



ENSAYO SONICO DE VERIFICACIÓN DE INTEGRIDAD DE PILOTES DE BAJA DEFORMACION



METODO DE LA VELOCIDAD METODO DE LA FRECUENCIA

OBJETIVOS DEL ENSAYO
ALCANCE DEL METODO
PRINCIPIOS DEL METODO
METODOLOGIA DE TRABAJO
EQUIPOS UTILIZADOS
ANTECEDENTES

Norma de referencia ASTM D 5882

I. - OBJETIVOS DEL ENSAYO.

- Verificar la continuidad estructural y la homogeneidad de los pilotes que se estudian. Si hubiera alguna fisura, grieta o cambio en las características del hormigón es posible detectarla.
- Determinar in situ la longitud de cada pilote así como la uniformidad de su sección en toda su longitud. Es posible detectar ensanchamiento, angostamiento, bulbo, etc.

II. - ALCANCE DEL METODO.

- El Ensayo sónico es un ensayo rápido que puede ser utilizado tanto en pilotes prefabricados e hincados como en pilotes moldeados in situ.
- Puede ser realizado a partir de los siete días de hormigonado.
- La longitud efectiva del ensayo es de treinta veces el diámetro del pilote, medidos desde la cota de ensayo.
- Por medio de este método de ensayo podemos verificar la integridad del pilote, pero no se obtiene ningún dato sobre la capacidad portante del mismo.

III. - PRINCIPIOS DEL METODO.

Método de la Velocidad ó Eco

El ensayo consiste en la aplicación de una excitación mecánica en la cabeza del pilote, en este caso con un martillo instrumentado de mano generando una onda de compresión que viaja a través del pilote con una velocidad (C) que es función exclusivamente de las características del material del pilote (módulo de elasticidad y densidad).

Si consideramos el concepto de impedancia del pilote Z, Ecuación (1), la cual contempla todas las características de valor para este estudio en una sección cualquiera del pilote, vemos que cualquier cambio en las mismas, sea por variación del área del pilote o por diferencias del material de propagación de la onda, es una variación de la impedancia en esa sección.

A medida que esta onda se propaga, cada vez que ésta se encuentre con secciones donde varía la impedancia, parte de la onda continúa su propagación en profundidad, y parte de ella se refleja hacia arriba.

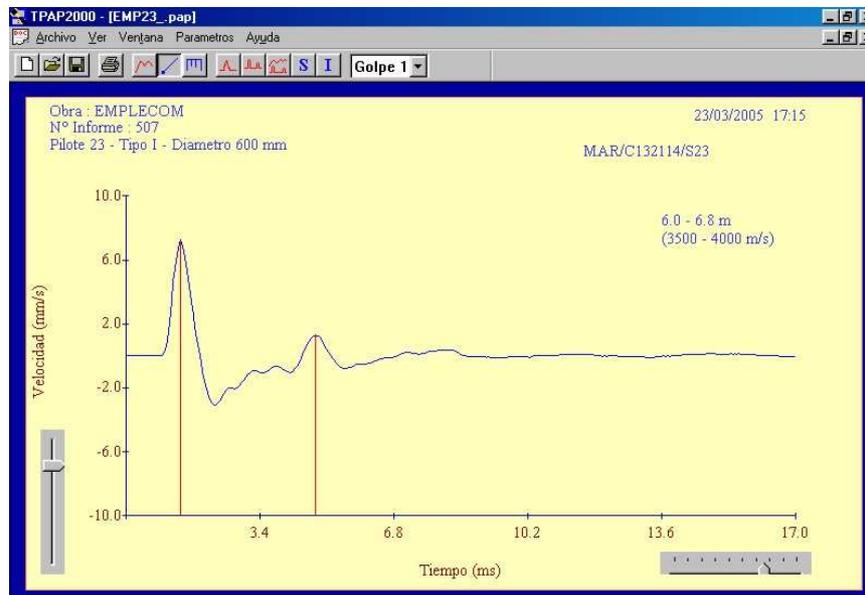
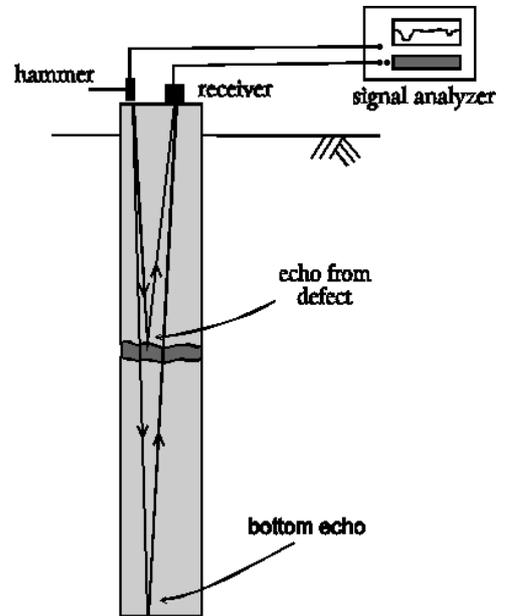
Estas reflexiones llegan de regreso a la cabeza del pilote donde son captadas por un acelerómetro que las transduce al colector de datos, registrando también los tiempos transcurridos. Las expresiones matemáticas de estos fenómenos físicos se reproducen junto a la figura que muestra un esquema del funcionamiento del sistema.

$$Z = \frac{E \cdot A}{c} \quad (1)$$

donde:
 $c = \sqrt{E/\rho}$ es la velocidad de propagación de la onda de tensión en el hormigón.
 A: sección transversal del pilote.
 E: Módulo de elasticidad del hormigón.
 ρ : Densidad de masa del hormigón.

$$L = \frac{c \cdot t}{2} \quad (2)$$

L: longitud del pilote determinada in situ
 t: tiempo de respuesta de la onda reflejada



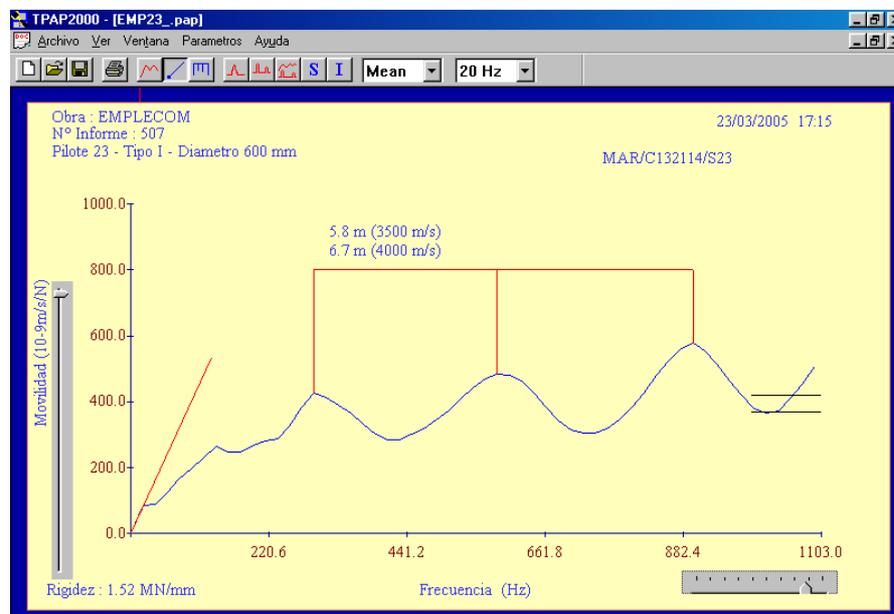
A partir de la integración de las aceleraciones se obtienen curvas de velocidad respecto del tiempo, de la cabeza del pilote. Esta función presentará, en coincidencia con los tiempos de llegada de las reflexiones a la cabeza, máximos y mínimos relativos, generados por disminuciones o aumentos de impedancia respectivamente. El caso particular de la punta del pilote corresponderá a una abrupta disminución de impedancia.

De esta manera el estudio se dirigirá a la identificación de estos “picos” y con sus tiempos correspondientes por la aplicación de la ecuación (2), se determinan las longitudes asociadas a la ubicación sea de la punta del pilote, sea de las posibles anomalías.

Método de la Frecuencia ó Respuesta Dinámica

Como segunda generación en estos ensayos, a fin de eliminar muchas subjetividades que en casos complicados se demostró que el método de la velocidad no cuenta con la necesaria precisión, se desarrolló otra herramienta de análisis conocido como método de la frecuencia. Con la gran ventaja que integrado al mismo equipo y al mismo tiempo sin necesidad de efectuar dos ensayos diferentes, tendremos al fenómeno físico planteado por el sistema suelo-pilote estudiado traves de dos principios físicos diferentes.

En este caso el martillo del equipo que será instrumentado con una celda de carga, informará al procesador los valores de la fuerza aplicada en el golpe a lo largo del tiempo, el acelerómetro registrará aceleraciones convertibles en velocidades y frecuencia de vibración de la cabeza del pilote a lo largo, también, del tiempo. Con estos valores se podrá entonces confeccionar una función en donde las abscisas representarán las distintas frecuencias a las que vibró el pilote desde que se lo comenzó a impactar hasta la vibración “libre” luego de haber recibido el golpe.



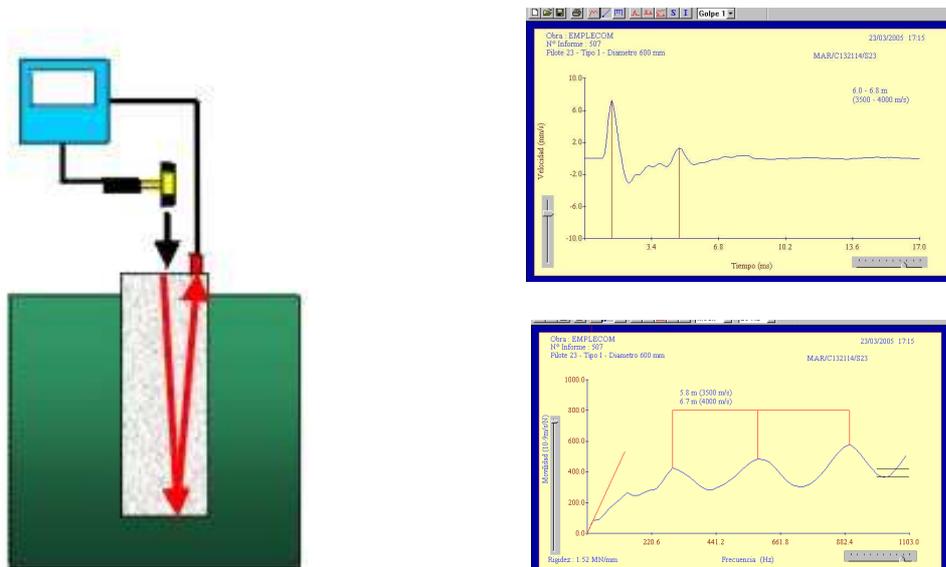
Sobre las ordenadas se estimará la variable que podríamos llamar “movilidad”, cociente entre velocidad en la cabeza y fuerza aplicada. Sabemos que este cociente se maximiza (con menor perturbación, máxima velocidad) para frecuencias cercanas o mejor iguales a la frecuencia natural del elemento considerado, en este caso el pilote.

La determinación de estas frecuencias en base a los máximos relativos de esta función, nos dará en principio datos sobre longitudes (al igual que pasa en un xilofón, a igualdad de sección y material, la frecuencia de vibración dependerá de su longitud). Las condiciones de borde de la función equiparándolas a extremos fijos o libres corresponderán a lo que nos indicará si a esa longitud encontramos aumentos o disminuciones de impedancia del pilote respectivamente. Sobre estas curvas, se apoyan los modernos métodos de modelización – simulación del conjunto suelo-pilote desde el método de *respuesta dinámica* o de *frecuencia*.

El programa *SIMUL* que permite la modelización, se apoya en la curva obtenida de velocidad/fuerza vs. frecuencia. Esta curva real propia de cada pilote según su morfología, conformación y características del suelo en que está embebido, es la que mediante el programa trataremos de “copiar”, para esto dividiremos tanto al pilote como al suelo en distintos estratos y consignando para los mismos las distintas propiedades, (en realidad las variables de la función estudiada), de esta manera, con algunas variables fijas por los datos previos y otras obtenidas por iteración, procuraremos que la curva matemática, se ajuste lo más posible a la curva real relevada en el ensayo.

IV. – METODOLOGIA DE TRABAJO

Sobre la cabeza del pilote, nivelada y lisa, se fija el acelerómetro y se efectúa el golpe con el martillo instrumentado, en la unidad de recolección y proceso se podrá verificar correlación entre velocidad y fuerza/impedancia a fin de descartar posibles daños en las cercanías de la cabeza del pilote.

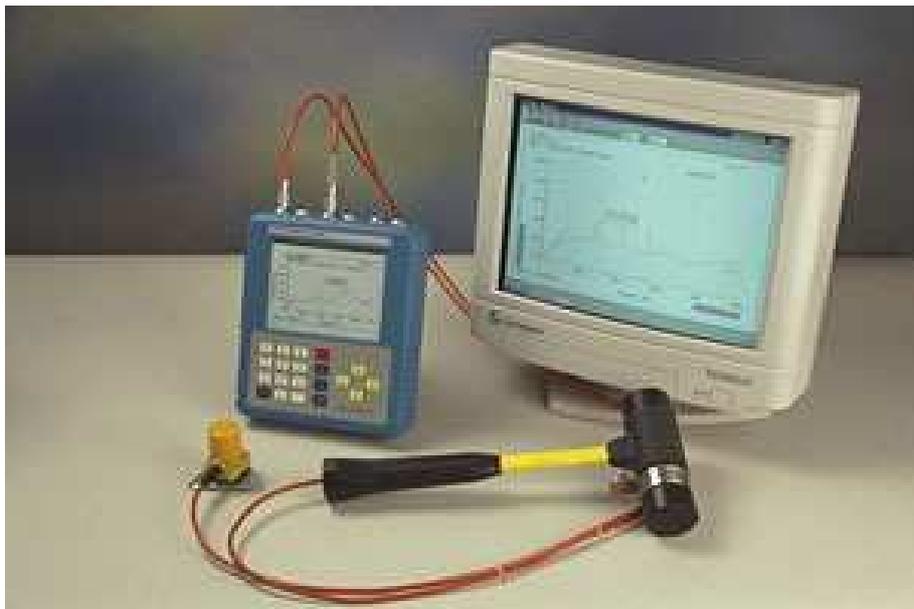


Se efectúan al menos cuatro golpes, el equipo ejecutará un test de coincidencia de señales que deberá arrojar como mínimo un resultado del 90%. En caso de no alcanzar este porcentaje, se seguirán repitiendo series de golpes hasta lograr lo buscado. Se guardan los registros correspondientes a tres golpes.

V. – EQUIPOS UTILIZADOS

Tanto los equipos como los programas de aplicación fueron desarrollados y provistos por la firma británica TESTCONSULT LIMITED, empresa internacional de punta en tecnologías de ensayos y control de calidad en obras civiles.

- Martillo: 1,4 Kg. provisto de celda de carga PCB. Pads de golpeo intercambiables
- Geófono: (acelerómetro) Tipo SM 6 - frecuencia natural 4.5 Hz - 20 v/m/s
- Unidad de recolección/proceso: Canales paralelos - 16 bits a 25 khz - Permite ajuste de ganancia de canales de entrada, análisis de coincidencia de señales, almacenamiento de las mismas, visualización de las curvas, visualización del espectro de la fuerza.
Baterías de 8 horas de uso continuo



ANTECEDENTES DE ENSAYOS DE INTEGRIDAD

Algunas de las obras en que realizamos estos ensayos desde el año 2000 hasta la fecha:

- Ensayo de integridad en pilotes para Estación de Servicio Shell calle Illia esquina Gualeguaychú ciudad de Paraná, para la firma Constructora Sudamericana S.A.
- Ensayo de integridad en pilotes para Estación de Servicio Shell Ruta 33 s/n Venado Tuerto , para la firma Calcom S.A.
- Ensayo de integridad en pilotes para el Puente sobre el Aº Las Conchas, Prov. de Santa Fe, para la Dirección Provincial de Hidráulica.
- Ensayo de integridad en pilotes para la ampliación de la Planta Nestle, de la localidad de Saladillo Prov. de Bs.As., para la firma Cinter S.R.L..
- Ensayo de integridad en pilotes para la ampliación de la Planta Nestle, de la localidad de Santo Tomé Prov. de Santa Fe, para la firma Cinter S.R.L.
- Ensayo de integridad en pilotes para Puente de un intercambiador de la Autopista Rosario Córdoba en la localidad de San Jerónimo Sur , Prov. de Santa Fe, para las firmas Benito Roggio S.A. y Cementos Minetti S.A.
- Ensayo de integridad en pilotes para el Hotel Casino Sol de Victoria , Victoria Prov. Entre Ríos, para la firma Cachero y Kozuch S.A.
- Ensayo de integridad en pilotes para el Edificio de calle Rodríguez 330 de la ciudad de Rosario, Prov. de Santa Fe, para la firma S & G Construcciones srl.
- Ensayo de integridad en pilotes para complejo "El Porteño" Puerto Madero, Bs.As. , para la firma Obras Civiles S.A.
- Ensayo de integridad en pilotes para la ampliación de la Planta Swift Amour S.A. en la Ciudad de Villa Gdor. Galvez Prov. de Santa Fe, para la firma Fundar s.r.l.
- Ensayo de integridad en pilotes en la localidad de Carcarañá Prov. de Santa Fe, para la firma Pierantoni Hnos. srl.
- Ensayos de integridad en columnas para ampliación de la Planta Unilever, Parque industrial Tortuguitas, Bs. As., para la firma Cinter S.R.L.
- Ensayo de integridad en pilotes de Puente sobre Arroyo San Lorenzo, Pto. General San Martín, Pcia. de Santa Fe, para la Municipalidad de Puerto General San Martín.
- Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Arroyo Espín y Yacaré RP 38; Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Mundo Construcciones S.A.
- Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Arroyo El Gusano RP 36; Reconquista Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Romero Cammisa S.A.
- Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Arroyo El Retobado y Río Salado RP



- 39; Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Romero Cammisa S.A.
- Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Río Salado RP 80S ; Llambi Cambel Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Rovella Carranza S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Río Saladillo Dulce RP 281S ; San Justo Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Rovella Carranza S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Río Salado RP 2 ; San Justo- San Cristóbal Santa Fe, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Angel Boscarino Construcciones.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Puentes sobre Río Salado RP 5 ; Lumbreras - Pichanal Salta, para la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) y la empresa Dal Borgo Construcciones S.R.L.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para multisalas de Cines Centro Comercial Alto Rosario , para Nay Internacional Inc. Argentina.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Puente Aº Ludueña y calle Nansen para Caputo S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Nuevo Edificio OSDE Ciudad de Santa Fe, para Bordo Arquitectura S.R.L.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Edificio Paraguay 2.014 de la Ciudad de Rosario.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para tanque de Exano PBB Polisor en su Planta del polo petroquímico Bahía Blanca, para la empresa Milicic S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Nueva Planta Molinos San Lorenzo, para la empresa Cinter S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para torres de telefonía Celular CTI S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Edificio Torre Olazábal en Río Cuarto Córdoba, para la empresa Pierantoni Hnos SRL.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Edificio Libertador en Venado Tuerto Santa Fe , para la empresa Movivial S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para Ampliación Edificio Empleados de Comercio, para la empresa Ing. Pedro Minervino S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para ampliación de playa de estacionamiento y museo Club River Plate , para la empresa Indecom S.R.L.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para fundación de silos de hormigón deslizados en la planta de Molinos Chivilcoy, para la empresa Bautec S.A.
 - Ensayo de Integridad en Pilotes para la fundación de cuatro celdas de acopio, torres de mecanización y torre de embarque en la planta de Cargill – Villa Gdor. Galvez, Santa Fe,

- para la empresa Ing. Pellegrinet S.A.
- Ensayo de Integridad en Pilotes para fundación de Edificio en Torre "Italia 1245" en Tigre, Pcia. de Bs. As. para la empresa Edificadora Barcemar S.A.
 - Ensayos integridad edificio en García del Río 2645 - Capital Federal – para la empresa INDECOM S.R.L.
 - Auditoría con Ensayos integridad Avenida de Circunvalación de la ciudad de Santa Fe para la firma Pilotes Carcarañá S.R.L.
 - Ensayos integridad para fundación edificio Dorrego 938 Rosario – Comitente: Ing. Carlos Krüger
 - Ensayos de Integridad para tres conjuntos habitacionales en ciudad de Santa Fe – Mundo Construcciones
 - Ensayos de integridad para Edificio Buenos Aires 1813 – Rosario para Fideicomiso Plaza López.
 - Ensayos de integridad Edificio Freyre y Junín – Santa Fe – Comitente: Juan Y Roberto Pierantoni S.R.L.
 - Ensayos de integridad para ampliación de Frigorífico Swift-Armour en San José – Pcia de Entre Ríos – Comitente: Fundar S.R.L.
 - Ensayos de integridad Edificio Entre Ríos 2178 Rosario – Comitente: Arq. Pettiti.
 - Ensayos de integridad para ampliación Planta Petrobras en Puerto General San Martín, Sector Estireno – Pcia de Santa Fe – Comitente Metal 1 S.A.
 - Ensayos de integridad para 4 puentes en Ruta Prov. N°40 – Santa Fe – Comitente: Rinaudo Cía. Constructora S.R.L.
 - Ensayos de integridad en puente sobre A° El Toba – Pcia. de Santa Fe – Comitente: Guillermo Yapur.
 - Ensayos de integridad Planta Shell – Dock Sud -. Comitente: Pilotes Carcarañá S.R.L.
 - Ensayos de integridad ampliación Planta Repsol-YPF – La Plata – Comitente: Inelectra S.A.
 - Ensayos de integridad Puente A° Leyes en Ruta Prov. N° 1 – Santa Fe – Comitente: Tecsa S.A.
 - Ensayos de integridad Edificio Plaza – Leones - Pcia de Córdoba – Comitente: Rodolfo Pellizari y Asoc. S.A.
 - Ensayos integridad para fundación de Horno en C.I.F. – Repsol YPF – Ensenada. Comitente: S.A. Lito Gonella e Hijo
 - Ensayo de integridad Puente sobre Río Carcaraña – Autopista Rosario – Córdoba – Comitente Dicasa S.A.
 - Auditaría con ensayos de integridad para fundación Termoeléctrica Manuel Belgrano – Campana – Comitente: Termoeléctrica Manuel Belgrano.



- Ensayo de integridad para fundación de torre de enfriamiento – Petrobras Planta Puerto Gral. San Martín – Comitente:: Servicio Construcciones.
- Ensayos de integridad para fundación obra de toma – Acueducto Centro Oeste – Provincia de Santa Fe – Comitente: Contreras – Obring – Supercemento.
- Ensayos de integridad para fundación Termoeléctrica José de San Martín – Timbúes – Comitente: Cotersa.
- Ensayo Integridad de pilotes edificio Mitre – Rafaela – Santa Fe – Comitente Nazer Construcciones.
- Ensayo integridad de pilotes en dos puentes en la ruta nacional nº 14 – tramo 7, sección 1 – Provincia de Entre Ríos – Comitente Techint S.A.C.I. – Hidraco S.A. – ICF S.A. – UTE.
- Ensayo Integridad de Pilotes edificio Yrigoyen 149 – San Justo – Córdoba – Comitente MSR constructora.
- Ensayo de Integridad de Pilotes Puente sobre Río Chubut – Acceso IV Localidad de Trelew – Comitente Industrias Bass S.A..
- Ensayo de Integridad de Pilotes en central termoeléctrica “Centrales de la Costa” – Villa Gesell – Comitente Ronza S.A..
- Ensayo Integridad de Pilote en puente sobre arroyo Saladillo – Ruta nacional nº 178 – Provincia de Santa Fe – Comitente Alquimaq S.R.L..
- Ensayo Integridad de Pilotes en planta Cargill Chacabuco, Provincia de Buenos Aires – Comitente Coma S.A..
- Ensayo Integridad de Pilotes en puente sobre río Luján, ruta provincial 192 – Luján – Comitente ICF S.A..
- Ensayo Integridad de Pilotes en colegio Mirasoles – Ciudad de Rosario – Comitente AyE.
- Ensayo Integridad de Pilotes en puerto Comodoro Rivadavia – Comitente Dyopsa S.A..
- Ensayo Integridad de Pilotes en puente en ruta provincial nº 11 – Magdalena – Provincia de Buenos Aires – Comitente ICF S.A..