

La perforación e hincas de tuberías ha sido realizada por GEOSA para la UTE Benta Aundi

# Hincas para el saneamiento de Tolosa (Guipúzcoa)

El Proyecto *Interceptor del Oria Medio y Ramales Complementarios. Tramo 3: Venta Aundi- Tolosa*, promovido por el departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, y adjudicado a la UTE Benta Aundi (FCC Construcción /Altuna y Uría), incluía, como parte sustancial del mismo, un importante conjunto de colectores a realizar con tecnología de microtunnelización con escudo cerrado. Esta agrupación de microtúneles reúne una serie de características de dificultad y riesgo de ejecución que la convierten, en tanto que obra de hincas, en una realización sobresaliente dentro de este tipo de actuaciones. Se resumen en el presente artículo los aspectos más destacables.

La ejecución de las hincas, así como el suministro de tubos de hormigón armado Clase V para las mismas, fue adjudicado por la UTE a la empresa especializada *Desarrollos Geológicos, S.A. (GEOSA)*. El fabricante de tubos fue *Prefabricados Alberdi, S.A.*

### Desarrollo del proyecto

Después de una serie de modificaciones al proyecto inicial, tendentes sobre todo a suprimir pozos de hincas —por la gran dificultad técnica y logística que entrañaba su construcción en pleno centro urbano—; finalmente, la obra de hincas consistió en: 6 tramos de hincas de tubos de hormigón DN1200 ( $\varnothing$  exterior = 1500 mm), con un total de 1188 metros de hincas, dispuestos como se ve en la **Fig. 1**. Resultaron así tres pozos de ataque (P17, P19 y P21), un pozo de recepción pura (P18) y tres salidas al río Oria, cruzando el muro de encauzamiento del mismo. El tramo de mayor longitud (P17- P18) mide 403 metros.

Los colectores aguas arriba, realizados en zanja, cruzaban el Oria y venían a conectar con el primer tramo de hincas en el pozo P16, a ejecutar en la *Avenida de Alava*.

Esta disposición fue modificada, al sustituir este pozo por una simple fosa excavada en el cauce del *Oria*, debidamente achicada. El tramo P17- P16, originalmente recto, fue a su vez modificado haciéndole terminar en un arco de círculo ( $R = 500$  m) para mejorar así el ángulo de ataque al muro de ribera y desembocar en la fosa mencionada.

La conexión hacia aguas abajo se realiza de un modo similar, al final de la calle *Pablo Gorosabel*, desembocando al *Oria*.

Igualmente, la conexión para alivio y para incorporación del colector Ibarra, se realiza de la misma forma en una fosa de salida del tramo P19-Río.

- La profundidad de la generatriz superior de los tubos es de 5,5 – 6,5 m bajo el asfalto, en todo el recorrido.
- La pendiente, descendente en sentido S-N, es de 0,680% aguas arriba del P19 y de 0,230% aguas abajo del mismo.
- Las características que, consideradas conjuntamente, convierten a esta obra en singular dentro del campo de las hincas, son: **trazado totalmente urbano**, **geología compleja** y **carga freática**.

Palabras clave: COLECTOR, HINCA, MICRO-TUNELADORA, POZO ATAQUE, SALIDA, SANEAMIENTO, SUBSIDENCIA, TRAZADO URBANO, TUBERÍA PREFABRICADA.

👤 César MURIAS PÉREZ, Ing. de Minas. Dtr. de GEOSA

Esteban ARIAS FERNÁNDEZ, Geólogo. Jefe de Obra Civil. GEOSA

### Trazado

Es íntegramente urbano, siguiendo la alineación de las calles *Avda. de Alava*, *Paseo de S. Francisco* y *Pablo Gorosabel*. Destacan, sobre todo, los tramos P19 – P21 y P21- Río, porque la calle *Pablo Gorosabel* mide sólo unos 9 m de ancho entre fachadas (edificios antiguos, a menudo de mampostería) y porque el eje del trazado distaba 2,5 m del frontal de los edificios de la acera Oeste de dicha calle.

### Geología y Geotecnia

Los datos del Proyecto anunciaban que se cruzarían ofitas del *Triás*; carnioles y brechas calcáreas, calizas y calizas dolomíticas del *Jurásico*; y aluvial constituido por cantos rodados, gravas y arcillas del Cuaternario.

Los reconocimientos adicionales, y la propia hincas, pusieron de manifiesto una extraordinaria heterogeneidad y variación lateral, pudiendo decirse que no hubo diez metros seguidos con geología constante, alternando de continuo entre limos, roca sana, arcilla, gravas y roca fragmentada o que se comportaba como tal. Especialmente, los duros bloques de



■ [Figura 1].- Esquema básico de la obra.



■ Vista de uno de los pozos de ataque.

ofita sueltos resultaron muy peligrosos para la ejecución de las hincas.

La **Fig. 2** recoge la geología prevista según el conjunto de reconocimientos realizados.

## Afluencia freática

Debido a la proximidad inmediata del río *Oria* y a la gran trasmisividad de los terrenos, la afluencia freática era muy alta, bajo una presión que se mantuvo en el entorno de los 0,4 bar.

## Medidas preventivas

De todo lo anterior se deduce que la principal preocupación, en toda la obra, era el riesgo de provocar asentamientos en superficie y consiguientes daños a las estructuras. Dado que el circuito hidráulico de extracción de escombros entra en contacto abierto con el medio circundante en la cámara de excavación de la tuneladora, la combinación de geología cambiante y de abundante freático hace muy difícil mantener el equilibrio entre dos necesidades a veces contrapuestas: por un lado, la limitación del caudal de evacuación de aguas freáticas (para no alterar las condiciones hidrogeológicas del subsuelo y consiguiente riesgo de extracción de materiales sólidos ajenos a la hinca, así como para evitar en lo posible rebores en los tanques decantadores); y por otro, la extracción eficaz de los detritos excavados. Y todo ello, en el ámbito de un trazado de riesgo.

Además, existía el riesgo de que, al margen de posibles daños a calles o edificios, alguna hinca no llegase a término, bien por pérdida irreparable de la rasante (paso por bolos o cantos sueltos), por roturas sucesivas de tubos causadas por acuñamiento de grandes fragmentos de roca (ya fueran lajas desprendidas del techo o bien bloques que ya estaban



**Salida de microtuneladora desde el pozo PR 21 al río.**

sueltos), o por avería irreparable de la tuneladora (por ejemplo, por inutilización del motor principal como consecuencia de entrada masiva de agua).

Para paliar todo ello se adoptaron una serie de precauciones y contramedidas, tendentes a prevenir o paliar los riesgos mencionados, en colaboración con la UTE cliente:

- Tener preparados útiles para reparación de urgencia de posibles roturas locales de los tubos.
- Tener muy bien conservadas las válvulas del circuito de escombros.
- Operar con ligera sobrepresión sobre el freático en la cámara de excavación, como procedimiento estándar.
- Uso de bentonita más polímeros en el circuito de transporte, o inyectada directamente por las toberas del frente.
- Vigilancia y cuantificación constantes del volumen/naturaleza del material extraído.
- Establecimiento de puntos de comprobación topográfica del asfalto.

- Fotos de control de la condición del firme antes del paso de la tuneladora y control diario de posible aparición de fisuras.
- Operación a cargo de personal muy experimentado en obras parecidas.

## Maquinaria utilizada

Los trabajos de hincas fueron llevados a cabo por dos equipos de microtunelación de **GEO-SA**, en ambos casos empleando máquinas similares, microtuneladoras **Herrenknecht AVN 1200TB**.

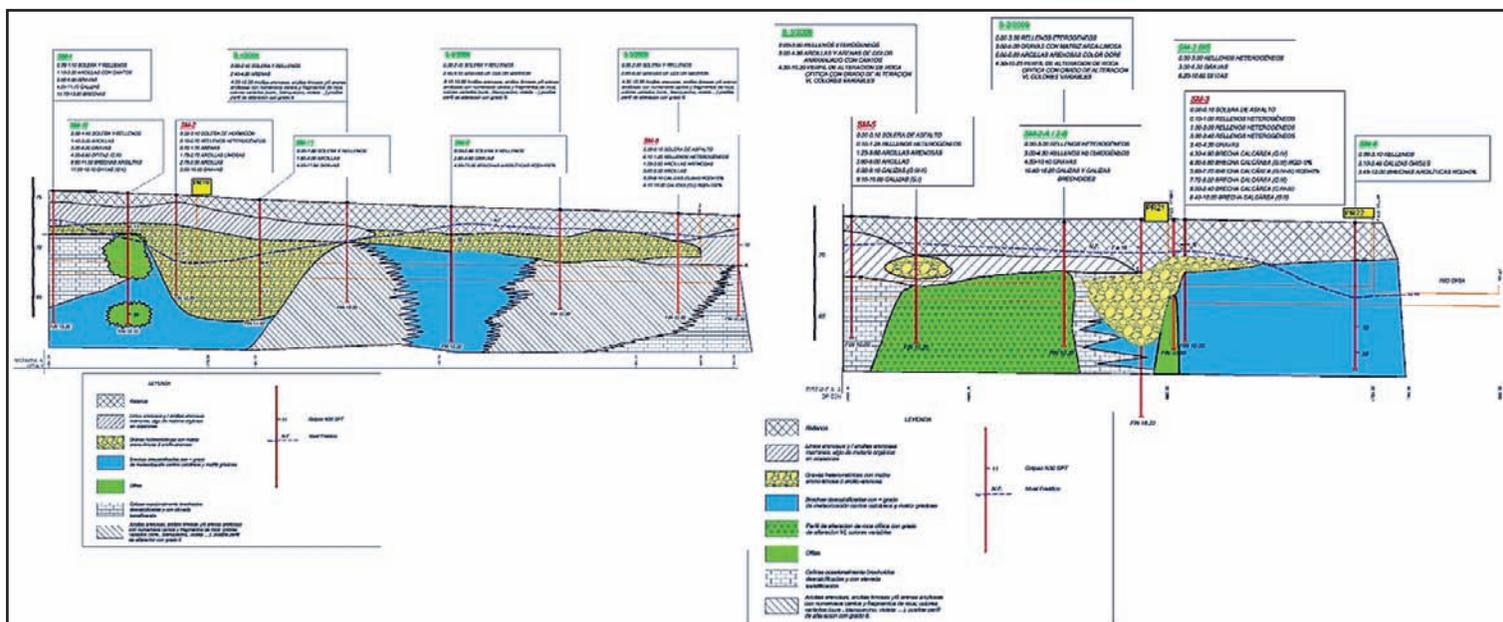
Los trabajos se desarrollaron entre agosto de 2007 y agosto de 2008. Las dos máquinas apenas se solaparon en la obra durante un mes, trabajando más bien en modo consecutivo, por razones de conveniencia.

La distribución de trabajos fue:

**Equipo nº 1:** Incorporación 22- julio- 2007

- Hincas realizadas:
 

1 – P17 – Río:	149,7 m
2 – P17 – P18:	315,1 m
3 – P21 – P19:	403,2 m



**[Figura 2].- Perfil geológico de la traza.**



■ **Secuencia de ejecución de la obra.**



■ **Salida al PR 19, después de 403,2 m de hinca.**

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 4 – P21 – Río: | 99,8 m         |
| <b>Total:</b>  | <b>967,8 m</b> |
- Días naturales de perforación : 180
  - Id. de implantaciones y desmontajes: 52
- Equipo nº II:** Incorporación el 19-mayo-2008
- Hincas realizadas:
- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1 – P19 – P18: | 130,7 m        |
| 2 – P19 – Río: | 89,2 m         |
| <b>Total:</b>  | <b>210,9 m</b> |
- Días naturales de perforación : 44
  - Id. de implantaciones y desmontajes: 23

Se trabajó en horas diurnas (ambiente urbano) de lunes a viernes, y media jornada el sábado, excepto festivos. La producción media resultante (montajes y desmontajes excluidos), ha sido de 6,22 m/10 horas.

## Incidencias durante la ejecución

Destacan los problemas surgidos en la última parte del tramo P17 – P18 (315,1m). Hasta el metro 242, esta hinca discurrió con normalidad, atravesando alternativamente roca, arcillas, gravas limpias, o mezcla de todo ello, con un rendimiento medio de 6,3 m/10 horas. Desde el metro 200 se entró en roca dura.

A partir del metro 242 comenzaron a subir las fuerzas de empuje demandadas por el sector de cabeza de la hinca, y poco después se empezó a detectar pequeños desconchones localizados de una capa de hormigón en la clave de algún tubo, con cierta ovalización.

La alineación de la hinca era perfecta, y tampoco pudo objetivarse acumulación de finos en el anular ni sobrecorte escaso por desgaste de los discos. No obstante, como medida precautoria, se cambiaron los discos externos y se continuó la hinca, que en días sucesivos pareció normalizarse.

Pero cuando se llevaban perforados 302 m se produjo una rotura en la clave del tubo de hormigón nº 17 (TH17), que afectaba también a la virola del TH16. La rotura se genera por el acunamiento, entre el anular y la tubería, de un bloque de roca de unos 40 x 20 x 15 cm y provoca la trituración del hormigón y la flexión

de la armadura, y causando la entrada de un gran caudal de agua al seno del túnel. Al ser éste descendente, se inunda la máquina, quedando sumergidos los motores eléctricos de accionamiento de la misma y de la bomba de túnel, así como cajas de conexión y equipos de control.

Se había instalado previamente un sistema de bombeo de emergencia, el cual, usado en combinación con la bomba de pozo y la línea de salida de lodos, permitió, en una actuación difícil y de extrema urgencia, dejar libre de agua el túnel y alcanzar equilibrio entre el caudal de desagüe y el que seguía entrando por la rotura.

Se procedió acto seguido a secar o substituir los componentes eléctricos dañados, y en paralelo, a afrontar la situación del TH17. Se intentó picar el bloque de roca para extraerlo en fragmentos a través de la armadura; pero fue imposible por la dureza y tenacidad del mismo. Por tanto, se forzó una ventana en la armadura y se extrajo el bloque.

A continuación se aplicó un cierre mecánico, previamente preparado, consistente en dos anillos expansibles mediante husillos más una chapa curva con junta de goma, consiguiendo reducir substancialmente la entrada de agua y pudiendo continuar la hinca. La reparación del TH mediante algún tipo de mortero se descartó porque el agua lo arrastraría, y tampoco se quería recurrir a espumas expansibles para aislar el TH, dado el riesgo, alto y poco controlable, que entraña su uso sobre unos tubos ya debilitados por la rotura. Además se opinaba, por experiencias pasadas, que con túnel bien alineado el TH resistiría, como así fue.

Con todo, en días sucesivos se repitió el fenómeno en forma parecida: aumento extraordinario y brusco de la demanda de fuerza, y visualización desde dentro del túnel de abombamiento hacia dentro en una zona muy localizada del mismo, primero en el TH12 y después en el TH18. Como el daño se propaga longitudinalmente si se sigue avanzando, se optó como única solución por demoler un sector del TH afectado y extraer el bloque, preparando previa-

mente el bombeo de emergencia y elementos mecánicos de cierre en la manera descrita.

De este modo, se consiguió alcanzar por fin el pozo de salida el 5-diciembre; pero el acunamiento de bloques obligó aún a emplear tres días más de esfuerzos hasta conseguir el ripaje de los 7,5 m de longitud que ocupa la tuneladora, operación que normalmente se hace en un relevo. La perforación de los últimos 13 metros de esta hinca, desde que rompió el TH17 hasta calar al P18, exigió 7 días laborales completos.

Por otra parte, estos incidentes no tienen ninguna repercusión sobre la calidad de los trabajos terminados, ya que los tubos fueron reparados a la perfección, restituyendo la armadura y reconstruyendo la pared mediante capas de mortero-cola sulfo-resistente, además de inyectar lechada de cemento al anular.

## Subsidencias y asentamientos

No se apreció ningún efecto de este tipo en ninguno de los puntos de control montados, ni se ha manifestado ningún daño, ni siquiera leve, en los edificios limítrofes.

## Conclusión.

Consideramos que esta realización práctica en Tolosa es un buen ejemplo de las potencialidades y ventajas del sistema de hinca con escudo cerrado, y no sólo desde el punto de vista del ahorro enorme de molestias a los ciudadanos, sino incluso en cuanto a minoración del riesgo de afecciones a estructuras cuando se compara con la ejecución a cielo abierto, al menos en circunstancias geológicas e hidrológicas como las que se dieron en este caso.



Muñoz Degrain, 5 - 1º  
33007 Oviedo (Asturias)  
☎: 985 237 789 • Fax: 985 274 376  
E-mail: [geosa@satra.biz](mailto:geosa@satra.biz)