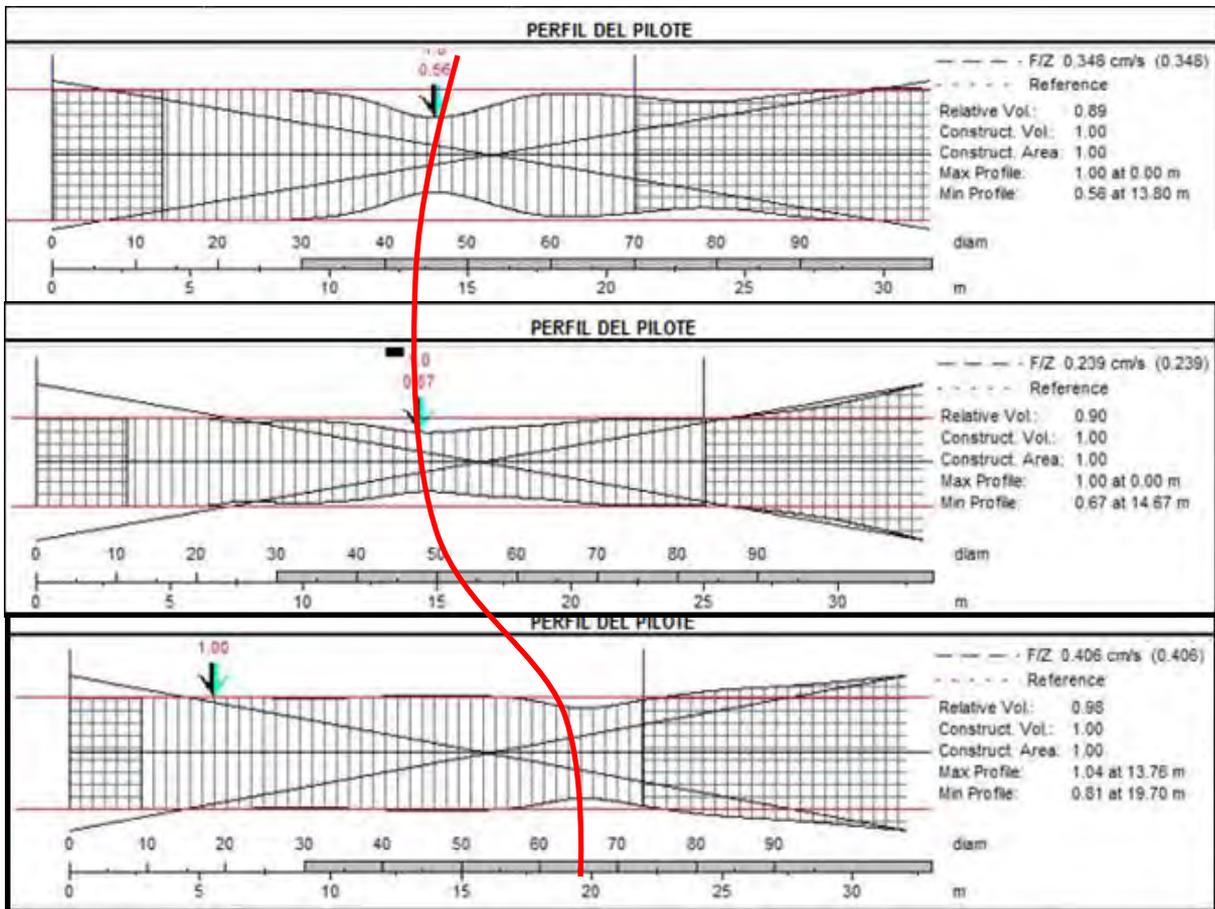




CASO PARA ANÁLISIS - 2



CASO PARA ANÁLISIS - 2



- TODAS las partes involucradas en la construcción de una estructura deben estar interesados en este tipo de pruebas
 - El Geotecnista para estar seguro que sus diseños no se verán afectados por un problema constructivo
 - El piloteador quien deberá asegurar la calidad de su trabajo
 - Los proveedores de concretos para entender qué tanto sus diseños pueden aportar o ser afectados por los métodos constructivos
 - El estructural quien basa su ejercicio en una buena cimentación.
- La calidad de construcción de pilotes en general es buena sin embargo la realización de pruebas de confirmación no representan un costo significativo contra el beneficio de estar seguro de la calidad
- Es urgente liberar normatividad en Colombia que reglamente la realización de pruebas sobre cimentaciones de edificación y obras de infraestructura

THANK YOU

GRACIAS

ARIGATO

SHUKURIA

JUSPAKAR

DANKSCHEEN

TASHAKKUR ATU

BIYAN SHUKURIA

TRASO

YACHANVILAY

SUKSAMA

GRAZIE

MEHRBANI

BOLZIN

MERCI

COORADADITA

INCHADITO

SCHEPUNDE

MAVIT

PALENG



Alejandro Caicedo Neira
SGS - LABORATORIOS CONTECON URBAR
Alejandro.caicedo@sgs.com