



**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

**TOMO II-ANEJO 1.
CIMENTACIÓN DEL NUEVO PUENTE SOBRE EL EMBALSE
DEL EBRO EN ORZALES (CANTABRIA)**

**ESTUDIO SOBRE LA PROBLEMÁTICA PARA
LA VERIFICACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE
PILOTES HORMIGONADOS " IN SITU "**

Nº TFG: 423.13.107

Autor: Julián Brihuega Jiménez

Director: Miguel Ángel Morales Arribas

Fecha: Marzo de 2015

TOMO II. ANEJO 1. CIMENTACIÓN DEL NUEVO PUENTE SOBRE EL EMBALSE DEL EBRO EN ORZALES (CANTABRIA)

INDICE DE CONTENIDO

1. BREVE RESEÑA HISTORICA	1
2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUENTE	4
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	4
2.1.1. <i>Situación</i>	4
2.1.2. <i>Características generales</i>	4
2.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	4
2.2.1. <i>Estríbos:</i>	4
2.2.2. <i>Pilas</i>	5
2.2.3. <i>Tablero</i>	5
3. EJECUCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS Y PILAS	8
3.1. MEDICIÓN	9
3.2. PRINCIPIO DEL MÉTODO	10
4. EJECUCION DE PILOTES	11
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE ENTUBADO	11
4.2. EJECUCIÓN DEL PILOTE DESDE TIERRA	11
4.2.1. <i>Emplazamiento del equipo de perforación</i>	15
4.2.2. <i>Perforación</i>	15
4.2.3. <i>Limpieza del fondo de la excavación</i>	15
4.2.4. <i>Introducción de la armadura en la perforación</i>	15
4.2.5. <i>Hormigonado</i>	15
4.2.6. <i>Equipos y maquinaria tipo</i>	16

ESTUDIO SOBRE LA PROBLEMÁTICA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE
PILOTES HORMIGONADOS " IN SITU "

INDICES

4.3.	EJECUCIÓN DEL PILOTE DESDE PONTONA	17
4.4.	PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO	17
5.	ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS	19
5.1.	ESTRIBO E-1 (ORZALES)	20
5.1.1.	<i>Datos obtenidos:</i>	20
5.1.2.	<i>Diagrafías</i>	31
6.	SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS	51
6.1.	ESTRIBO E-1 DERECHO	51
6.2.	ESTRIBO E-1 IZQUIERDO	53
6.3.	PILAS 2,3,4 Y 5	54
6.4.	PILA 6 IZQUIERDA	54
6.5.	ESTRIBO E-2 DERECHO	57

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano situación del Embalse del Ebro	1
Ilustración 2. Embalse del Ebro (Cantabria)	2
Ilustración 3. Planta y secciones puente.....	6
Ilustración 4. Definición geométrica de las pilas	7
Ilustración 5. Planta de los puentes antiguo y nuevo.....	8
Ilustración 6. Vista del puente antiguo	9
Ilustración 7. Posicionamiento e hincado de camisa perdida en estribo E-1 (Orzales)	12
Ilustración 8. Excavación del pilote.....	12
Ilustración 9. Colocación de la armadura en el interior de la excavación	13
Ilustración 10. Introducción del tubo Tremie en el interior de la excavación	14
Ilustración 11. Hormigonado del pilote.....	14

ESTUDIO SOBRE LA PROBLEMÁTICA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE
PILOTES HORMIGONADOS " IN SITU "

INDICES

Ilustración 12. Ejecución de pilas-pilote desde pontona	17
<u>Ilustración 13. Trabajos desde pontona.....</u>	<u>18</u>
Ilustración 14. Ensayo Cross-Hole en estribo E-1 (Orzales)	48
Ilustración 15. Ensayo Cross-Hole en estribo E-1 (Orzales)	48
Ilustración 16. Ensayo Cross-Hole en pila	49
Ilustración 17. Ensayo Cross-Hole en pila.....	49
Ilustración 18. Ensayo Cross-Hole en pila.....	50
Ilustración 19. Montaje manquito último metro de la tubería de inyección	52
Ilustración 20. Disposición de los taladros para verificación de anomalías	53
Ilustración 21. Posición de la pila 6 próxima al lado de La Lastra	54
Ilustración 22. Vista interior del pilote izquierdo de la pila 6.....	55
Ilustración 23. Croquis de la disposición de los taladros para la reparación de la anomalía	56
Ilustración 24. Disposición de los micropilotes en el interior del pilote	58
Ilustración 25. Plano con la definición geométrica del nuevo pilote.....	59

BREVE RESEÑA HISTORICA

1. BREVE RESEÑA HISTORICA

Al construirse el pantano del Ebro en Cantabria, el paraje denominado la Lastra quedó transformado en una península. Para comunicar la citada península, de unas 700 has. de cultivos y pastos, con el pueblo de Orzales se construyó un puente de bóvedas de fábrica, reponiéndose el camino que se utilizaba antes de la construcción del embalse que quedo inundado por él.

Al igual que el puente existente, el Nuevo Puente de Orzales pertenecerá al camino de Servicio de Orzales a La Lastra, conectado al Norte con la carretera C-6318 que discurre entre los núcleos de población de Reinosa y Coronte, en las proximidades del pueblo que le da su nombre.



Ilustración 1. Plano situación del Embalse del Ebro

BREVE RESEÑA HISTORICA

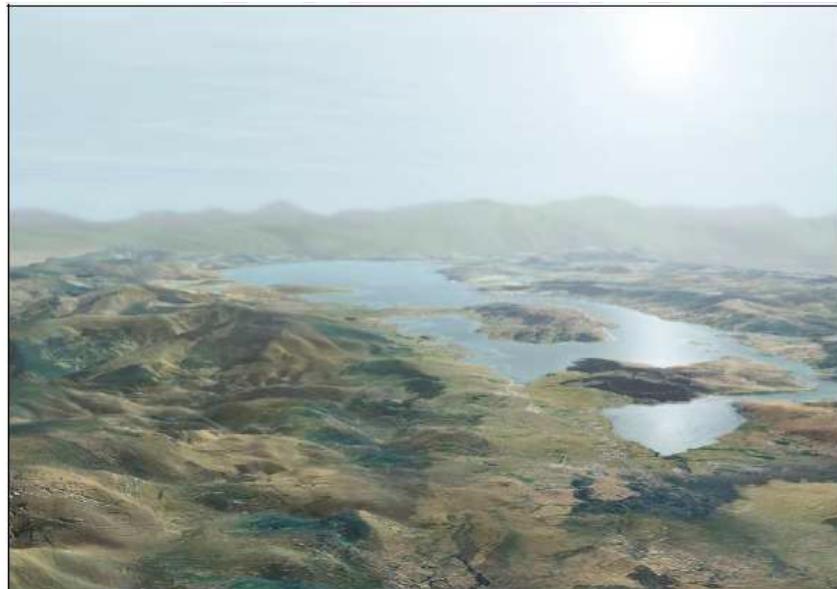


Ilustración 2. Embalse del Ebro (Cantabria)

Durante la construcción de las obras, en agosto de 1953, coincidiendo con un rápido descenso del embalse, la pila más alta del puente -pila 8- asentó 10 cm, cuando la tensión media transmitida al terreno debida a peso propio y carga permanente era de 1.91 kp/cm², produciendo grietas en los dos arcos que se apoyan en la misma. La estructura estaba ya casi terminada, tan sólo faltaban los voladizos de los paseos y el afirmado. Para evitar asentamientos futuros, se procedió a la colocación de las cimbras en los dos arcos afectados y a la descarga de los dos grupos de diez arcos de 10 m de luz, suprimiendo los tímpanos y el relleno sobre los mismos.

Las cimentaciones de las pilas se realizaron, en su mayoría, a base de encepados de pilotes de eucalipto sobre un lecho arenoso de gran espesor, siendo el resto cimentaciones directas.

Desde un punto de vista geotécnico, no debemos olvidar que estos pilotes de eucalipto no son los más adecuados, ya que están sometidos a ciclos de humedad-sequedad (subidas y descensos del embalse) que deterioran la madera con gran rapidez. Además, sabemos que debido a los métodos de hinca existentes en la época y a la insuficiente energía que aportaba la maza que se dejaba caer para que el pilote penetrara en el terreno, muchos de ellos quedaron más cortos de lo exigido, por lo que su capacidad portante es inferior a la de proyecto.

BREVE RESEÑA HISTORICA

Con el paso del tiempo el puente se ha ido deteriorando suponiendo un riesgo para el tráfico y peatones, así como un coste importante su mantenimiento.

En 2002 se desestimó la solución de reparar el puente antiguo debido al elevado riesgo que suponía su rehabilitación. Por todo ello, se propuso la demolición del antiguo puente y la construcción de uno nuevo, así como la prohibición de circular vehículos sobre el mismo.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUENTE

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1.1. *Situación*

Localización: Pantano del Ebro

Camino: Orzales-La Lastra

Localidad: Orzales

Provincia: Cantabria

2.1.2. *Características generales*

Longitud: 299 m

Anchura: 8.0 m

Nº vanos: 6

Distribución de luces: 39 + 55 + 55 + 55 + 55 + 39

Tipología: Cajón unicelular prefabricado de hormigón pretensado de canto semi-variable

Rasante: Horizontal

Trazado en planta: Alineación Recta

2.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

2.2.1. *Estríbos:*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUENTE

Tipología: Abierto

Características: Cabezal pilotado

Diámetro Estriplos: 1.80 m

Cimentación Profunda

2.2.2. Pilas

Tipología: Dintel apoyado en doble pila-pilote cilíndrica

Altura máxima: 13.5 m

Canto de Dintel: 2.50 m

Diámetro Pilas: 1.72 m

Cimentación Profunda

2.2.3. Tablero

Sección tipo: Artesa prefabricada hormigón pretensado

Canto: Sobre Pila 3.0 m

En centro de vano y zona de estribos 1.85 m

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUENTE

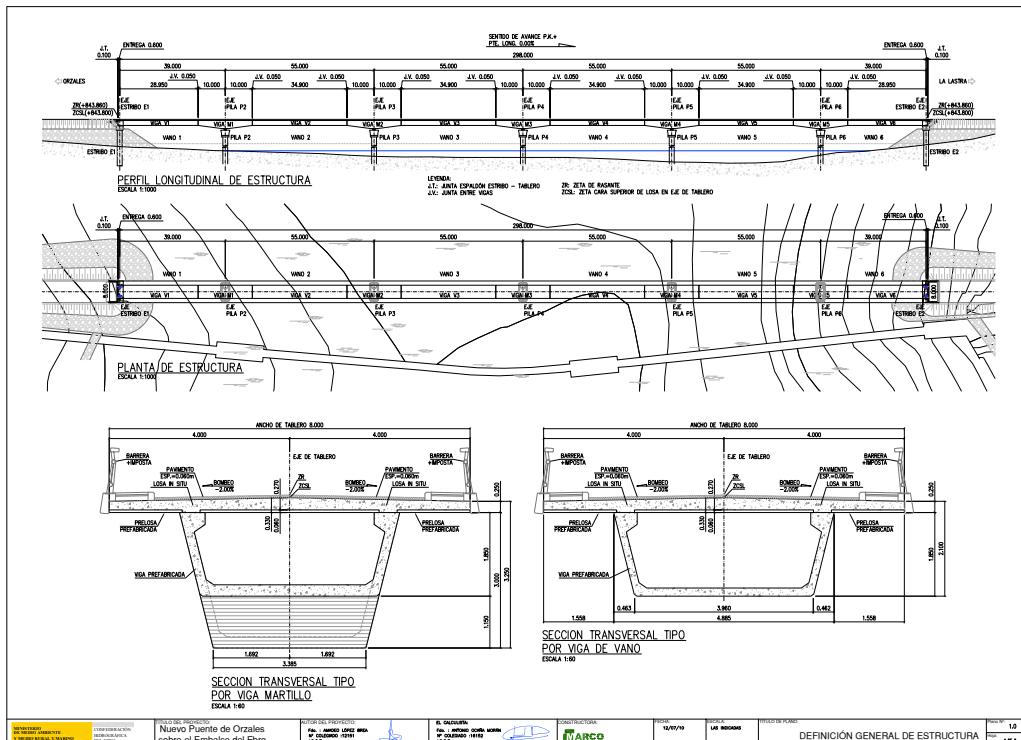


Ilustración 3. Planta y secciones puente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PUENTE

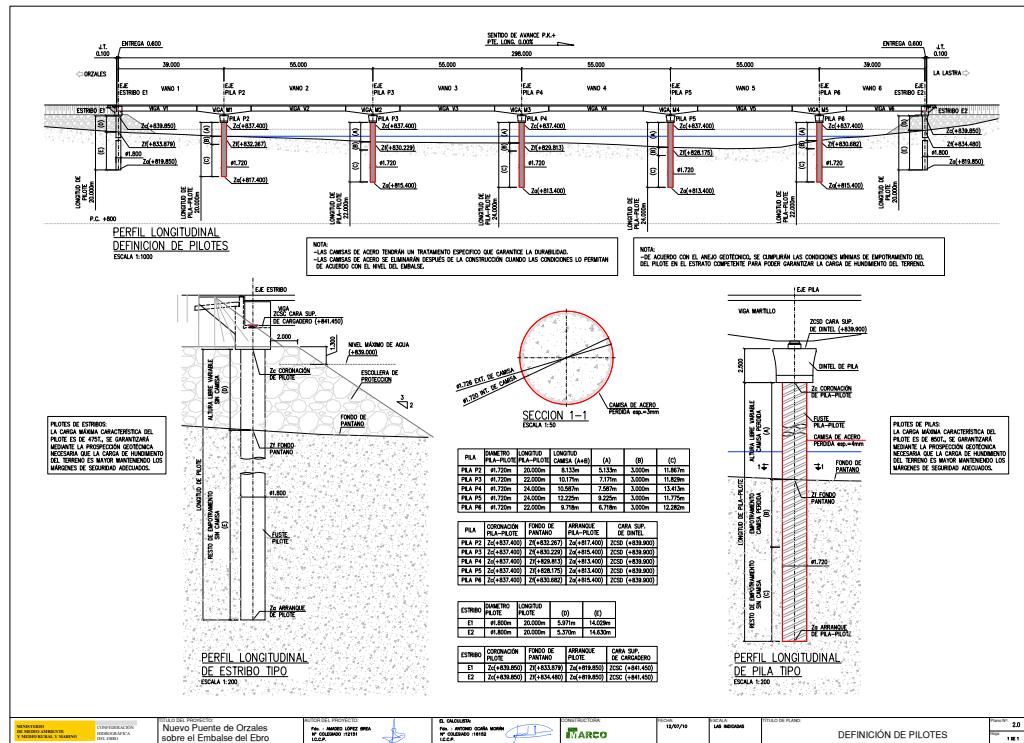


Ilustración 4. Definición geométrica de las pilas

3. EJECUCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS Y PILAS

De acuerdo con las unidades de Proyecto se trata de la ejecución de pilotes CPI-5 de diámetro 1.720 mm., en las pilas-pilote y de 1.800 mm en los estribos para la construcción del Nuevo Puente de Orzales sobre el Embalse del Ebro, T.M. de Campoo de Yuso (Cantabria).

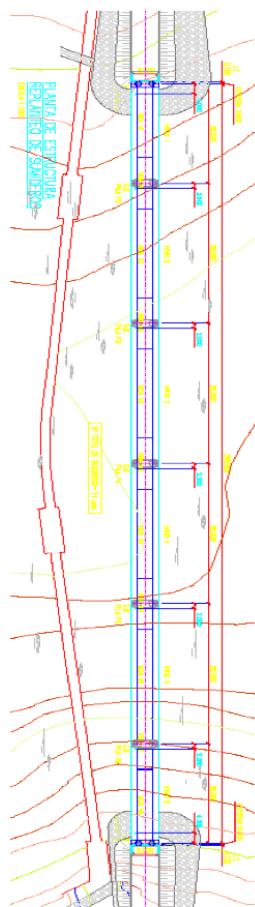


Ilustración 5. Planta de los puentes antiguo y nuevo

EJECUCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS Y PILAS

El principal problema planteado en la ejecución de los pilotes de las pilas es que se tuvieron que realizar con el embalse lleno, es decir bajo agua.



Ilustración 6. Vista del puente antiguo

Otro problema adicional es que el nivel de embalse subía diariamente y si el nivel alcanzaba la cota inferior de los dinteles podía hacer inviable la ejecución de estos, lo que implicaba paralizar las obras hasta que el nivel del embalse volviera a bajar, lo que suponía alrededor de 4 o 5 meses de retraso en la obra.

3.1. MEDICIÓN

DESCRIPCIÓN	Nº PILOTES	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	PARCIAL (m)
Estrido nº1 Orzales	2	20	40
Pila nº 2	2	20	40
Pila nº 3	2	22	44

EJECUCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS Y PILAS

Pila nº 4	2	24	48
Pila nº 5	2	24	48
Pila nº 6	2	22	44
Estribo nº 2 La Las-trra	2	20	40
TOTAL	14		304

3.2. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se trata de moldear una excavación vertical en el terreno. Esta excavación puede tener diferentes diseños; por ejemplo: circular, hipódromo, forma de T. En su interior, una vez alcanzada la cota inferior de empotramiento, se introduce una armadura y hormigón. La excavación requiere máquinas especiales diseñadas para tal fin, formadas por una grúa que suspende una cuchara bivalva, hidráulica o con cable, o un auger o bucket, etc.

4. EJECUCION DE PILOTES

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE ENTUBADO

Esta técnica de ejecución de pilotes está indicada para grandes diámetros y ante la presencia de suelos duros que obligan a la utilización de trépano. El hormigonado es delicado y requiere una especial atención y cuidado de los operarios durante la extracción de la tubería para evitar cortes.

Para la realización de los trabajos de pilotaje, se propone la ejecución de pilotes moldeados "in situ" mediante camisa perdida. Con este sistema se consiguen varios objetivos como son:

- Asegurar el procedimiento propuesto por no tener ningún estrangulamiento de la sección y evitar que se produzca ningún "sándwich" tierra-hormigón durante el hormigonado.
- Por este sistema se obtiene una toma de muestras de gran diámetro que representa rigurosamente el suelo existente y por consiguiente un perfecto sondeo de reconocimiento.
- Se admite hormigonar bajo el agua.

4.2. EJECUCIÓN DEL PILOTE DESDE TIERRA

El proceso de construcción de un pilote de gran diámetro con camisa perdida, es el siguiente:

- a) Nivelación e hinca del tubo zapata con el sistema de vaivén (vibrador)

EJECUCION DE PILOTES



Ilustración 7. Posicionamiento e hincado de camisa pérdida en estribo E-1 (Orales)

- b) Avance de la columna de revestimiento tubo zapata y tubos intermedios debiendo ir por delante de la excavación unos 60 cms.
- c) En el caso de que la rotación no fuera suficiente para el paso de la capa dura, se empleará trépano.
- d) Extracción del terreno mediante AUGER, BUCKET ó cuchara circular si tiene agua para limpiar perfectamente el pilote. Se garantiza en esta fase y en todo el proceso la verticalidad de la perforación y de la entubación rectificando el taladro si se pierde esta alineación.

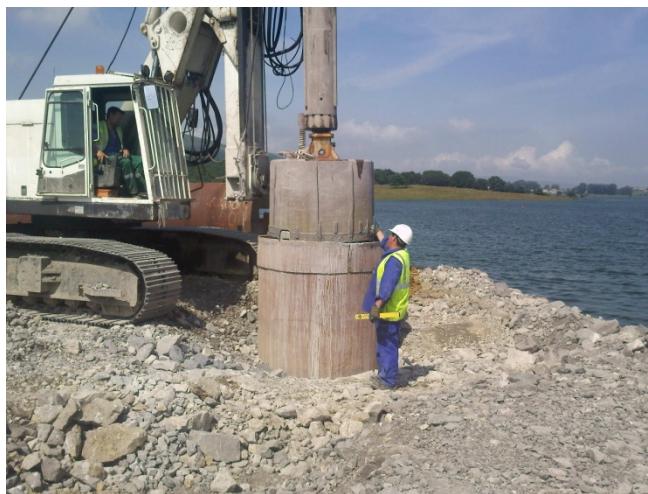


Ilustración 8. Excavación del pilote

EJECUCION DE PILOTES

e) Colocación de la armadura y la camisa perdida a su cota determinada. La armadura se suministra a pie de máquina de una pieza y rigidizada lo suficiente para permitir su manipulación sin producir deformaciones permanentes en las jaulas por desplazamientos relativos de las barras y cercos que las componen.



Ilustración 9. Colocación de la armadura en el interior de la excavación

f) Hormigonado con tubo "tremie", que consiste en un tubo con un embudo de grandes dimensiones en su parte superior. El hormigón se vierte en el embudo y por presión va empujando hacia la superficie el agua que pudiera tener el pilote.

EJECUCION DE PILOTES



Ilustración 10. Introducción del tubo Tremie en el interior de la excavación

Se utiliza una tubería de revestimiento especial adecuada al diámetro, que sostiene las paredes de la perforación durante su ejecución y encofra al hormigón para asegurar la constancia de la sección hormigonada. El tubo se hinca por el método de vaivén con extracción del terreno mediante el útil de limpieza adecuado.

Por último, el hormigón ocupa el lugar de la excavación y nos encontramos con un pilote moldeado "in situ".



Ilustración 11. Hormigonado del pilote

EJECUCION DE PILOTES

Hay que recordar que la elevación del tubo central que sirve para el hormigonado debe ser objeto de especiales cuidados para que no se produzcan el deslavado del hormigón. Para ello hay que asegurarse de que en el fondo de la perforación existe una masa de hormigón suficiente, para que el extremo del tubo central esté hundido en ella, y no pueda producirse la exposición del hormigón.

Durante el hormigonado es conveniente que el extremo del tubo se mantenga al menos de 3,00 a 5,00 m. por debajo de la superficie del hormigón.

4.2.1. Emplazamiento del equipo de perforación

El emplazamiento del equipo debe ser de tal manera que permita emboquillar verticalmente el útil de perforación.

4.2.2. Perforación

Los útiles de avance pueden ser: una cuchara bivalva al cable, una cuchara bivalva hidráulica, un trépano con circulación inversa, un trépano convencional, un auger o un bucket. etc. Se trata de alcanzar con estos útiles la cota mínima de empotramiento del pilote una vez confirmado que la naturaleza del terreno corresponde con la información geotécnica utilizada en el proyecto.

4.2.3. Limpieza del fondo de la excavación

El fondo de la excavación debe estar limpio antes de la colocación de la armadura.

4.2.4. Introducción de la armadura en la perforación

No deben ir apoyadas en ningún caso en el fondo de la excavación sino suspendidas. Debe llevar separadores de mortero (centralizadores), como mínimo, a tres niveles. El recubrimiento se fija en el proyecto.

4.2.5. Hormigonado

EJECUCION DE PILOTES

Se efectúa siempre por medio de un tubo que llega hasta el fondo de la excavación. Cuando se hormigona en seco esta operación debe ser realizada de manera que se evite la segregación. Está autorizado hormigonar con bomba, pero al igual que cuando se utilizan lodos, es aconsejable hacerlo con la ayuda de tubería, que debe tener un diámetro interior igual o superior a 0,11 m. y a 6 veces la dimensión máxima de los áridos. Esta no debe superar los 25 mm.

Durante el proceso de hormigonado la columna de tubos debe permanecer inmersa en el hormigón fresco un mínimo de 3 m, distancia esta que puede disminuir a 2 m cuando el nivel del hormigón es conocido con precisión o cuando se llega cerca de la superficie. Está autorizado el uso de aditivos. Antes de acortar la tubería tremie se confirmará la posición relativa entre la superficie del hormigón y el extremo inferior del tubo. La consistencia del hormigón fresco medido en el cono Abrams debe corresponder a un asiento comprendido entre 160 y 200 mm.

4.2.6. Equipos y maquinaria tipo

4.2.6.1. Maquinaria

Equipo de pilotes tipo MAIT-180 o similar

Vibrador Tomen

Grúa Auxiliar tipo Liebherr 852 o similar

Contenedor - taller.

Camisa perdida

S/n. tubería, bucket, auger, tubería tremie y demás material necesario.

4.2.6.2. Medios humanos

Técnico - Jefe de tajo de Pilas

Encargado de Pilas

Oficial 1^a por equipo de perforación

Ayudantes por equipo de perforación

EJECUCION DE PILOTES

Oficiales 2^a gruista, oscilador

Ayudantes para trabajos varios

Soldador

4.3. EJECUCIÓN DEL PILOTE DESDE PONTONA

En nuestro caso se utilizó dos pontonas sobre las que se colocaba toda la maquinaria y los materiales a utilizar en el pilote.

La ejecución sobre pontona plantea una serie de dificultades adicionales a la ejecución de los pilotes como son:

- a) Dificultad para posicionar exactamente el punto de perforación del pilote.
- b) Dificultad para mantener la maquinaria estable sobre la pontona
- c) Dificultad para ejecutar el pilote sin desviarse
- d) Dificultad para llevar los equipos y materiales hasta el punto de ejecución del pilote



Ilustración 12. Ejecución de pilas-pilote desde pontona

4.4. PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO

EJECUCION DE PILOTES

Para la ejecución de los pilotes se estimó un plazo de ejecución aproximado de 6 semanas, más una semana de puesta en obra y montaje de equipos y otra semana para el desmontaje y retirada de equipos, en total 8 semanas de plazo.

En resumen los trabajos se realizarán desde pontona, excepto los pilotes del Estribo Orzales y Estribo La Lastra que se ejecutaron desde tierra. El proceso consistió en perforar hasta el fondo del pantano con camisa perdida, y una vez realizado el empotramiento, meter la armadura, y hormigonar.



Ilustración 13. Trabajos desde pontona

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

5. ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

Una vez ejecutados los distintos pilotes se realizaron 72 ensayos de integridad Cross-Hole en el 100% de los mismos.

Estribo 1: pilote derecho e pilote izquierdo; Pila 2: pilote derecho e pilote izquierdo; Pila 3: pilote derecho y pilote izquierdo; Pila 4: pilote derecho e pilote izquierdo; Pila 5: pilote derecho y pilote izquierdo; Pila 6: pilote derecho y pilote izquierdo y Estribo 2: pilote derecho e pilote izquierdo

PILOTES AUSCULTADOS	Nº PILOTE	PROFUNDIDAD MÁXIMA ENSA YADA	DIÁMETRO (m)
ESTRIBO 1	DERECHA	20,10	1,80/1,72
	IZQUIERDA	20,00	
PILA 2	DERECHA	21,10	
	IZQUIERDA	21,20	
PILA 3	DERECHA	23,40	
	IZQUIERDA	23,30	
PILA 4	DERECHA	23,40	
	IZQUIERDA	21,50	
PILA 5	DERECHA	22,70	
	IZQUIERDA	23,30	
PILA 6	DERECHA	24,90	
	IZQUIERDA	23,00	
ESTRIBO 2	DERECHA	20,00	
	IZQUIERDA	20,30	

5.1. ESTRIBO E-1 (ORZALES)

12 ensayos de integridad de pilotes tipo Cross-Hole: Con el objetivo de comprobar el estado los pilotes ejecutados en el Estripo 1: pilote derecho y pilote izquierdo.

DERECHA

Longitud: 20,10 m

Diámetro 1,80 m

IZQUIERDA

Longitud: 20,00 m

Diámetro 1,80 m

5.1.1. Datos obtenidos:

ESTRIBO 1

PILOTE DERECHA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 20,10 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,25-0,44 m; Excavación 0,75 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

<i>SECCIÓN</i>	<i>DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)</i>	<i>ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)</i>
12	0,92	0,00-2,20 16,00-17,30
13	1,26	1,00-2,00 6,50 17,00; 19,20
14	0,85	1,00-2,00 17,00
23	0,93	1,00-2,00 16,50-17,20
24	1,27	16,20-17,00
34	0,90	0,00-4,50 6,50-7,50 17,00-17,50

ESTRIBO 1**PILOTE IZQUIERDA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 20,00 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,55-0,59 m; Excavación 0,75 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

<i>SECCIÓN</i>	<i>DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)</i>	<i>ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)</i>
12	0,90	9,00-9,50 17,00-18,00
13	1,15	1,50 17,00-18,00
14	0,88	-
23	0,84	9,00-9,50 17,00-18,00
24	1,23	9,00-9,50 17,00-18,00
34	0,76	1,50 17,00-18,00

PILA 2

PILOTE DERECHA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 21,10 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,40-1,03 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	1,30	-
13	1,35	-
14	0,40	-
23	0,45	-
24	1,40	-
34	1,35	-

PILA 2**PILOTE IZQUIERDA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 21,20 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 1,15-1,83 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

<i>SECCIÓN</i>	<i>DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)</i>	<i>ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)</i>
12	1,06	-
13	1,25	-
14	0,50	-
23	0,72	-
24	1,18	-
34	1,08	-

PILA 3

PILOTE DERECHA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 23,40 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 2,12-2,19 m.

<i>SECCIÓN</i>	<i>DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)</i>	<i>ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)</i>
12	1,16	-
13	1,25	-
14	0,50	-
23	0,35	-
24	1,12	-
34	1,15	-

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

PILA 3**PILOTE IZQUIERDA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 23,430 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 1,92-1,96 m.

<i>SECCIÓN</i>	<i>DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)</i>	<i>ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)</i>
12	0,50	2,00-9,00 / 22,00-23,00*
13	1,16	6,00 / 8,00-9,00 / 22,00-23,00*
14	1,12	22,00-23,00*
23	1,10	22,00-23,00*
24	1,19	22,00-23,00*
34	0,42	22,00-23,00*

PILA 4**PILOTE IZQUIERDA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 21,50 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,33-0,40 m.

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,48	-
13	1,20	-
14	1,18	-
23	1,13	-
24	1,32	-
34	0,52	-

PILA 4**PILOTE DERECHA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 23,40 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,10-0,28 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,46	-
13	1,20	-
14	1,16	-
23	1,10	-
24	1,24	-
34	0,38	-

PILA 5**PILOTE DERECHA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 22,70 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,10-0,84 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,49	-
13	1,22	-
14	1,18	-
23	1,27	-
24	1,25	-
34	0,36	-

PILA 5

PILOTE IZQUIERDA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 23,30 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,46-0,58 m.

SECCIÓN	DIS- TANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	1,17	-
13	1,25	-
14	0,33	-
23	0,41	-
24	1,20	-
34	1,17	-

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

PILA 6**PILOTE DERECHA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 24,90 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 1,10-1,12 m.

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,43	-
13	1,22	-
14	1,10	-
23	1,26	-
24	1,26	-
34	0,50	-

PILA 6**PILOTE IZQUIERDA**

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 23,00 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 0,69-0,81 m.

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	1,06	5,00-6,00
13	1,25	4,50-5,50
14	0,50	4,50-5,50
23	0,72	5,00-6,00
24	1,18	4,50-5,50
34	1,08	-

ESTRIBO 2

PILOTE DERECHA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 20,00 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: : 1,11-1,18 m;

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,95	3,50-6,50
13	1,22	4,00-7,00
14	0,89	4,00-6,00
23	0,82	4,50-7,00
24	1,31	4,00-7,00
34	0,96	4,00-5,50 / 6,50

ESTRIBO 2

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

PILOTE IZQUIERDA

DIÁMETRO: 1.720 mm

EDAD HORMIGÓN: >7días; TIPO DE HORMIGÓN: HA-400

PROFUNDIDAD MÁXIMA AUSCULTADA: 20,30 m

ORIENTACIÓN DE TUBOS (la g indica tubo grueso):

ALTURA DE TUBOS EN SUPERFICIE: 1,00-1,05 m;

SECCIÓN	DISTANCIA ENTRE TUBOS (m)	ANOMALIA Y PROFUNDIDAD DE LA MISMA (m)
12	0,95	-
13	1,32	-
14	0,93	-
23	0,97	-
24	1,27	-
34	0,85	-

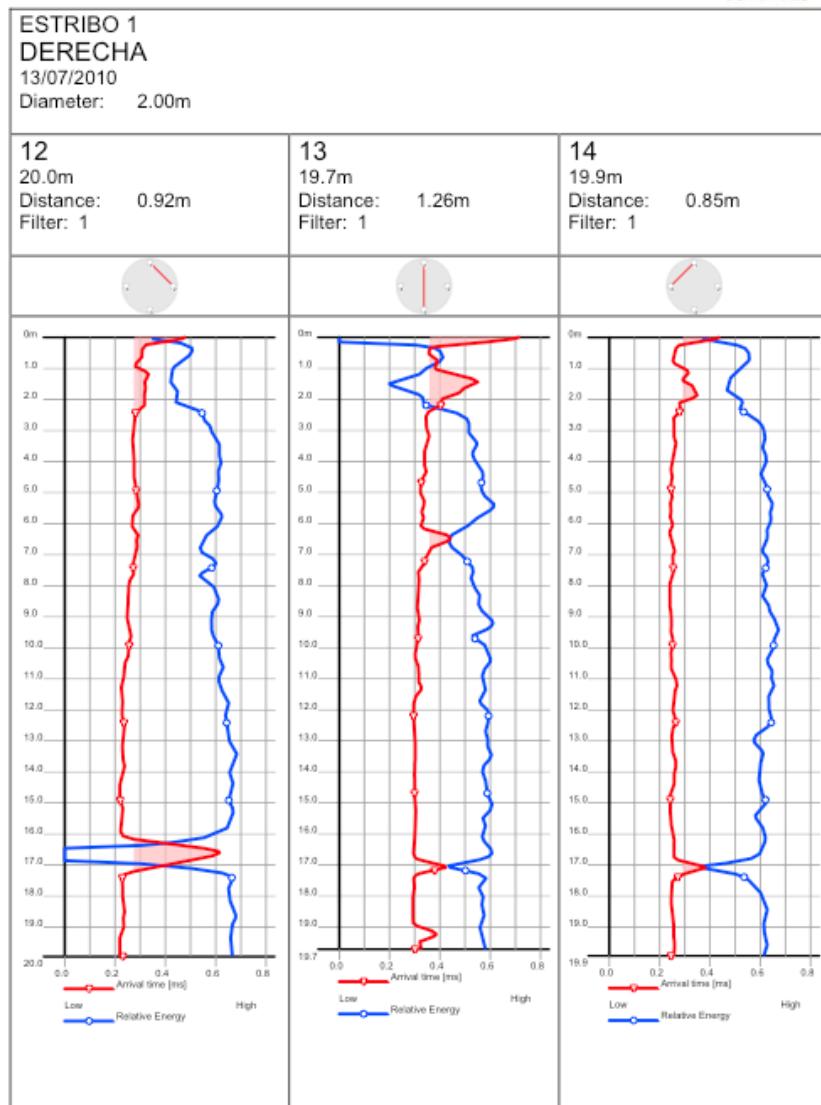
En las diagrafías del estribo E-1 se pueden apreciar anomalías en ambos pilotes. Las curvas de tiempo y energía se cortan en varios puntos a diferentes profundidades, lo que hace sospechar que existe una discontinuidad en el pilote.

5.1.2. *Diagrafías*

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

1 / 4

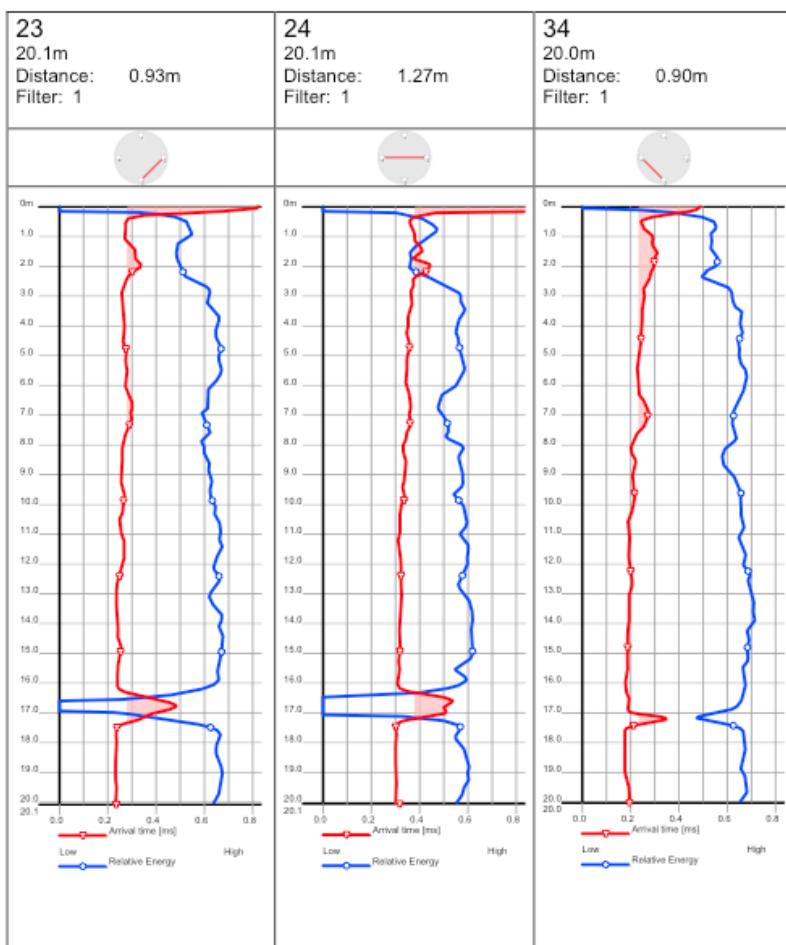
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

2 / 4

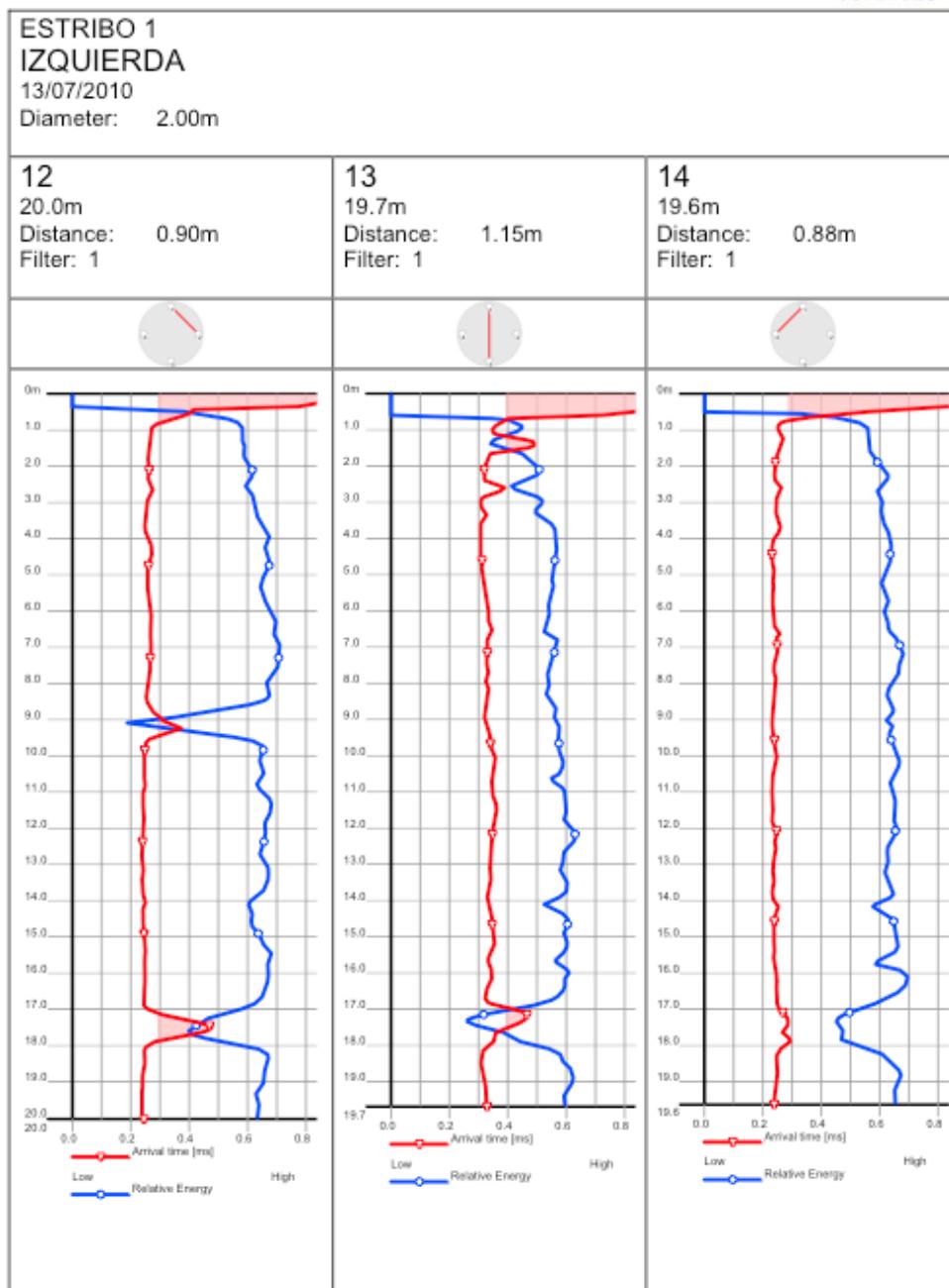
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

3 / 4

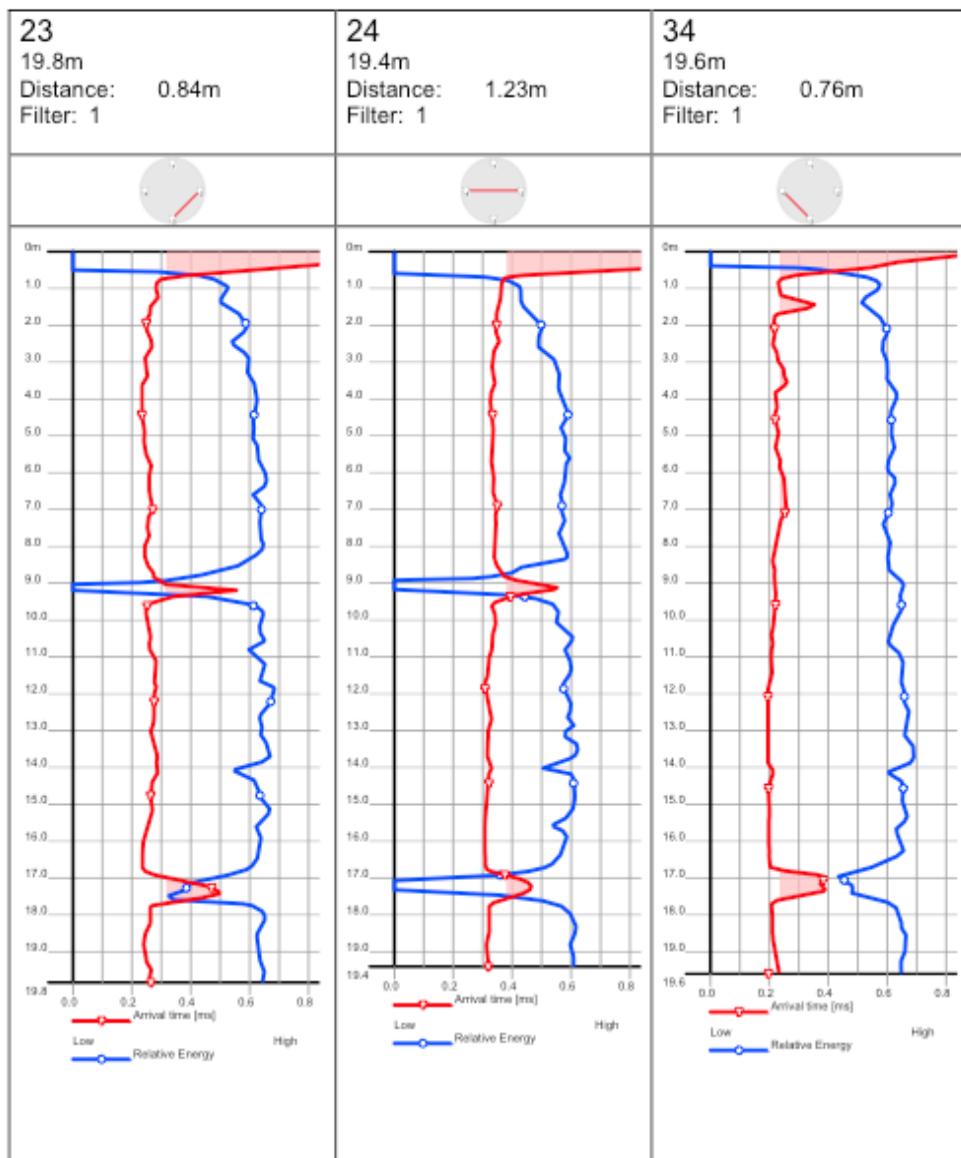
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

4 / 4

NUEVO PUENTE EN ORZALES

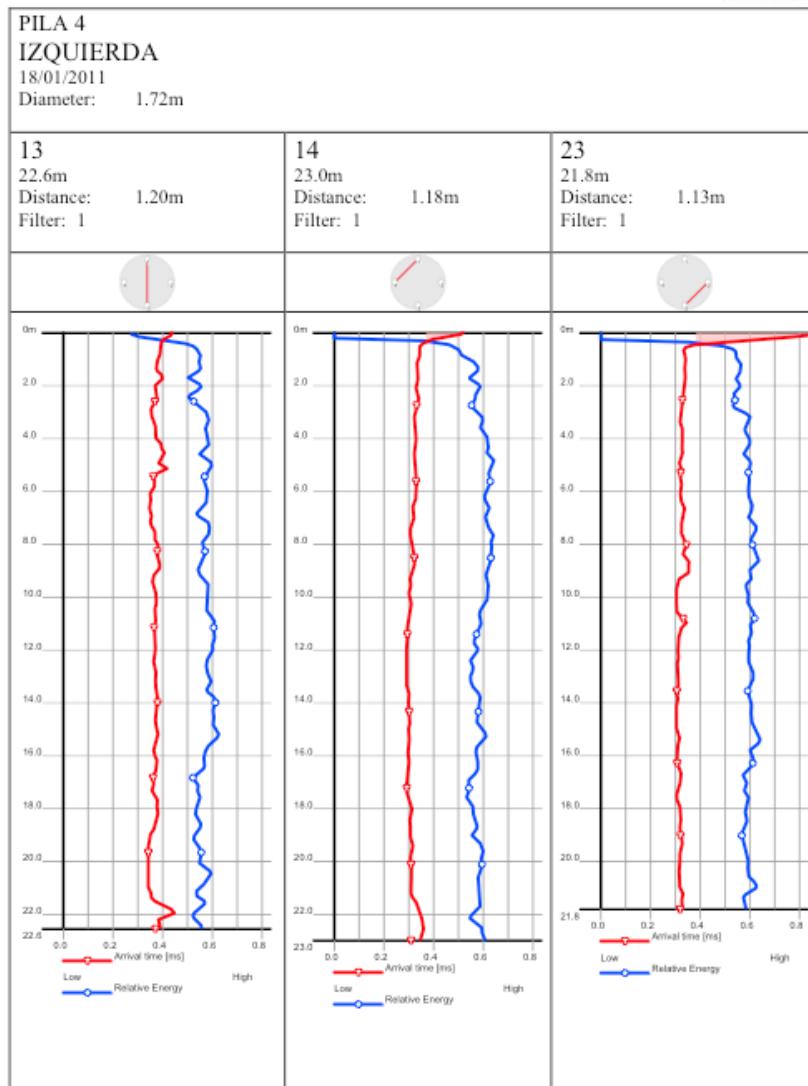


ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

En las siguientes diagraffías se aprecia que no existe anomalías al no cruzarse las curvas de tiempo y energía. Corresponden a las pilas 4 y 5.

1 / 2

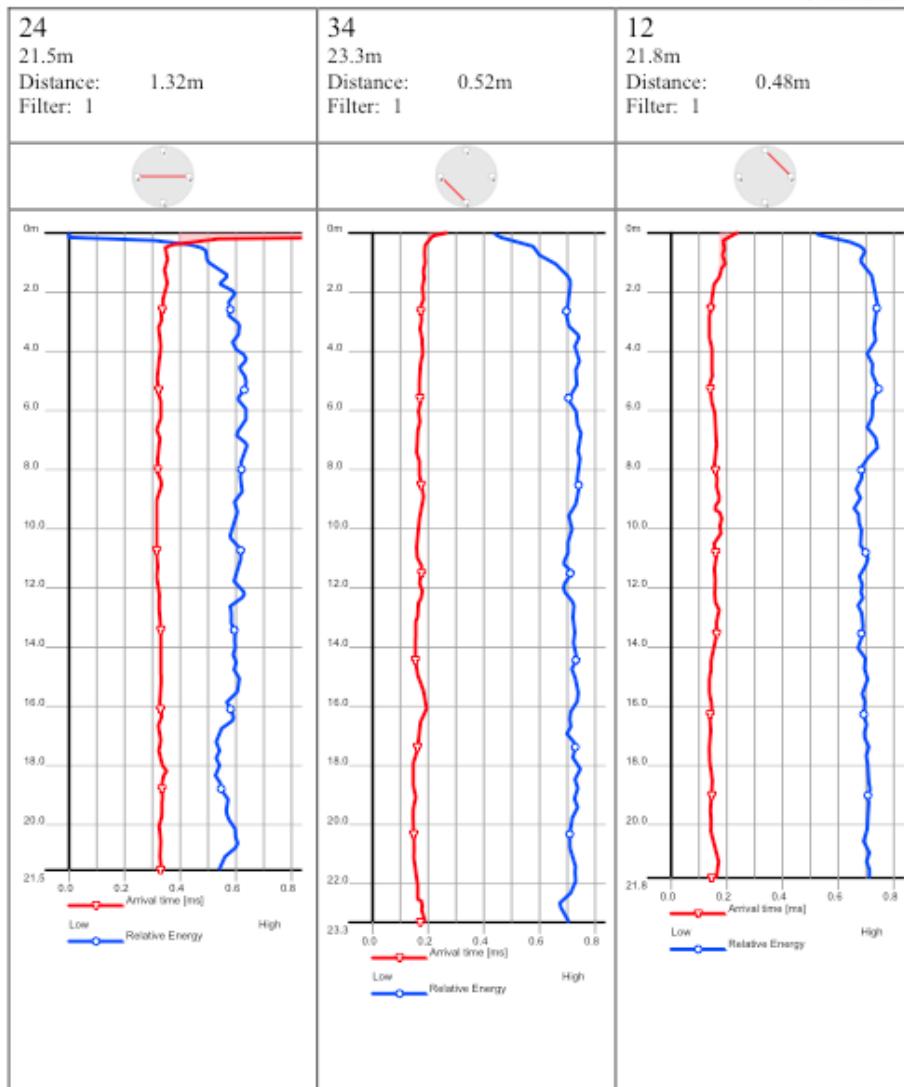
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

2 / 2

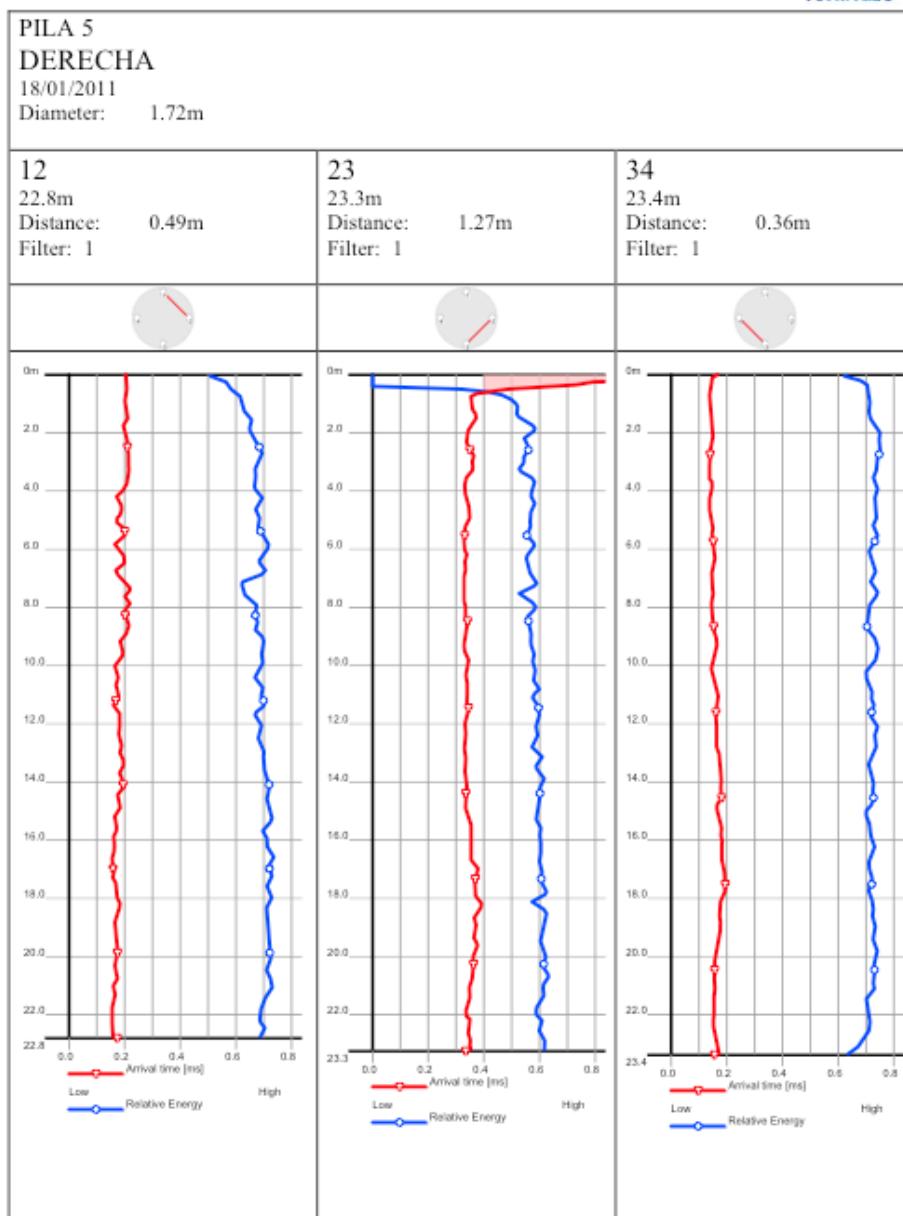
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

1 / 4

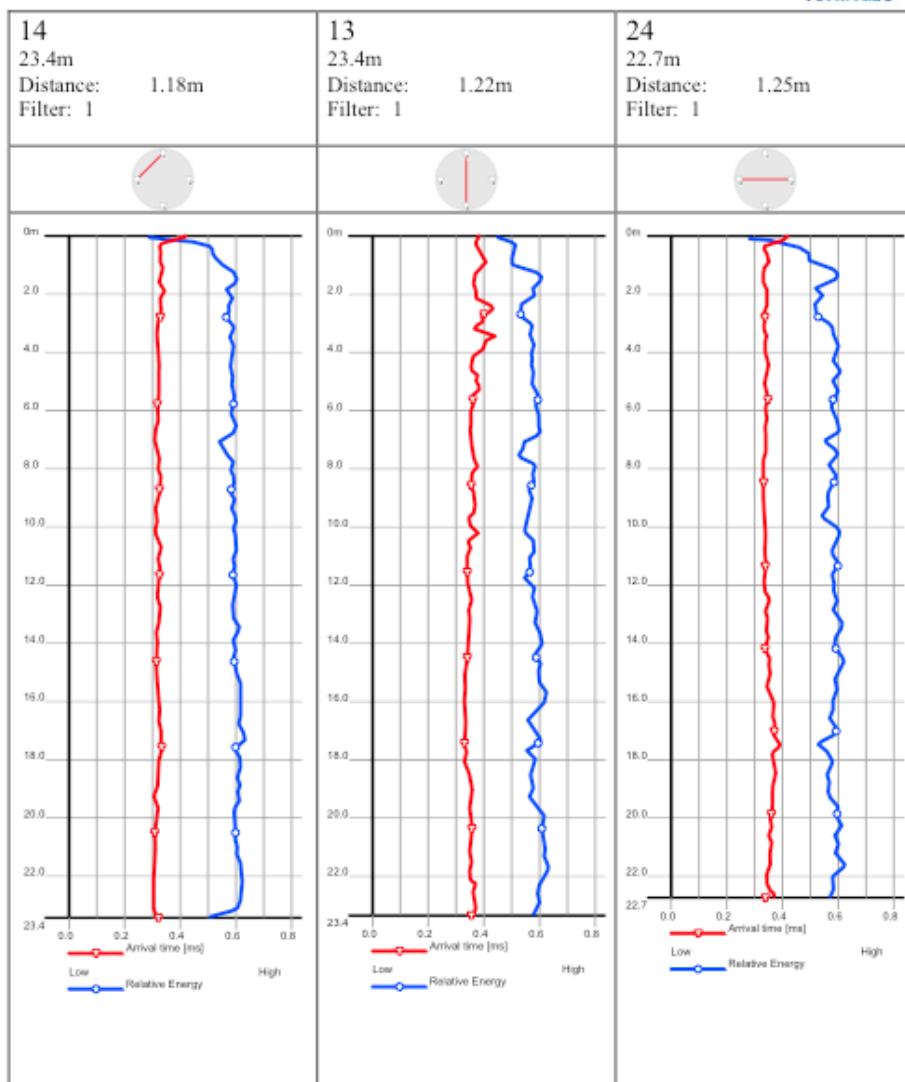
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

2 / 4

NUEVO PUENTE EN ORZALES

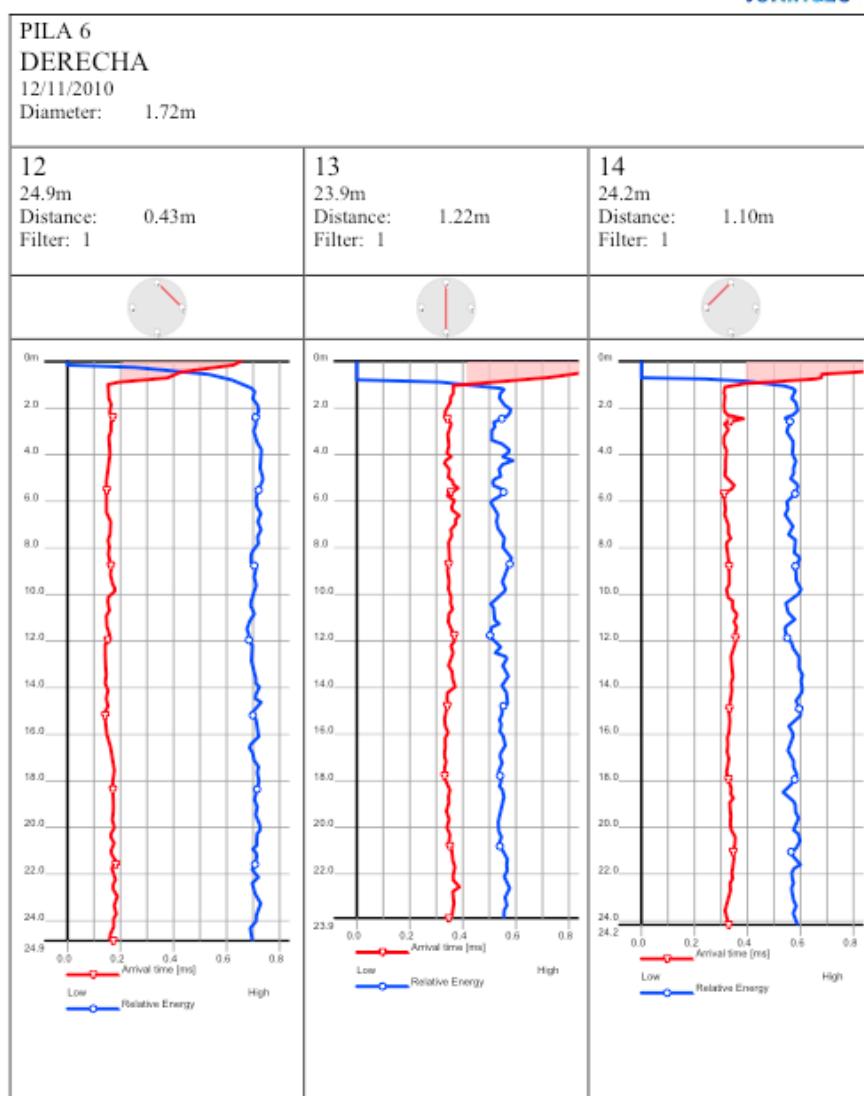


ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

En las siguientes diagrafías se puede observar la diferencia entre la pila 6 derecha y la pila 6 izquierda, en la primera no hay anomalías, mientras que en la segunda se aprecia anomalía a una profundidad de 5 m aproximadamente.

1 / 4

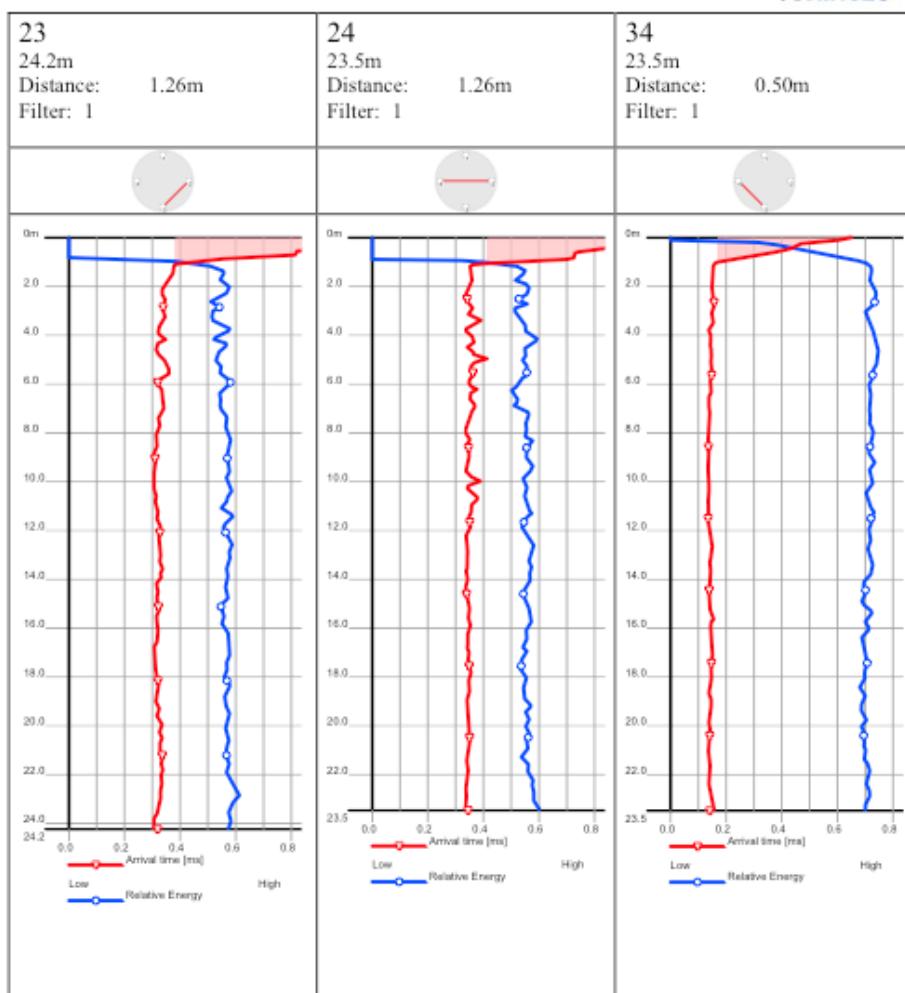
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

2 / 4

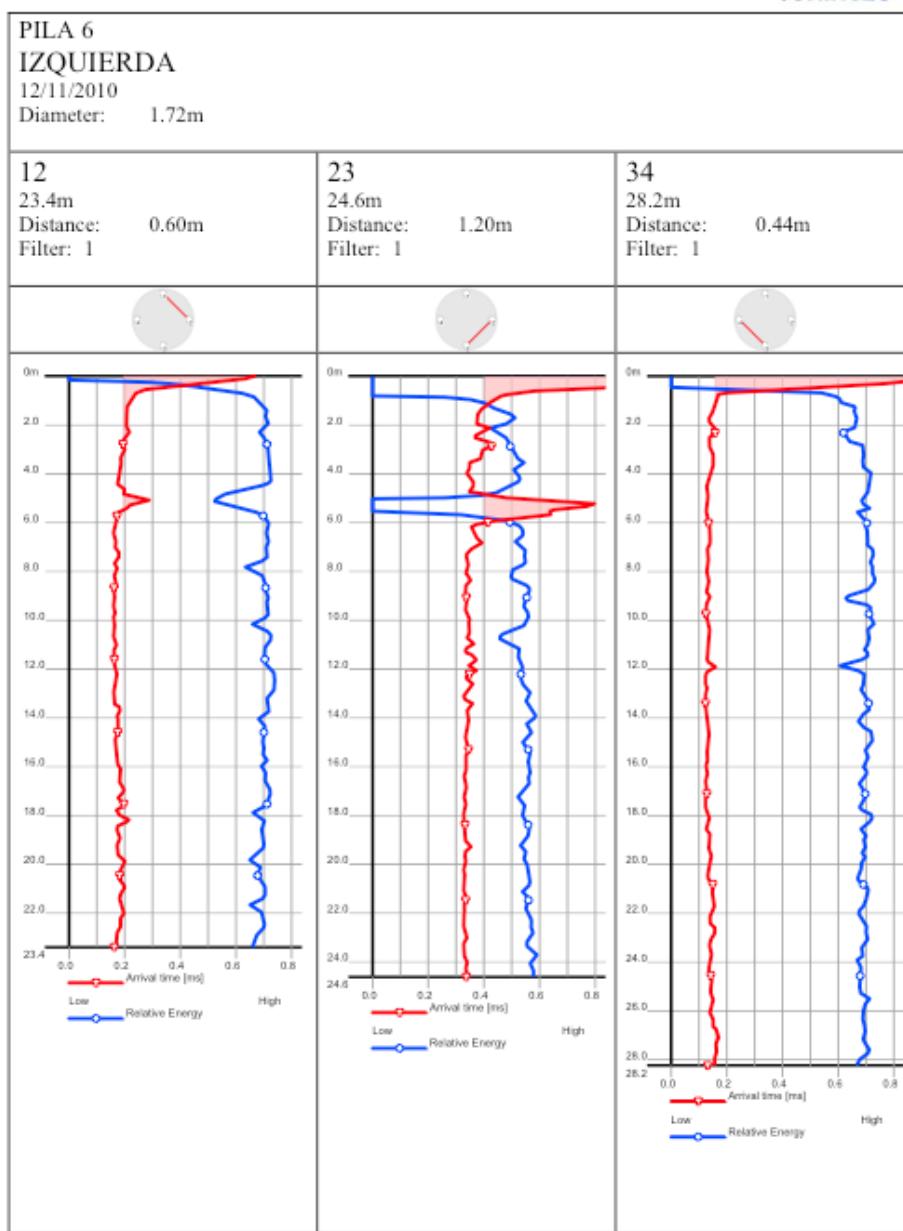
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

3 / 4

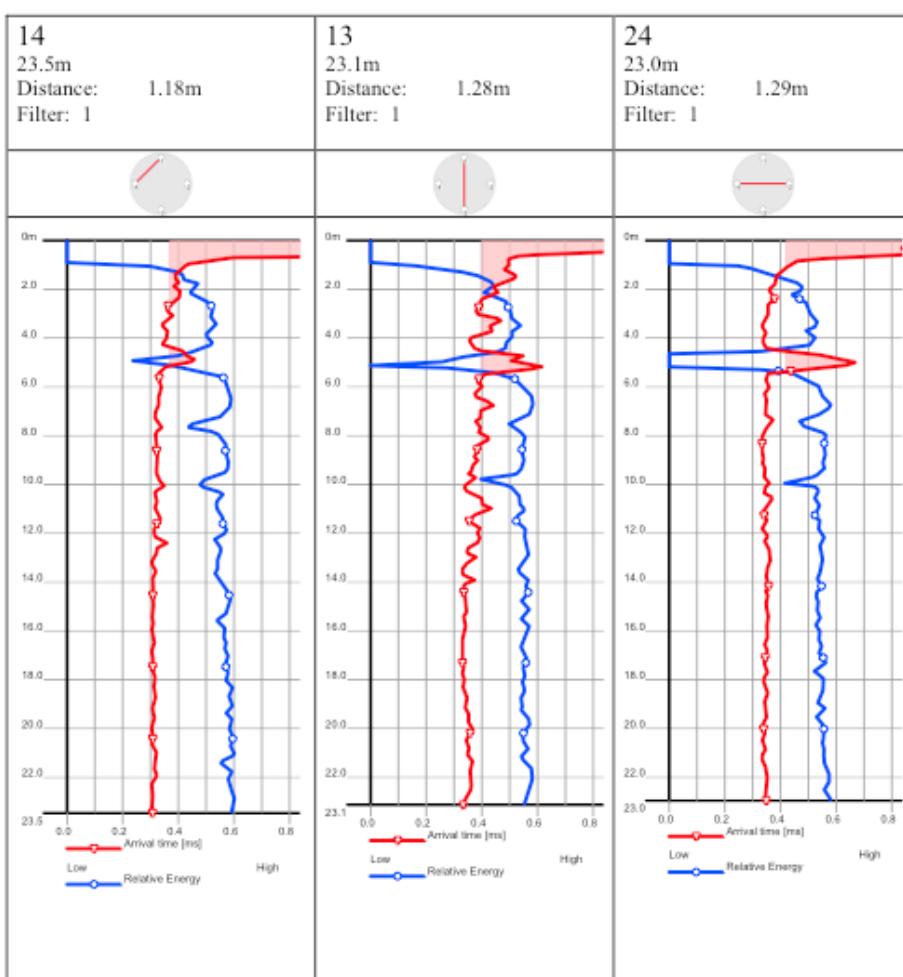
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

4 / 4

NUEVO PUENTE EN ORZALES

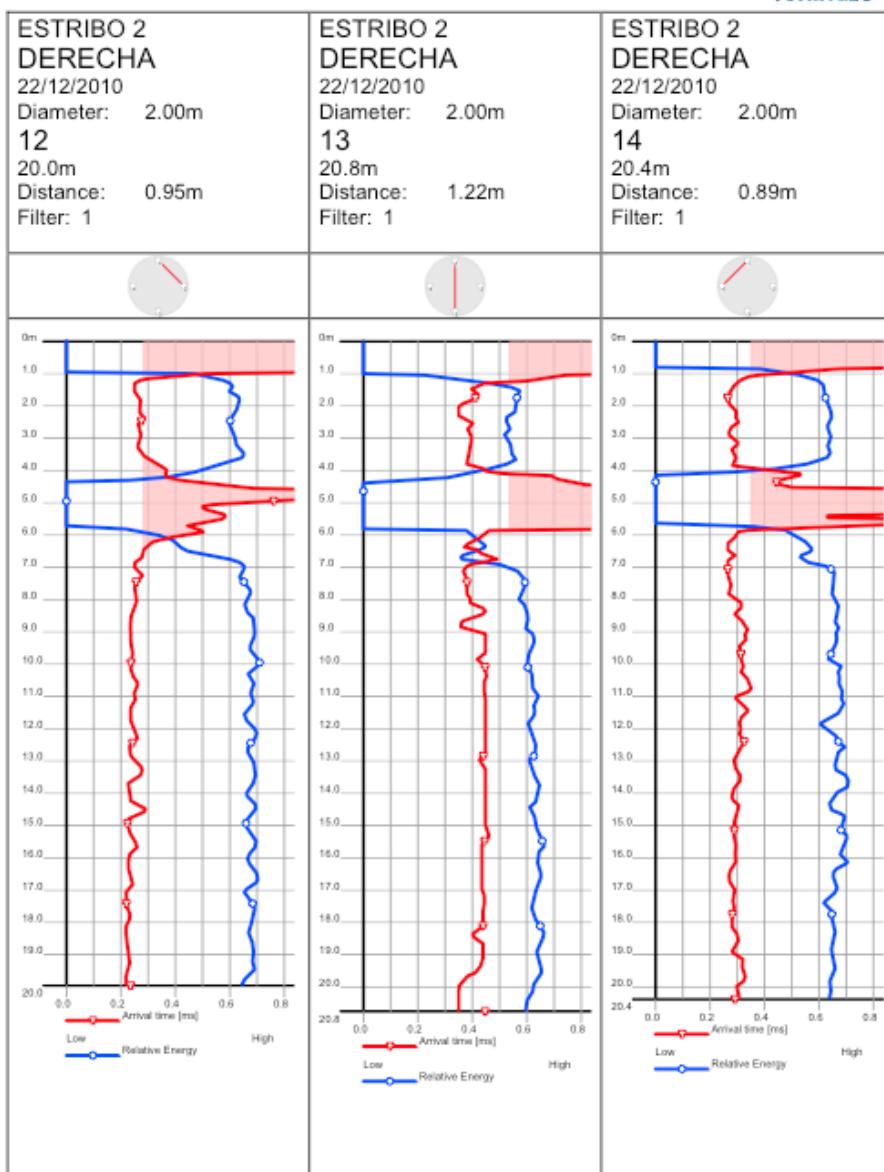


ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

En las diagrafías del estribo E2 (La Lastra) también se pueden apreciar las diferencias entre el pilote derecho y el izquierdo.

1 / 4

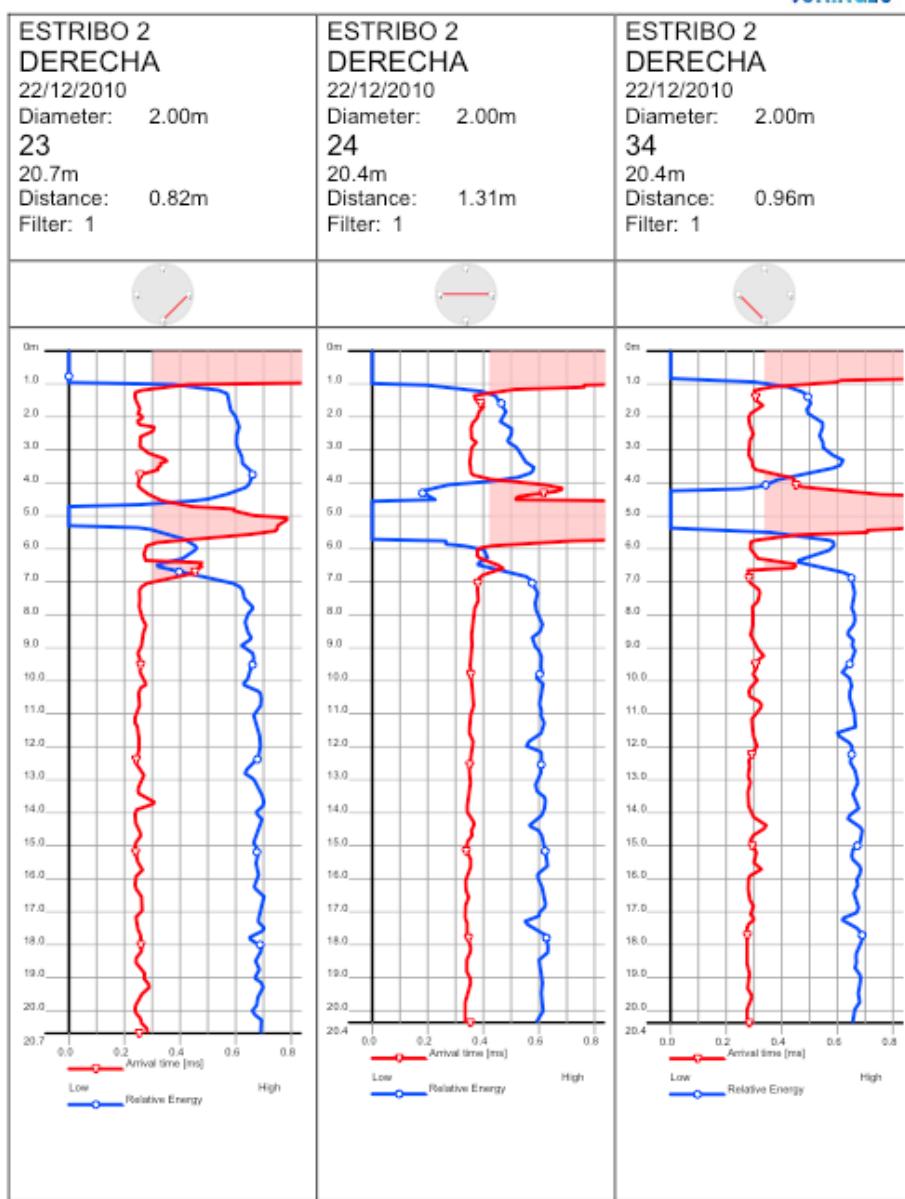
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

2 / 4

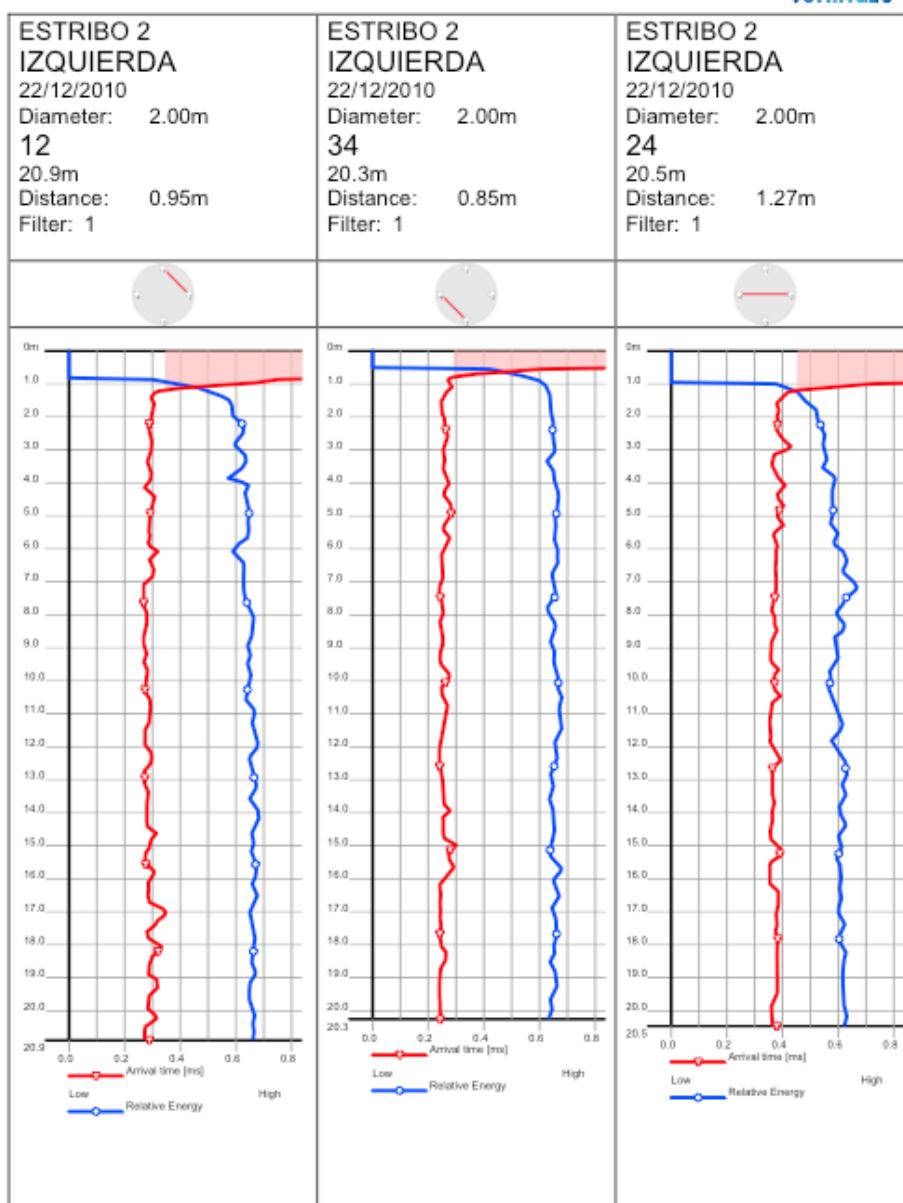
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

3 / 4

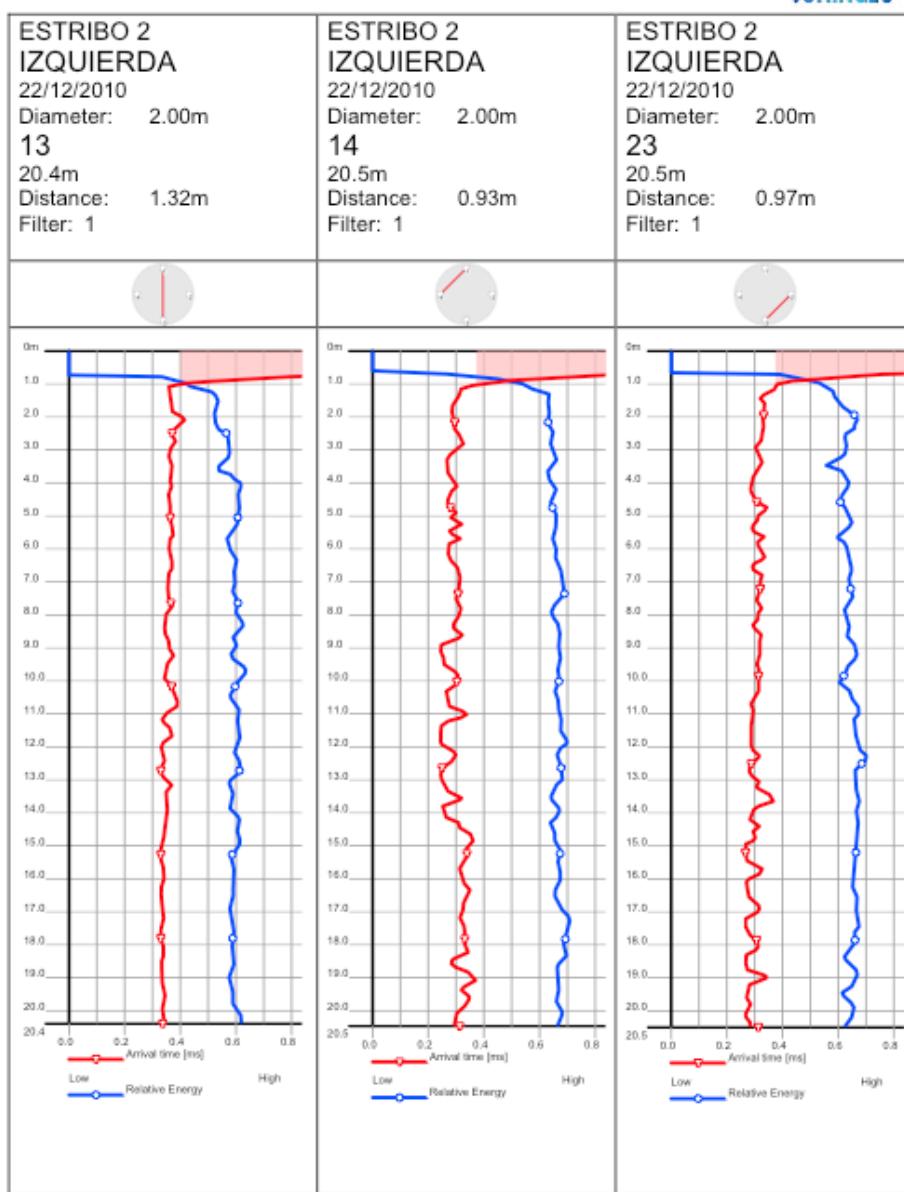
NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS

4 / 4

NUEVO PUENTE EN ORZALES



ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS



Ilustración 14. Ensayo Cross-Hole en estribo E-1 (Orzales)



Ilustración 15. Ensayo Cross-Hole en estribo E-1 (Orzales)

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS



Ilustración 16. Ensayo Cross-Hole en pila

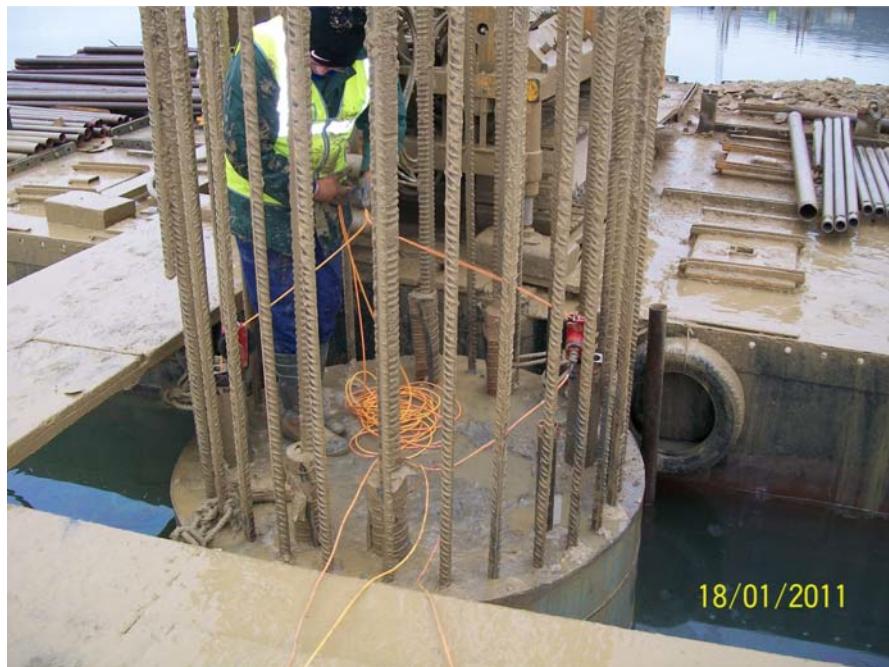


Ilustración 17. Ensayo Cross-Hole en pila

ANALISIS DE LA INTEGRIDAD DE LOS PILOTES EJECUTADOS



Ilustración 18. Ensayo Cross-Hole en pila

6. SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

6.1. ESTRIBO E-1 DERECHO

Para corroborar las anomalías detectadas con los ensayos Cross-Hole se realizaron varios taladros a lo largo de todo el pilote.

Para la anomalía a la profundidad de 1,5 m se procede a descubrir el pilote, se repica la zona exterior afectada y se repara con mortero de reparación.

La anomalía detectada a 6,5 m de profundidad, una vez realizada la perforación no se detecta anomalía.

La anomalía a la profundidad de 17 m se confirma con los taladros, pero la conclusión a la que se llega con los taladros es que solo está afectada parte de la sección del pilote. Una vez recalculado el pilote con la sección no afectada, se considera suficiente y se recomienda la siguiente solución.

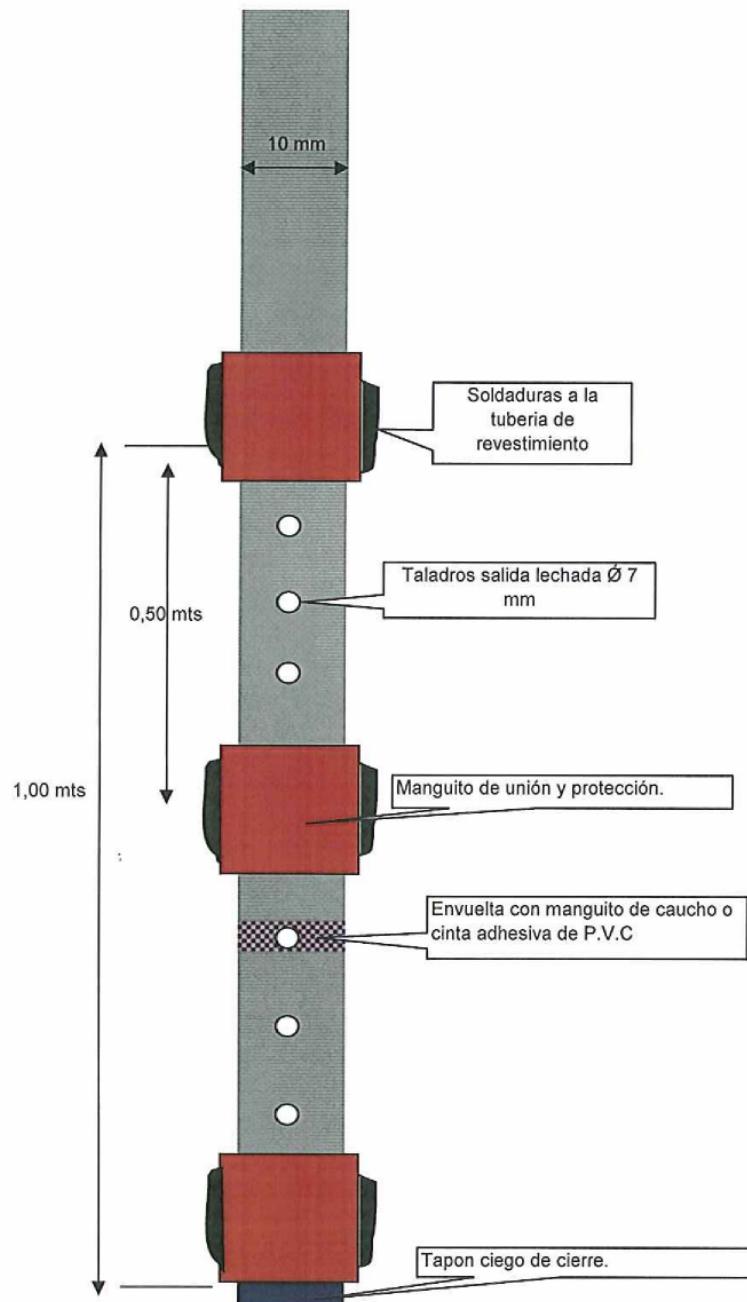
Para evitar que la posible circulación de agua sea peligrosa, no se produzcan oxidaciones y exista continuidad estructural se inyectará, cerca del pilote (perforaciones a 30 cm, de su periferia), con manguitos, en taladros que no se distancien más de 1 m entre ellos, y con los manguitos cada metro (tanto en la zona problemática como 2 m por encima y debajo de ella). Así queda el hormigón "zunchado" y se evitaría que la situación actual degenerase. La presión de inyección será de 12 bares y se inyectará en varias veces, con admisiones de 80 l/m en cada uno de ellos.

La tubería metálica de revestimiento queda perdida y forma parte de la estructura del pilote, por tanto, el hormigón del pilote no se hace solidario con el terreno que lo circunda, quedando en teoría, una corona de terreno alterado que afectaría negativamente a los esfuerzos que por fuste deberá soportar el pilote.

El tratamiento que se propone tiene como finalidad, la regeneración por medio de inyecciones de cemento de la citada corona, haciendo de esta forma solidaria la tubería de revestimiento con el terreno y mejorando el fuste.

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

En el croquis que se adjunta, se indica que este metro final ha de estar dividido en dos tramos de 0,50 m y unidos estos por un manguito metálico con rosca hembra-hembra.



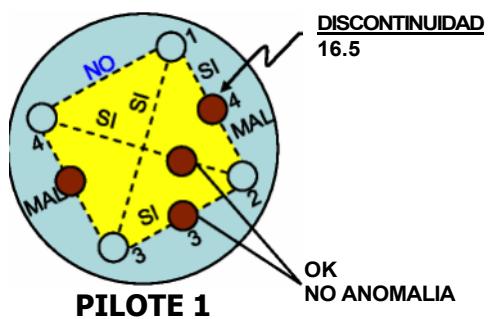
CROQUIS DE MONTAJE DEL ULTIMO METRO DE TUBERIA DE INYECCIÓN

Ilustración 19. Montaje manquito último metro de la tubería de inyección

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

También se debe, a través de los taladros ya perforados en el pilote, lavar con agua a presión e, instalando un obturador 1 m por encima del incidente, y otro 1 m por debajo, inyectar lechada de cemento 1,5 (c) / 1 (A) para llenar los huecos que existan. Esta operación, por precaución se hizo también en la zona de la supuesta anomalía a 9 m de profundidad. Los tubos para inyectar eran metálicos y se dejaron perdidos dentro del pilote, a manera de armadura de cosido.

IZQDA

**Ilustración 20. Disposición de los taladros para verificación de anomalías**

Se señala la posición de los sondeos, con y sin anomalías. En algunas zonas en que el control dio anomalía, el sondeo no la ha captado.

1 Numeración de tubos

O Sondeo

O---O Línea con señal anomalía en el registro Cross-Hole

6.2. ESTRIBO E-1 IZQUIERDO

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

Las anomalías en el pilote izquierdo son similares a los del derecho, por que se adoptó la misma solución.

6.3. PILAS 2,3,4 Y 5

Las pilas 2,3,4,5 y 6 derecha no presentaron anomalías como se aprecia en algunas de las diagrafías presentadas.

6.4. PILA 6 IZQUIERDA

En la pila 6 izquierda se detectó, según se recoge en la diagrafía una anomalía a 5,5 m.

Se decide realizar dos taladros desde el dintel para poder introducir una cámara de televisión y poder confirmar la anomalía detectada en el ensayo Cross-Hole.



Ilustración 21. Posición de la pila 6 próxima al lado de La Lastra

La siguiente foto esta realizada a la profundidad aproximada de 5.77 m desde la boca del sondeo. Se observan el hueco existente a esta profundidad como consecuencia de que el hormigón, al menos en la zona de perforación de este sondeo, no se encuentra en buen estado. Se trata de una zona con cavidades. Dicha cavidad o conjunto de cavidades unidas entre sí tienen una anchura total de entre 30-40 cm (o diáme-

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

tro del eje horizontal) inferidos en función del tamaño conocido de la cámara empleada.



Ilustración 22. Vista interior del pilote izquierdo de la pila 6

A la vista de la foto se decide limpiar la cavidad con agua a presión para eliminar todo el hormigón suelto y se procede a llenar el taladro con un mortero especial de reparación.

El otro taladro se utiliza como testigo para comprobar que se ha llenado por completo el primero y la cavidad.

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

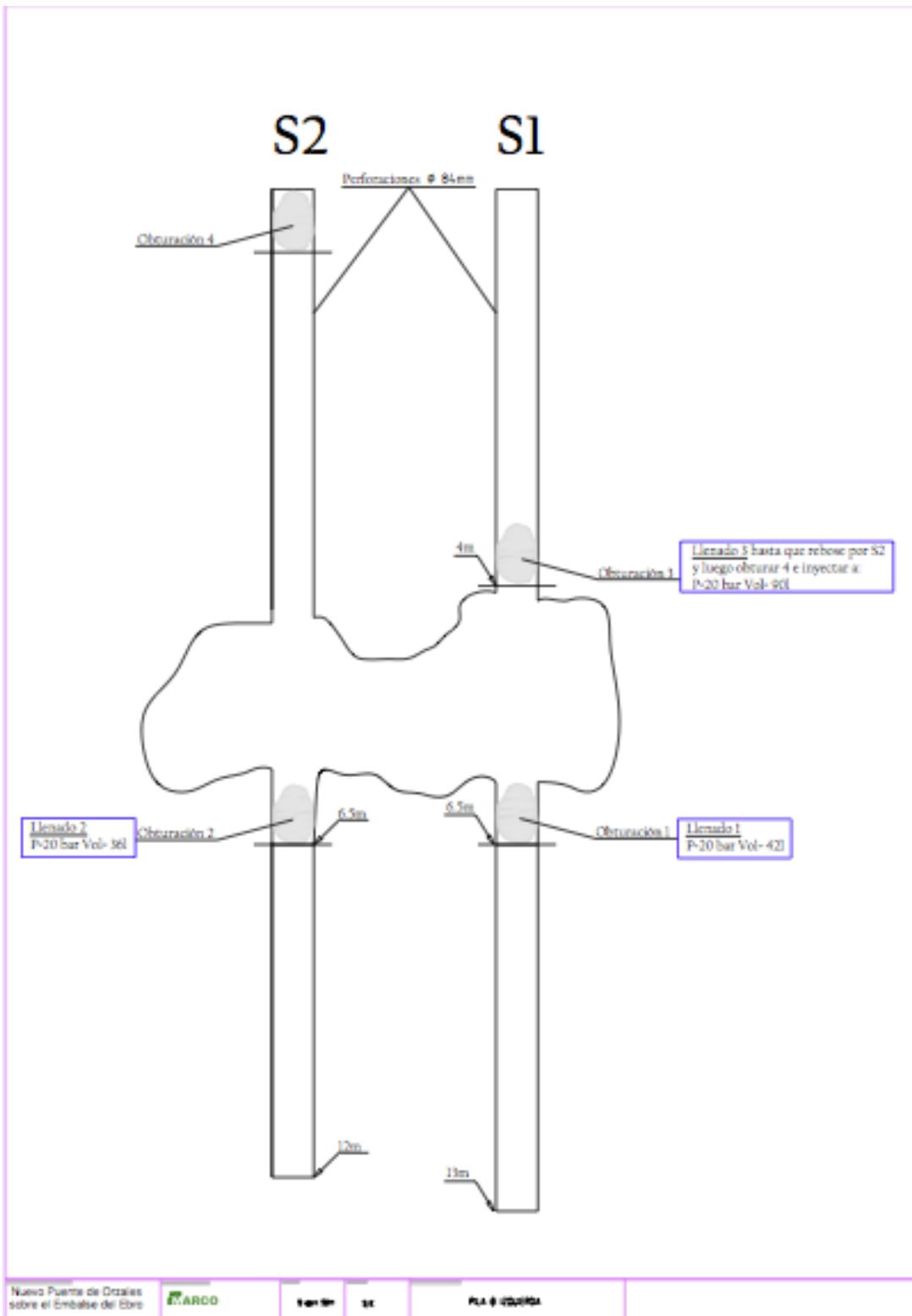


Ilustración 23. Croquis de la disposición de los taladros para la reparación de la anomalía

6.5. ESTRIBO E-2 DERECHO

El pilote izquierdo del estribo E-2 se ejecutó sin incidencias.

Sin embargo, cuando se estaba hormigonando el pilote derecho del estribo 2 (último de la obra), comenzó una copiosa nevada cuando faltaban solo 7m de pilote por hormigonar, que hizo que las cubas de hormigón se quedasen atascadas en el camino de acceso. Este hecho produjo un corte en el hormigonado de 2 horas, y que los últimos 7 metros del pilote se hormigonaran con hormigón pasado 2 horas, la hora límite de puesta en obra, aunque el aspecto y docilidad del hormigón no aparentaban el inicio del fraguado, posiblemente el frío entorno a -1°C, ayudase.

Así en los ensayos Cross-Hole se aprecia una anomalía entre los 4 y 7 m de profundidad.

Los pilotes del estribo se hicieron desde un pedraplén situado 4 metros por encima del nivel del embalse y 30 cm por encima de la cabeza del pilote.

Dada la situación de la anomalía , no fue posible descubrir el pilote hasta esa profundidad, por estar el nivel del embalse por encima.

Ante esta situación se plantearon varias soluciones:

a) Ejecutar dos pilotes (de diámetro algo inferior al previsto en el diseño, que es 1800 mm) que sustituyan al derecho del Estribo 2, lo que obligaría a modificar la zapata de apoyo de dicho estribo.

b) Como no existe ninguna garantía de que — entre unos 4 y 7 m de profundidad haya continuidad, se pensó en lograr esa continuidad mediante micropilotes metálicos inyectados, que absorban la carga vertical y los momentos de flexión, empotrándose en el hormigón suficientemente resistente, por encima y debajo de la zona alterada.

La solución consistía en coser la sección del pilote con 12 micropilotes, con la disposición del esquema, los cuales se colocarían con el eje A-A' en la dirección del eje del puente.

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

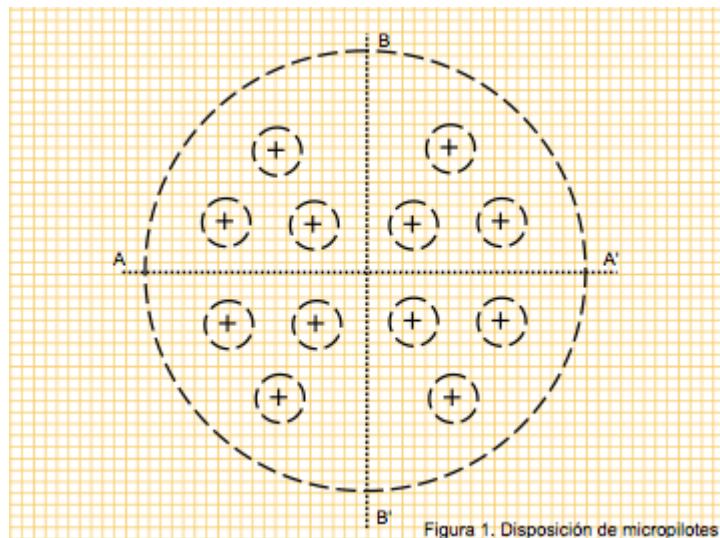


Figura 1. Disposición de micropilotes

Ilustración 24. Disposición de los micropilotes en el interior del pilote

- c) Por último se planteo la posibilidad de ejecutar un nuevo pilote junto al descartado, siendo esta la opción elegida, tal como se aprecia en el plano siguiente. Para ello se modifico las dimensiones de la zapata.

SOLUCIONES A LAS ANOMALÍAS PRESENTADAS

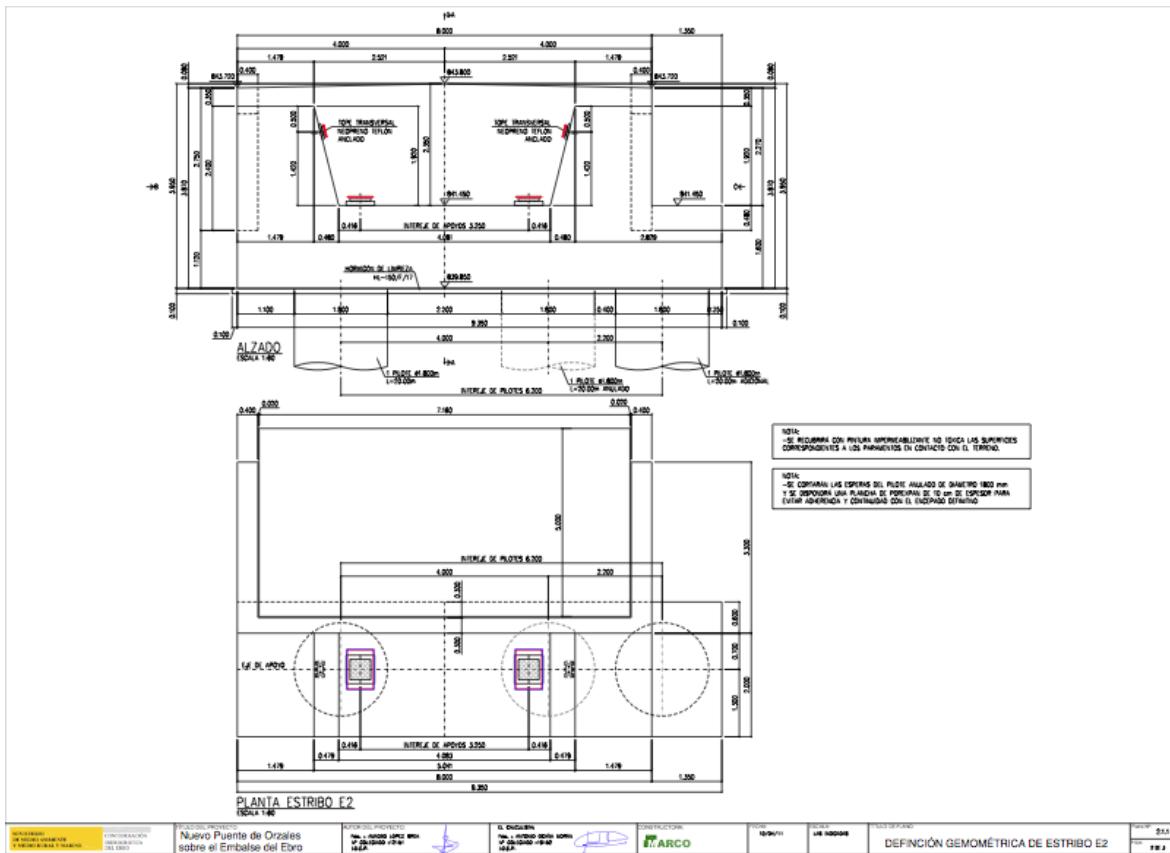


Ilustración 25. Plano con la definición geométrica del nuevo pilote