

HILTI

Manual de
Aplicaciones
Hilti para Túneles



**Soluciones a medida para
obras subterráneas**

Hilti. Superando expectativas.

Hilti especialista en Grandes Proyectos de Obra Civil

La ejecución de los Grandes Proyectos de Obra Civil exige una dedicación que Hilti le presta en exclusiva.

Los especialistas de Grandes Proyectos de Obra Civil le asesoran desde las fases de diseño del proyecto, hasta la puesta en obra de los productos definidos en la solución final.

Este departamento coordina todos los recursos de Hilti que usted pueda necesitar, tales como cálculos de nuestra Oficina Técnica, previsión de necesidades logísticas, atención personalizada y los eventuales ensayos en obra de los materiales Hilti.

Para su información y asesoramiento.



Índice

Excavación y Sostenimiento

1. Aplicaciones temporales	página
1.1. Tubería de ventilación	4
1.2. Mallazo de refuerzo para gunita	5
1.3. Membranas de drenaje	6
1.4. Conductos y tuberías pesadas	7
1.5. Conductos ligeros, cables e iluminación provisional	8
1.6. Instrumentación y equipos topográficos	9
1.7. Carriles temporales para encofrados y grúas	10
1.8. Cintas transportadoras	11
1.9. Control de calidad de hormigones	12
2. Aplicaciones permanentes	
2.1. Láminas de impermeabilización	13
2.2. Conexiones de barras corrugadas con resina	14
2.3. Apertura de galerías de conexión y nichos de auxilio	15
2.4. Reparación y refuerzo del hormigón	16

Revestimiento, Instalaciones y Acabados

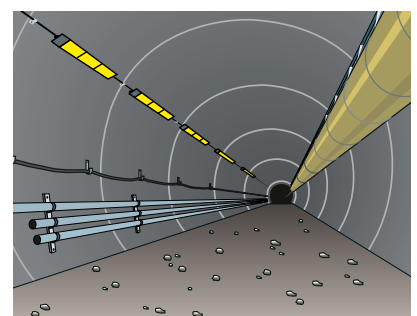
3. Instalaciones generales	
3.1. Soportación de bandejas de cables y tuberías	17
3.2. Soportación de tubería contra incendios y sprinkles	18
3.3. Sistemas de iluminación	19
3.4. Señalización, radio y equipamiento de seguridad	20
4. Túneles carreteros	
4.1. Ventiladores de extracción	21
4.2. Falso techo para ventilación transversal	22
4.3. Paneles de protección contra incendios	23
4.4. Paneles de revestimiento de túneles	24
4.5. Mallazo para mortero de protección contra incendios	25
5. Túneles ferroviarios	
5.1. Línea aérea de contacto (catenaria)	26
5.2. Pasamanos	27
5.3. Sistema Hilti para Fijación de Vía en Placa	28



Hilti, décadas de experiencia en túneles.

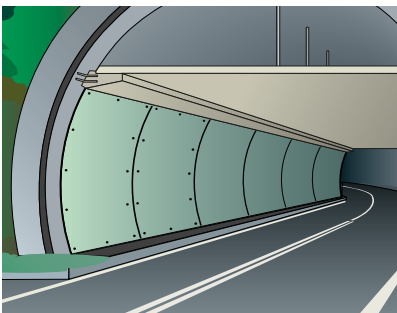
Ya desde sus comienzos en los años cuarenta, Hilti ha suministrado herramientas y tecnología de fijación en proyectos de túneles por todo el mundo. De hecho, debe de haber muy pocos túneles en los que Hilti no haya estado presente.

La experiencia de Hilti se puede aprovechar en todas las fases de la construcción de túneles, desde la perforación, hasta la instalación de su equipamiento. Más recientemente, los proyectos de rehabilitación y remodelación han ganado importancia. En muchos casos, el valor añadido para diseñadores y contratistas ha sido el soporte técnico y la fiabilidad que ofrece Hilti. La experiencia específica que se ha adquirido con la participación de Hilti en numerosos proyectos de túneles en todo el mundo ha redundado en una ventaja competitiva para nuestros Clientes.



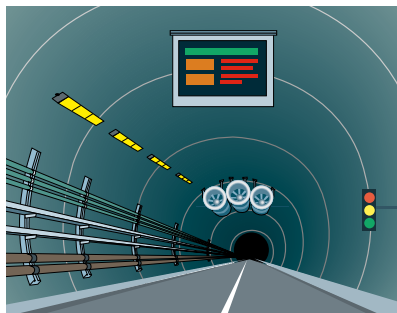
Aplicaciones Temporales

Durante la excavación de túneles hay un gran número de elementos que deben ser fijados o asegurados. La electricidad, el aire comprimido, el agua y el aire de ventilación han de ser transportados a través de cables y tuberías fijadas a lo largo del túnel.



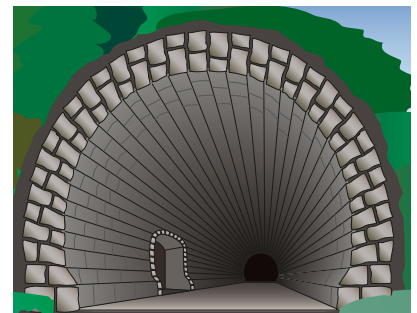
Aplicaciones permanentes

Cuando hay que sujetar el encofrado, fijar membranas impermeables y geotextiles, o instalar barras corrugadas en hormigón endurecido, los productos Hilti entran en acción. No se pueden tolerar las sorpresas cuando un problema en una determinada sección del túnel podría ocasionar la parada de todo el proceso de avance.



Revestimiento, Instalaciones y Acabados

Actualmente, los equipos e instalaciones constituyen un 20% de la inversión total de un túnel. Allí donde los ataques corrosivos de las emisiones de gases y el diseño para prevención de incendios catastróficos sean decisivos, podrá confiar en la experiencia de Hilti.



Remodelación y Rehabilitación

Muchos de los túneles ya construidos se han de reformar para ampliar los gálidos, o bien reparar a consecuencia de un incendio. En ocasiones es preciso adecuarlos a los nuevos conceptos de ventilación. Todo ello conlleva la adaptación de la estructura del túnel, y requiere la utilización de tecnología de fijación y demolición suministrada por Hilti.

1.1 Tubería de ventilación



Taladro ligero de batería Hilti TE-6A Litio

- Ligera y equilibrada.
- Porta brocas tipo "click".
- Batería 36V de última generación.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje expansivo Hilti HLC con cáncamo abierto

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Desmontable.



Anclaje expansivo Hilti HLC con cáncamo cerrado

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Desmontable.



El reto de la aplicación

Durante la construcción del túnel es necesario definir un sistema de ventilación que asegure el mantenimiento de una atmósfera respirable, no tóxica, y en unas condiciones ambientales adecuadas, dentro del mismo.

El diseño del sistema de ventilación debe tener en cuenta que los operarios se ven sometidos a la acción de los gases contaminantes de los motores, y el polvo durante toda su jornada laboral; y que la mayor emisión de contaminación se concentra en la zona del frente de avance, que es precisamente donde se encuentra la mayor parte del personal. En caso de uso de explosivos, las voladuras generarán tal cantidad de gases y polvo que el sistema de ventilación deberá trabajar al máximo.

El sistema de ventilación provisional más habitual consiste en disponer en la clave del túnel, una tubería flexible de ventilación que avanza junto con la excavación, insuflando aire puro desde el exterior (ventilación soplante), o bien extrayendo el aire viciado del interior (ventilación aspirante), por medio de la acción de una turbina.

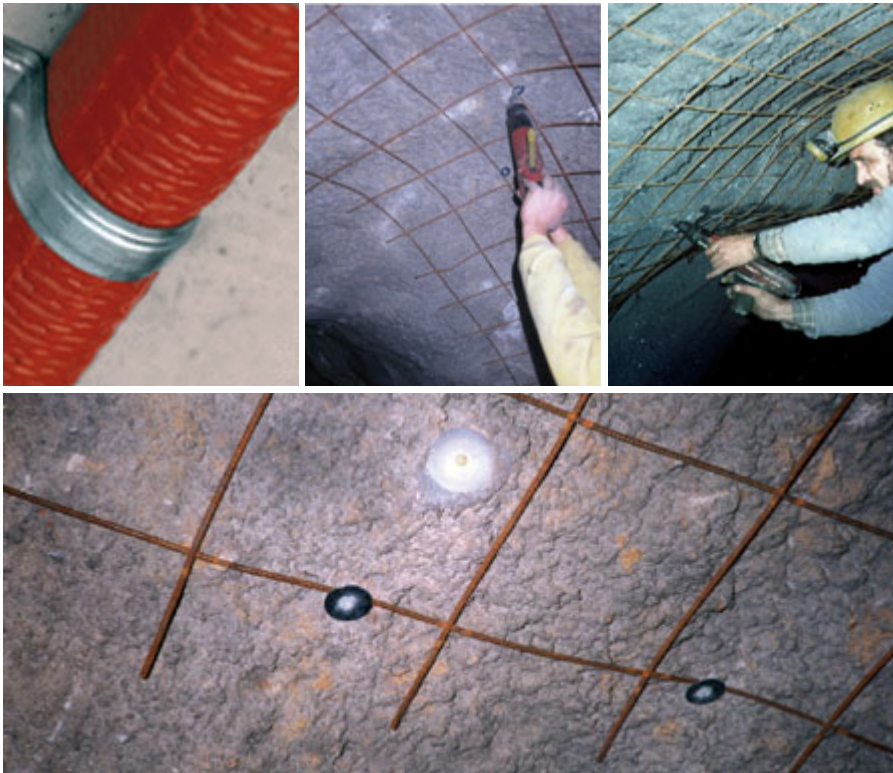
La experiencia y solución de Hilti

Las tuberías de ventilación provisionales durante la construcción se cuelgan generalmente de un cable fijado a la bóveda del túnel, cada metro aproximadamente. Las cargas que deben soportar las fijaciones no son importantes, pero debe prestarse especial atención tanto a la facilidad y rapidez de colocación, como a la economía. Lo más habitual es utilizar un anclaje mecánico de expansión tipo HLC con cáncamo abierto o cerrado, de manera que el cable al que se cuelga la tubería se puede ir enganchando con total facilidad al anclaje. Dadas las condiciones de ejecución de los taladros, un taladro ligero de batería tipo TE-6A Ion-Li puede simplificar en gran medida la operativa, al no tener que depender del suministro eléctrico.

Proyectos de referencia

- Metro Palma, Mallorca
- Metro Sevilla, Sevilla
- AVE, Sant Boi - L'Hospitalet, Barcelona
- AVE, Sieteaguas - Buñol, Valencia
- AVE, Carballiño - Lalín, Ourense
- Autopista Cartagena - Vera, Almería

1.2 Mallazo de refuerzo para gunita



El reto de la aplicación

En la mayor parte de los túneles ejecutados por métodos convencionales, y especialmente cuando se emplea el conocido como Nuevo Método Austriaco (NATM), se utiliza hormigón proyectado como revestimiento inicial, normalmente reforzándolo con un mallazo metálico. Aunque en general éste se mantiene en su sitio por medio del anclaje principal en roca, posteriormente se han de fijar otras capas de mallazo adicionales que se sujetan al primer revestimiento de hormigón proyectado.

La experiencia y solución de Hilti

Durante décadas, los clavos Hilti X-ZF con arandela premontada S36 han sido la solución elegida por tuneleros en todo el mundo para la fijación de mallazos de pequeño diámetro (ej. 4 mm). La rapidez, la fiabilidad y la economía son los factores de decisión clave.

Para mallazos de mayor diámetro (ej. 6 – 8 mm) es preferible utilizar la grapa Hilti GF, con clavos sueltos sin arandela, o bien en ristras de 10 clavos para uso con cargador. Alternativamente, el anclaje plástico de impacto Hilti HPS-1 utilizado conjuntamente con la grapa Hilti GF le proporcionará sujeción en aquellos sustratos que no sean adecuados para la fijación de clavos (tal como roca muy dura) o que presenten una superficie muy irregular.

Cuando se requiere fijar mallazo a 20 mm de distancia del paramento el clavo Hilti X-GC con casquillo de plástico es la solución.

En aquellas zonas en las que se dispone un mallazo de refuerzo, podemos estar hablando de una densidad de 50 fijaciones por metro lineal de excavación de túnel, como orden de magnitud.

Proyectos de referencia

- Túnel del Cadí II, Barcelona
- Túnel de Vielha, Lleida
- Túnel de Bracons, Barcelona
- Túnel de Arlabán, Vizcaya
- Túnel de Can Tunis, Barcelona
- Túnel de Marrozos, A Coruña



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 460

- Versátil: amplia gama de fijaciones.
- Diseño ergonómico: trabajo cómodo.
- Robusta, reforzada, fácil de utilizar.
- Tiras de cartuchos fáciles de cargar.



Clavo estándar Hilti X-ZF con arandela

- Con arandela premontada.
- Fijación económica en hormigón.
- Fácil y rápido de cargar, todo en uno.



Clavo Hilti X-GC con casquillo de plástico

- Con casquillo de plástico premontado.
- Fijación de mallazo a 20 mm de distancia del paramento.



Martillo perforador Hilti TE-2

- Muy ligero y ergonómico.
- Óptimo para taladros en serie de pequeño diámetro.



Anclaje plástico de impacto Hilti HPS-1

- Tornillo premontado. Rápida y fácil instalación.
- Colocación con martillo o atornilladora.



Grapas metálicas Hilti GF

- Idóneas para fijar mallazos de 6-8 mm.
- Uso con clavo de disparo o anclaje plástico de impacto Hilti HPS-1 5.

1.3 Membranas de drenaje



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 460

- Versátil: amplia gama de fijaciones.
- Diseño ergonómico: trabajo cómodo.
- Robusta, reforzada, fácil de utilizar.
- Tiras de cartuchos fáciles de cargar.



Clavo estándar Hilti X-ZF con arandela

- Con arandela premontada.
- Fijación económica en hormigón.
- Fácil y rápido de cargar, todo en uno.



Clavos Hilti X-SW con arandela flexible

- Con arandela de polietileno premontada.
- Flexibles, para evitar el desgarro de la membrana.
- Disponibles discos sueltos para uso con cargador.



Martillo perforador Hilti TE-2

- Muy ligero y ergonómico.
- Óptimo para taladros en serie de pequeño diámetro.



Anclaje plástico de impacto Hilti HPS-1

- Tornillo premontado. Rápida y fácil instalación.
- Colocación con martillo o atornilladora.



El reto de la aplicación

El agua es quizás el acompañante natural por excelencia de cualquier constructor de túneles. En un primer momento, durante la construcción es preciso taponar las molestas filtraciones, ya sean localizadas o difusas en amplias superficies, mediante el empleo de productos hidrófugos. El trabajo de impermeabilización debe completarse con la fijación de drenes superficiales, que captan el agua y la conducen a las cunetas. Para ello, es muy habitual el uso de membranas multicelulares (hueveras) o tubos de desagüe (medias cañas), cuya instalación debe ser rápida y fiable. Los trabajos posteriores (la fijación del mallazo y vertido de hormigón) no deben poner en peligro la ubicación de la membrana o tubería de drenaje.

La experiencia y solución de Hilti

El sistema de fijación directa DX está recomendado por varios de los fabricantes de membranas más importantes.

La herramienta Hilti DX 460 es la más vendida en todo el mundo, y los clavos Hilti X-ZF con arandela premontada S23 han demostrado ser la solución perfecta en miles de ocasiones. Cuando se trata de no dañar las membranas, los clavos Hilti X-SW con arandela de plástico son la solución más adecuada.

Alternativamente, el anclaje plástico de impacto Hilti HPS-1 utilizado conjuntamente con alguna arandela M6 de ala ancha o de plástico le proporcionará sujeción en aquellos sustratos que no sean adecuados para la fijación de clavos (tal como roca muy dura) o que presenten una superficie muy irregular.

En aquellas zonas en las que existen filtraciones de agua importantes, podemos estar hablando de una densidad de 20 fijaciones por metro lineal de excavación de túnel, como orden de magnitud.

Proyectos de referencia

- Túneles del Perthus, Gerona
- Túnel de Sa Mola, Mallorca
- Metro de Sevilla, Sevilla
- Túnel de Buñol, Valencia
- Metro de Mallorca, Mallorca
- Túneles de Pajares, León - Asturias

1.4 Conductos y tuberías pesadas



El reto de la aplicación

Durante la construcción del túnel es preciso llevar hasta el frente de avance de la excavación una serie de instalaciones provisionales con el objeto de asegurar el suministro de electricidad, agua y aire comprimido, necesarias para el funcionamiento de los diferentes equipos y maquinaria. Además, hay que fijar la iluminación provisional, instalar unidades de telecomunicaciones y asegurar los puestos de transformadores.

La experiencia y solución de Hilti

Todas las instalaciones provisionales deben ser fijadas a las paredes del túnel mediante los correspondientes anclajes o soportes. En el caso de tuberías de diámetro importante, y especialmente cuando se han de transportar varias conducciones de forma ordenada lo más habitual es disponer perchas a intervalos regulares. Estas perchas se anclan a las paredes del túnel mediante anclajes mecánicos de expansión, generalmente tipo HSA o HLC, permitiendo el apoyo de varias conducciones en diferentes niveles.

Otra posibilidad menos sofisticada es la fijación a las paredes del túnel de barras corrugadas dobladas en forma de gancho, fijadas con ayuda de una resina de inyección de fraguado rápido, como la Hilti HIT HY-150.

Para la ejecución de los taladros, dado el rango de diámetros habitual entre 10 y 16 mm, lo más idóneo es emplear un taladro compacto y ligero tipo Hilti TE-7C, siendo interesante también la versión a batería Hilti TE-7A para trabajos completamente autónomos.

Proyectos de referencia

- Metro de Sevilla, Sevilla
- Túneles de Pajares, León - Asturias
- AVE, Sant Boi - L'Hospitalet, Barcelona
- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid
- Túnel de Tabladillo, Segovia
- Túneles de Abdalajís, Málaga



Martillo combinado ligero Hilti TE-7C

- El martillo combinado más ligero.
- Poderoso mecanismo de percusión.
- Gran rendimiento y velocidad de perforación.
- Porta brocas tipo "click", cambio rápido de broca.



Martillo combinado ligero de batería Hilti TE-7A

- Versión a batería del Hilti TE-7C.
- Óptimo para trabajos autónomos.
- Gran duración de la batería.
- Cincelado de corrección ocasional.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje espárrago estándar Hilti HSA

- Enorme variedad de métricas y longitudes.
- Gran longitud de rosca.
- Seguridad: marcado en cabeza, anillo azul de profundidad.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje de chapa Hilti HLC

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Aletas que impiden giro en el taladro.
- Desmontable.



Resina inyectable Hilti HIT HY-150

- Fraguado rápido.
- Cartucho único con autoapertura.
- Alta adherencia en hormigón y gunita.

1.5 Conductos ligeros, cables e iluminación provisional



Taladro ligero de batería Hilti TE-6A Litio

- Ligera y equilibrada.
- Porta brocas tipo "click".
- Batería 36V de última generación.



Taco brida Hilti ECT-B

- Solución sencilla, económica.
- Para fijación de tubo rígido o tubo corrugado (uso con brida).



Anclaje de chapa Hilti HLC

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Aletas que impiden el giro en el taladro.
- Desmontable.



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 460 MX

- Con cargador para fijaciones en serie más rápidas.
- Sistema automático de retorno de pistón.
- Diseño ergonómico, trabajo cómodo.
- Reduce la necesidad de mantenimiento y reparaciones.



Base brida Hilti X-ECT

- Solución sencilla y rapidísima.
- Fijación con clavo de disparo según material base.
- Uso con brida para fijación de tubo rígido o tubo corrugado.



Clavo Hilti X-DNI MX

- Punta balística, mejor penetración, máximo rendimiento.
- En tiras de 10 para mayor comodidad y rapidez.



Clavo Hilti X-CC

- Con lengüeta premontada para fijación de alambre.



El reto de la aplicación

Para trabajar con seguridad en el interior del túnel se exige un nivel mínimo de luminosidad, para lo cual es preciso fijar luminarias a intervalos regulares. Para conseguir una iluminación lo más uniforme posible a lo largo del túnel, la distancia entre luminarias suele estar comprendida entre 10 y 20 m, situándose a una altura de al menos 2,2 m sobre la solera, para evitar daños a las propias luminarias y al cable de alimentación. En lugares peligrosos se instalará iluminación adicional.

El cable de conexión de las luminarias debe ser de al menos 2,5 mm², y no se permite que los propios cables soporten el peso de las luminarias, por el peligro que ello supone. Las luminarias más habituales son las de lámparas fluorescentes, por su larga durabilidad y bajo coste.

Adicionalmente, se precisa también un sistema de alumbrado de emergencia para que el personal pueda abandonar el túnel sin peligro en caso de falta de suministro eléctrico. Las luminarias de emergencia deben alimentarse por una red independiente, o bien por un sistema de baterías incorporadas a ellas.

La experiencia y solución de Hilti

El cable eléctrico debe fijarse a una cota superior de las conducciones de agua para evitar peligro de electrocución en caso de fugas de agua. La fijación debe ser segura y fiable, para evitar desprendimientos accidentales.

Entre las múltiples opciones posibles para fijar el cable eléctrico, la solución preferida en túneles es el disparo. Una posibilidad es la fijación a la pared del túnel de una base brida Hilti X-ECT mediante un clavo de disparo Hilti X-DNI con punta balística para mejor penetración. El uso de la pistola Hilti DX 460 MX con cargador para tiras de 10 clavos puede facilitar y agilizar enormemente el proceso.

Otra opción muy económica aunque no tan rápida, es la realización de un taladro, para fijar un taco brida ECT-B. La utilización de un taladro ligero a batería como el Hilti TE-6A Ion-Li permitirá un trabajo autónomo y de calidad.

Para conductos ligeros, otras opciones posibles, aparte de las descritas anteriormente son las de uso del clavo Hilti X-CC con lengüeta metálica premontada, que permite colgar elementos a través de un alambre o una brida; o el uso de cinta perforada uniendo sus puntas y fijándolas con un clavo Hilti X-ZF con arandela S23.

Para la fijación de las luminarias, dado su pequeño peso, bastará con un anclaje ligero y económico tipo HLC.

Proyectos de referencia

- Metro de Sevilla, Sevilla
- Metro de Madrid, Madrid
- AVE, Amoeiro - Carballiño, Ourense
- Túneles de Pajares, León - Asturias
- AVE, Sieteaguas - Buñol, Valencia
- Metro de Barcelona, Barcelona

1.6 Instrumentación y equipos topográficos



El reto de la aplicación

Además del control topográfico necesario para asegurar que las dimensiones y el trazado del túnel se van ajustando a lo previsto en proyecto, es preciso llevar a cabo durante la construcción una instrumentación y control geotécnico, con el objeto de solventar las numerosas incertidumbres existentes, típicas de este tipo de obras. Hay que tener en cuenta, que los datos relativos a carga actuante sobre el sostenimiento, movimientos del terreno circundante, etc. previstos en el diseño inicial se basan en general en métodos empíricos; la realidad final puede mostrar diferencias significativas.

Para investigar esta circunstancia, los topógrafos necesitan situar puntos de referencia a lo largo del túnel para controlar deformaciones, fijar elementos para poder efectuar la medida de convergencias (deformaciones) del túnel mediante cinta extensométrica, fijar equipos láser y dianas, etc. Aparte de esto, existen numerosos métodos de auscultación, y gran diversidad de equipos e instrumentación que se pueden emplear en un túnel.

La experiencia y solución de Hilti

Con el objeto de fijar a las paredes del túnel los equipos láser y estaciones totales, es frecuente el empleo de ménsulas metálicas que sirven de apoyo a los equipos, y que deben ser fijadas con anclajes. Debido a que se trata de cargas ligeras, lo habitual es el empleo de anclajes mecánicos tipo HLC o HSA. Para efectuar los taladros con rapidez e independencia del suministro eléctrico, la herramienta preferida es sin duda el martillo Hilti TE-6A de batería Ion-Li, perfecta para los diámetros de broca entre 8 – 12 mm en los que nos movemos.

Para situar los puntos de referencia, los topógrafos suelen emplear el sistema de disparo DX por su gran sencillez y rapidez. Lo más común es el empleo de clavos tipo Hilti X-ZF con arandela premontada S36 por su buena visibilidad; o bien pernos tipo Hilti X-M8 con longitud de rosca de 20 mm, que sobresale del hormigón, por lo que también es fácilmente visible. La herramienta preferida en este caso es la pistola Hilti DX 462.

La medida de convergencias se realiza mediante una cinta extensométrica entre anclajes distribuidos en el perímetro de la excavación, midiéndose los desplazamientos relativos entre ellos. Lo más común es emplear una varilla roscada con resina de curado rápido para cargas ligeras. La resina tipo Hilti HFX en combinación con una varilla Hilti HIT-AC resulta idónea. Otra opción es emplear un anclaje mecánico tipo Hilti HSA, del que existe una gran gama de longitudes para cuando se requiere fijar el anclaje hasta una profundidad importante. Para efectuar los taladros, nuevamente la herramienta Hilti TE-6A Ion-Li.

Proyectos de referencia

- Ramal Can Tunis, Barcelona
- Túnel de Villagordo, Valencia
- AVE, Lalín - Silleda, Pontevedra
- Metro de Sevilla, Sevilla
- Túneles de Pajares, León - Asturias



Medidor Láser Rotatorio Hilti PR-20

- Robusto, resistente al polvo y al agua.
- Simple y fiable. Manejable por una sola persona.
- Autonivelado automático.
- Resultados exactos en un área de hasta 400 m de diámetro.



Taladro ligero de batería Hilti TE-6A Litio

- Ligera y equilibrada.
- Porta brocas tipo "click".
- Batería 36V de última generación.



Anclaje de chapa Hilti HLC

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Aletas que impiden el giro en el taladro.
- Desmontable.



Resina inyectable Hilti HFX

- Curado rápido.
- Fácil de aplicar, incluso con pistola de silicona.
- Para aplicaciones ligeras.



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 462

- Ideal para la colocación de pernos.
- Totalmente automática.
- Fácil montaje y desmontaje.
- Gran facilidad y comodidad de manejo.



Clavo estándar Hilti X-ZF con arandela

- Con arandela premontada.
- Fijación económica en hormigón.
- Fácil y rápido de cargar, todo en uno.

1.7 Carriles temporales para encofrados y grúas



Medidor Láser Rotatorio Hilti PR-20

- Robusto, resistente al polvo y al agua.
- Simple y fiable. Manejable por una sola persona.
- Autonivelado automático.
- Resultados exactos en un área de hasta 400 m de diámetro.



Martillo rotatorio Hilti TE-16

- Diseño compacto. Potente y cómodo.
- Taladros repetitivos en el entorno de 20 mm de diámetro.
- Tecnología avanzada.
- Alto rendimiento y fiabilidad. Larga vida útil.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje químico Hilti HVU con varilla Hilti HAS

- Curado rápido, fácil y rápida colocación.
- Altísimos valores de carga.
- Cápsula plástica de gran resistencia, sin roturas.
- Amplia gama en diámetros y longitudes.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje espárrago estándar Hilti HSA

- Enorme variedad de métricas y longitudes.
- Gran longitud de rosca.
- Seguridad: marcado en cabeza, anillo azul de profundidad.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



El reto de la aplicación

Los carriles temporales son elementos de uso frecuente en las obras subterráneas. Las dos aplicaciones principales son:

- Carriles para los trenes de suministro, especialmente en el interior de los túneles perforados con máquinas tuneladoras.
- Carriles para el transporte del carro de encofrado para revestimiento interior y los trabajos subsiguientes.
- Carriles para el movimiento de grúas pórtico para el transporte de dovelas, y otros materiales pesados en el exterior de los túneles.

Dependiendo de la aplicación y la durabilidad que se necesite, los requerimientos pueden variar del mínimo al máximo en cuanto al nivel de carga, la resistencia dinámica, la facilidad de eliminación, y el coste.

La experiencia y solución de Hilti

Para cargas relativamente ligeras, y cuando no sea necesaria una precisión de nivelación grande, se suelen utilizar sencillos clips metálicos fijados directamente a la losa de hormigón con anclaje mecánico tipo Hilti HSA. Con un anclaje Hilti HSA M20 la capacidad de diseño relativa a carga lateral es del orden de 40 kN.

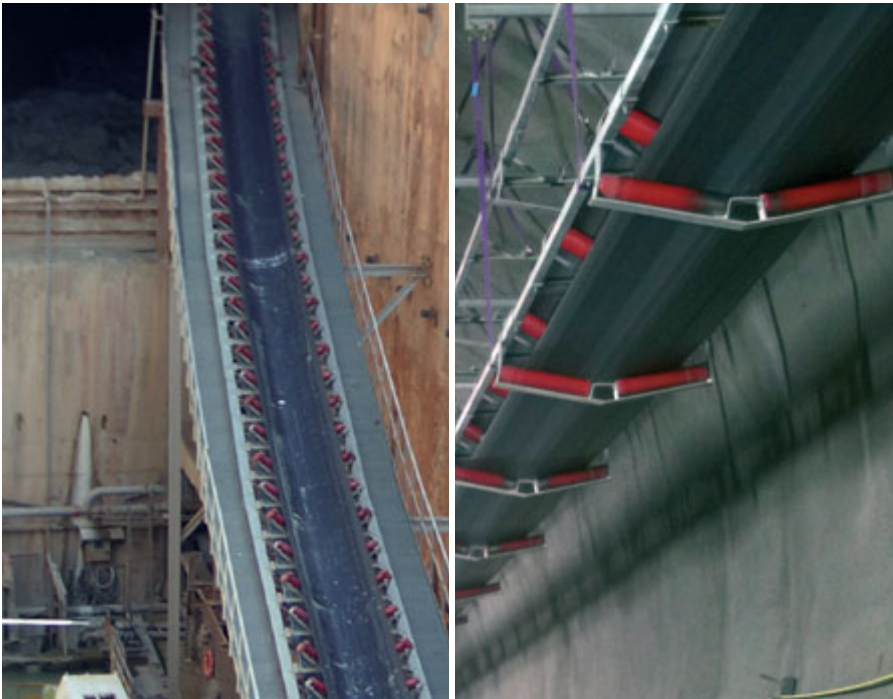
En caso de cargas elevadas, con componente dinámica importante, o cuando se requiera resistencia a un buen número de ciclos, es aconsejable utilizar sistemas algo más sofisticados, consistentes en una placa base, sobre la que se fijan unos clips que sujetan el carril. Las placas base se fijan a la losa generalmente mediante anclajes químicos en cápsula tipo Hilti HVU con varilla roscada. La nivelación se efectúa de forma precisa mediante unas contratueras adicionales. Posteriormente la parte inferior de la placa se rellena con algún mortero de nivelación, como el Hilti CM-730. Con cuatro anclajes HVU con varilla Hilti HAS M24 la capacidad de diseño relativa a carga lateral es el orden de 320 kN.

Mediante la utilización de los sistemas de perforación Hilti, como el martillo Hilti TE 16 en combinación con el láser rotativo Hilti PR 20, podrá realizar el trazado de la línea de instalación para los carriles con precisión.

Proyectos de referencia

- Túneles de Pajares, León - Asturias
- Túneles de Guadarrama, Madrid - Segovia
- Metro de Sevilla, Sevilla
- Túneles de Abdalajís, Málaga
- Metro de Madrid, Madrid

1.8 Cintas transportadoras



El reto de la aplicación

Especialmente en aquellos túneles perforados con máquinas TBM, las labores de desescombro se suelen llevar a cabo mediante cintas transportadoras. Su alta capacidad y funcionamiento continuo, contribuyen a reducir el tráfico en secciones del túnel congestionadas de por sí.

La instalación de los sistemas de cintas transportadoras es temporal, pero en las obras de túneles largos es frecuente que se mantengan durante algunos años. Las fijaciones han de ser económicas, pero a su vez proporcionar un soporte seguro en condiciones de carga dinámica y oscilación de la cinta.

La experiencia y solución de Hilti

Dadas las cargas, sus efectos dinámicos y las consideraciones económicas, la solución que se elige con más frecuencia es el anclaje químico en cápsulas adhesivas Hilti HVU. Otra de las opciones habituales es el anclaje mecánico tipo Hilti HSL-3.

Mediante la utilización de los sistemas de perforación Hilti, como el Hilti TE 16 en combinación con el láser rotativo Hilti PR 20, podrá realizar el trazado de la línea de instalación para la cinta transportadora con precisión.

Proyectos de referencia

- Metro de Barcelona, Barcelona
- Túneles de Guadarrama, Madrid - Segovia
- Túneles de San Pedro, Madrid
- Túneles de Abdalajís, Málaga
- AVE, Sieteaguas - Buñol, Valencia



Medidor Láser Rotatorio Hilti PR-20

- Robusto, resistente al polvo y al agua.
- Simple y fiable. Manejable por una sola persona.
- Autonivelado automático.
- Resultados exactos en un área de hasta 400 m de diámetro.



Martillo rotatorio Hilti TE-16

- Diseño compacto. Potente y cómodo.
- Taladros repetitivos en el entorno de 20 mm de diámetro.
- Tecnología avanzada.
- Alto rendimiento y fiabilidad. Larga vida útil.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje químico Hilti HVU con varilla Hilti HAS

- Curado rápido, fácil y rápida colocación.
- Altísimos valores de carga.
- Cápsula plástica de gran resistencia, sin roturas.
- Amplia gama en diámetros y longitudes.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje de seguridad Hilti HSL-3

- Resistencia a cargas dinámicas e impacto.
- Resistente al fuego.
- El anclaje puede ser reapretado.
- Gran rendimiento en hormigón fisurado.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.

1.9 Control de calidad de hormigones



Sistema de taladro con diamante Hilti DD 200

- Óptima en el rango de diámetros 52 – 250 mm. Posible hasta 400 mm.
- Columna plegable, fácil de transportar y usar.
- Conexión rápida para brocas de diamante Hilti BL.



Sistema de taladro con diamante Hilti DD 130

- Óptima en el rango de diámetros 25 – 102 mm. Posible hasta 162 mm.
- Motor compacto de sólo 7,7 Kg.
- Versátil: uso con columna o manual.
- Conexión rápida para brocas de diamante Hilti BL.



El reto de la aplicación

Las tareas de control de calidad de hormigones, van encaminadas a garantizar que en obra cumplen efectivamente los requerimientos del proyecto. En la gunita las comprobaciones fundamentales son: la resistencia y el espesor.

La resistencia se evalúa rompiendo probetas de hormigón de forma cilíndrica a compresión simple. Las probetas se obtienen de una artesa de madera (molde) haciendo un taladro mediante una sonda tubular de corona de diamante (sacatestigos). Durante el gunitado se proyecta también sobre una artesa de madera (molde) colocada en posición vertical. La artesa se deja en el túnel hasta su fraguado y de ella se extraen un mínimo de seis probetas (testigos) que se rompen en el laboratorio. Lo más habitual es llevar un control semanal de la resistencia, extrayéndose un mínimo de 6 probetas de cada artesa, rompiéndose a compresión 2 probetas respectivamente a cada edad de 3, 7 y 28 días. En aquellas zonas en las que los resultados hayan sido inferiores a lo exigido en proyecto se deben extraer probetas adicionales de los propios hastiales del túnel y romperse igualmente a compresión simple.

El espesor de la capa de hormigón puede controlarse dejando unos clavos en las paredes y clave del túnel antes del gunitado, que sobresalgan una distancia equivalente al espesor que es necesario colocar. Estos clavos han de quedar cubiertos con el gunitado. Otra opción es hacer una perforación con un taladro manual para comprobar la profundidad. Mensualmente suele ser recomendable extraer testigos de los hastiales para comprobar el espesor real.

La experiencia y solución de Hilti

La solución idónea preferida por la mayor parte de contratistas para esta aplicación de extracción de testigos en hormigón es la herramienta de perforación con diamante Hilti DD 130, junto con brocas tipo Hilti DD-BI. Su manejo es tremendamente simple, pues una sola persona puede montar y manejar el equipo, el flujo de agua se controla con un mando lateral. Es perfecta en el rango de diámetros de 25 a 102 mm en hormigón, siendo posible para diámetros de hasta 162 mm. Puede usarse cómodamente tanto a mano como con columna; y gracias a sus tres velocidades, el rendimiento de perforación es siempre óptimo.

Si se requieren diámetros de testigo mayores, debe emplearse una herramienta más potente como la Hilti DD 200, la cual sólo se puede usar con columna, pero amplía el rango de diámetros óptimos de 52 a 250 mm en hormigón, siendo posible para diámetros de hasta 400 mm.

Proyectos de referencia

- Metro de Barcelona, Barcelona
- Túneles de Guadarrama, Madrid, Segovia
- Túnel Atocha - Nuevos Ministerios, Madrid
- Túneles de Pajares, León - Asturias
- Túnel de Can Tunis, Barcelona
- AVE, Amoeiro - Carballiño, Ourense

2.1 Láminas de impermeabilización



El reto de la aplicación

La presencia de agua incide negativamente en la seguridad y en la vida útil de los túneles. Para ello se hace necesario disponer un drenaje y un sistema de impermeabilización fiable y seguro. La impermeabilización principal, que se coloca una vez terminada la excavación y el sostenimiento, consiste en la colocación de una membrana impermeable (generalmente de PVC o PE) que garantice la absoluta estanqueidad del túnel.

Las láminas impermeables se pueden colocar de forma que queden a la vista (usando PE expandido con rafia de refuerzo), o bien que queden recubiertas mediante un revestimiento de hormigón (empleando Geotextil + PVC; o PE nodular de alta densidad).

La experiencia y solución de Hilti

En el caso de empleo de Geotextil + PVC, con revestimiento posterior de hormigón, el geotextil asume la responsabilidad de capa de protección de la lámina de PVC y de drenaje. El geotextil se fija a las paredes del túnel mediante clavos de disparo tipo Hilti X-ZF 37 con arandela S23, junto con un disco de PVC. A continuación la lámina de PVC se suelda térmicamente (sin ninguna perforación) a los discos de PVC previamente fijados. La densidad de fijaciones recomendada es del orden de 4 – 6 fijaciones / m², en función del tipo de lámina y de sustrato. En el caso de empleo de PE nodular de alta densidad (huevera), la lámina se fija a las paredes del túnel mediante espigas Hilti IZ-P 8 con cabeza en forma de disco o clavos de disparo con arandela de plástico premontada tipo Hilti X-SW. En ocasiones, previa fijación de la lámina se suele disponer una imprimación asfáltica y una lámina impermeabilizante de betún elastomérico. En caso de revestimiento de hormigón la densidad recomendada es del orden de 4 – 6 fijaciones / m²; mientras que en revestimientos de revoco, debe aumentarse hasta 10 – 12 fijaciones / m². En el caso de empleo PE expandido con rafia, la lámina vista se suele fijar directamente al paramento de roca mediante espigas Hilti IZ-P 8 con cabeza en forma de disco. Los puntos de fijación se sellan por medio de parches circulares de diámetro aproximado de 12 cm de PE expandido soldados a la lámina principal. La densidad de fijaciones recomendada es también del orden de 4 – 6 fijaciones / m² en función del tipo de lámina y de sustrato.

Proyectos de referencia

- Túneles San Pedro, Madrid
- Túnel de Vielha, Lleida
- Túnel de Somaconcha, Cantabria
- Túnel de Sa Mola, Mallorca
- Túnel de la Herradura, Granada
- Túnel de Luko, Álava



Herramienta de fijación directa Hilti DX 351

- Ligera, bien equilibrada y con bajo retroceso.
- Ideal en aplicaciones repetitivas y a techo.
- Recarga rápida y fácil. Totalmente automática.
- Potencia ajustable para gran variedad de materiales base.



Clavo estándar Hilti X-ZF con arandela

- Con arandela premontada.
- Fijación económica en hormigón.
- Fácil y rápido de cargar, todo en uno.



Clavos Hilti X-SW con arandela flexible

- Con arandela de polietileno premontada.
- Flexibles, para evitar el desgarro de la membrana.
- Disponibles discos sueltos para uso con cargador.



Martillo perforador Hilti TE-2

- Muy ligero y ergonómico.
- Óptimo para taladros en serie de pequeño diámetro.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Espiga de aislamiento Hilti IZ-P

- Cabeza con rugosidades.
- Permiten un perfecto agarre con cualquier material base.

2.2 Conexiones de barras corrugadas con resina



Martillo Combinado Hilti TE 76P-ATC

- 1400 W de potencia y 8 kg de peso.
- Ideal para taladros de hasta 40 mm Ø.
- Sistema ATC para protección frente a enganchones.
- Muy robusta.



Brocas Hilti TE-YX

- Cabeza de metal duro con máxima superficie de corte.
- Mayor vida útil, menor desgaste (hasta un 50% más de taladros).
- Mayor rapidez de perforación.
- Mayor resistencia frente a golpeo de corrugados.



Herramienta manual de diamante Hilti DD EC 1

- Taladros en húmedo entre 8 y 35 mm de diámetro, a mano.
- Gran velocidad de taladro.
- Precisa y potente, simple de usar.
- Portátil, limpia y silenciosa.
- Gran comodidad de trabajo.



Resina de alta adherencia Hilti HIT RE-500

- Altísimos valores de carga y adherencia, incluso en taladro húmedo y con broca de diamante.
- Cartucho único con auto-apertura y baja fuerza de dosificación.
- Inodora. Desechos mínimos. No perjudica el medio ambiente.
- Menos susceptible a taladros sucios y húmedos.



Aplicador neumático Hilti P 8000D

- Para cartuchos jumbo de 1400 ml.
- Ideal para aplicaciones en serie.
- Con control de dosificación.
- Funciona con compresor de aire (8 bar, 250 l/min).



El reto de la aplicación

En la mayor parte de los túneles actuales es preciso, en al menos alguna fase de la obra, conectar barras corrugadas en el hormigón endurecido por medio de resinas. Especialmente en aquellos túneles construidos mediante el método de excavación cut&cover, habitual en entornos urbanos, resulta ineludible que la bóveda, las diferentes losas, y la contrabóveda, se conecten estructuralmente a pantallas continuas o de pilotes mediante barras corrugadas con resina.

En función de los requerimientos estructurales, las conexiones pueden calcularse como apoyos simples o bien como empotramientos. En cualquier caso, uno de los retos principales es obtener los niveles de seguridad requeridos, utilizando una cuantía de armadura y una profundidad de empotramiento de las barras lo más ajustadas que sea posible. Puesto que en conexiones a posteriori, la repercusión en el coste final de la unidad de obra de un número de barras, profundidades de empotramiento, o diámetros de taladro elevados, es importantísimo.

Asimismo, hay que prestar especial atención a las características de la resina, especialmente: durabilidad, resistencia a la corrosión, comportamiento frente al fuego, y resistencia a fatiga (sobre todo para aquellas losas que soporten tráfico rodado).

La experiencia y solución de Hilti

Sólo Hilti, líder mundial de tecnología de fijación, puede ofrecer la solución completa a la aplicación de conexiones de barras corrugadas con resina, pues además de resinas de altísima calidad, facilita también asesoramiento profesional sobre el diseño, formación de instaladores in situ y la tecnología de perforación compatible, mediante martillos electroneumáticos o sistemas de diamante. Con más de 20 años en el mercado, la familia Hilti HIT acumula, con diferencia, la mayor experiencia en lo que a conexiones de barras corrugadas con resina se refiere. En especial, la resina Hilti HIT-RE 500 asegura un comportamiento bajo carga muy superior al de las barras corrugadas embebidas y una resistencia frente a la corrosión incluso mejor. La solución del líder del mercado es capaz de cumplir las condiciones más exigentes, pues la mejor resina se complementa con una potente gama de accesorios.

Para efectuar los taladros, la solución preferida es el martillo combinado Hilti TE-76 ATC, con control activo del embrague, que protege al operario frente a enganchones de la máquina. En aquellas ocasiones en que haya que taladrar zonas con alta densidad de armadura, la tecnología de diamante es la solución. La herramienta de diamante manual Hilti DD-EC 1 con brocas corona permite cortar armaduras.

Accesorios adicionales como el Ferrosan Hilti PS 200, para detectar las armaduras, le serán de utilidad para identificar y combatir los problemas, incluso antes de toparse con ellos.

Proyectos de referencia

- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid
- Metro de Sevilla, Sevilla
- AVE, Sant Boi - L'Hospitalet, Barcelona
- Túnel Atocha - Nuevos Ministerios, Madrid
- AVE, L'Hospitalet - Tarrasa, Barcelona
- Metro de Madrid, Madrid

2.3 Apertura de galerías de conexión y nichos de auxilio



Cortamuros eléctrico de disco Hilti DS-TS 20-E

- Motor muy eficiente de 19 kW.
- Cortes hasta 53 cm de profundidad.
- Cómodo transporte.
- Montaje y desmontaje muy rápido.
- Funcionamiento muy sencillo.



Sistema eléctrico de corte con hilo Hilti DS-WS 15

- Motor de 15 kW de potencia nominal.
- Posibilidad de cortes de gran profundidad.
- Cortes sin necesidad de acceso al otro lado.
- Corte suave y silencioso.

El reto de la aplicación

En los túneles de cierta longitud suele ser necesario practicar cortes importantes en el revestimiento existente de hormigón con el objeto de crear nichos de auxilio, o bien comenzar la ejecución de galerías de conexión entre túneles. Este trabajo es especialmente exigente en túneles excavados con tuneladoras TBM, puesto que el anillo de hormigón se encuentra fuertemente armado. Por ello es muy habitual la necesidad de recurrir a la tecnología de corte con diamante, bien de tipo corte con disco (cortamuros) o de tipo corte con hilo.

La experiencia y solución de Hilti

Para cortes en hormigón armado de hasta 53 cm de profundidad se puede emplear un cortamuros eléctrico con disco Hilti DS-TS 20-E, de gran rendimiento y fiabilidad, cómodo transporte, fácil montaje y desmontaje, sencillo funcionamiento y muy robusto.

Para cortes de mayor profundidad es preciso recurrir al sistema de corte con hilo de diamante como el Hilti DS-WS 15, muy robusto, de fácil instalación, suave y silencioso. Siendo posible también efectuar cortes circulares.

Adicionalmente puede ser interesante el empleo de martillos rompedores eléctricos como el Hilti TE-905 para demolición allí donde la maquinaria o los martillos neumáticos son demasiado aparatosos o pesados.



Martillo Rompedor Hilti TE 905 AVR

- 11,3 kg de peso y 1600 W de potencia.
- Sistema AVR de reducción de la vibración.
- Fácil y rápido sistema de cambio de cinceles.
- Menor cansancio y mayor rendimiento.

Proyectos de referencia

- Túneles de Abdalajís, Málaga
- Túneles de Guadarrama, Madrid - Segovia
- Túneles del Perthus, Gerona
- Túnel Atocha - Nuevos Ministerios, Madrid

2.4 Reparación y refuerzo del hormigón



Martillo Combinado Hilti TE 76P-ATC

- 1400 W de potencia y 8 kg de peso.
- Ideal para taladros de hasta 40 mm Ø.
- Sistema ATC.
- Muy robusta.



Martillo Rompedor Hilti TE 905 AVR

- 11,3 kg de peso, 1600W de potencia.
- Sistema AVR de reducción de la vibración.
- Fácil y rápido sistema de cambio de cinceles.
- Menor cansancio y mayor rendimiento.



Conector especial SFV

- Manguito de conexión para varillas tipo Dywidag.
- Varilla extraíble cuando el encofrado deja de ser necesario.



Conector de hormigón HCC-B

- Calidad de la fijación asegurada mediante inyección interna.
- Posicionamiento y fijación precisa de corrugados.
- Sistema probado y homologado internacionalmente.



Ferroskan Hilti PS200

- Análisis y detección de armaduras.
- Mediciones y verificaciones de recubrimiento en grandes superficies.
- Permite análisis estadísticos.



Resina de alta adherencia Hilti HIT RE-500

- Altísimos valores de carga y adherencia, incluso en taladro húmedo y con broca de diamante.
- Cartucho único con auto-apertura y baja fuerza de dosificación.
- Inodora. Desechos mínimos. No perjudica el medio ambiente.
- Menos susceptible a taladros sucios y húmedos.



El reto de la aplicación

Como consecuencia de un deficiente dimensionamiento de la sección transversal, del ambiente corrosivo, o a causa de daños producidos por fuego, el revestimiento de hormigón de muchos túneles requiere tratamiento. Una retracción excesiva causante de fisuración, o un recubrimiento insuficiente que proteja el corrugado de la corrosión, son algunos de los fenómenos que exigen la eliminación y sustitución de algunas capas de hormigón.

Estas nuevas superposiciones de hormigón deben unirse a las ya existentes para formar una única unidad de transferencia de carga.

Adicionalmente, cuando se modifica la sección transversal de un túnel, es probable que no se pueda utilizar el sistema normal de encofrado o que se necesite un apuntalamiento adicional. En ocasiones, se necesitan revestimientos de hormigón adicionales, esto suele requerir conexiones de barras corrugadas a posteriori con resina, con el objeto de hacer solidario el hormigón del revestimiento inicial con el del revestimiento final.

La experiencia y solución de Hilti

Con objeto de detectar la posición exacta, incluido el recubrimiento, de las barras corrugadas del revestimiento, se puede emplear un equipo detección como el Ferroskan Hilti PS200, que permite incluso obtener un mapa del armado existente. Aunque en las grandes superficies la eliminación normalmente se lleva a cabo utilizando chorros de agua a presión o medios mecánicos pesados, los martillos rompedores como el Hilti TE 905 AVR han sido utilizados con éxito en áreas más pequeñas. Allí donde se requiera el desbaste de hormigón se puede utilizar el sistema con diamante Hilti DG150 con buenos resultados.

Finalmente el conector de hormigón Hilti HCC es un sistema de fijación especializado que ha sido diseñado para transferir las cargas de tracción y de corte entre el hormigón adicional y el existente, con la ayuda de la resina Hilti HIT RE-500. Debido a su forma especial permite el fácil acoplamiento y sujeción de las barras de armado a la distancia del paramento requerida, asegurando así el recubrimiento exigido.

Proyectos de referencia

- A2 Wassen, Suiza
- Pfändertunnel, Austria
- Wallenseestrasse, Suiza
- Túnel de Roffla, Suiza
- Túnel SKN Bernardino, Suiza

3.1 Soportación de bandejas de cables y tuberías



Sistema de montaje de carriles ligeros Hilti ML

- Óptimo para soportes eléctricos.
- Bajo peso para facilitar su manejo.
- Rápida instalación.



Sistema de carril Hilti MQ

- Versátil, con numerosos componentes especializados.
- Ocho perfiles de sección diferentes para un uso de material optimizado.



Sistema de soporte de tuberías Hilti MI

- Sistema industrial para la mayoría de estructuras soldadas de los túneles.
- Compatible con el sistema MQ.



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad
- Puede utilizarse en hormigón fisurado.



Láser en línea Hilti PML 32

- Autonivelado horizontal y vertical.
- Alta protección contra humedad y polvo.



Medidor Láser Hilti PD32

- Soporte de medición que puede utilizarse por una sola persona.
- Verificación de separación entre tuberías y longitudes hasta +/-1.5mm.

El reto de la aplicación

Entre el 15% y el 20% de la inversión total en túneles en la actualidad, guarda una relación directa con el equipamiento eléctrico y mecánico, así como con los correspondientes servicios de suministro. A pesar de que la vida útil de este tipo de instalaciones a menudo se encuentra significativamente por debajo de lo esperado para la estructura del túnel en si misma, la mayoría de estos proyectos, sin embargo, han de prestar una atención especial a la durabilidad de las fijaciones y soportes de las líneas de cableado y tuberías.

Además, la linealidad de la estructura requiere procesos de instalación industrial que no dejan lugar a la improvisación ni a las decisiones espontáneas.

La competencia y solución de Hilti

Con los sistemas de carril MI, MQ y ML, Hilti ofrece una extensa gama de dispositivos compatibles entre si diseñados para aguantar desde cargas de pocos cables hasta el peso de una tubería de 1000 mm de agua.

La solución del sistema también comprende la más amplia selección en tecnología de fijación y perforación, abarcando un gran número de materiales y clases de protección anticorrosión.

Para incrementar su productividad, las herramientas de posicionamiento láser ayudan a ahorrar en la parte más cara del trabajo, mano de obra principalmente. Además de lo que usted pueda encontrar en el catálogo general, las instalaciones en túneles, requieren en muchas ocasiones diseños particulares, tales como carriles curvos o piezas especiales. A todos estos requerimientos Hilti estará encantado de darle soporte técnico y solución a medida.

Proyectos de referencia

- Uetlibergtunnel, Suiza
- Túnel de Monts, Francia
- Metro de Praga, República Checa
- Dresden Coschütz/Dölzsch, Alemania
- Túnel de Soterramiento Línea 400kV, Aeropuerto de Madrid
- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid

3.2 Soportación de tubería contra incendios y “sprinklers”



Hilti HSC-R anclaje de seguridad

- Certificado para cargas de choque.
- Poca profundidad de taladro con altas cargas.



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad.
- Puede utilizarse en hormigón fisurado (retracción).



Martillo perforador Hilti TE 16-M

- Rendimiento óptimo para perforaciones hasta 20 mm.
- Plena versatilidad con selección de dos modos: percutor o rotor.



Láser Rotativo Hilti PR 25

- Diseño reforzado y protección antipolvo.
- Fácil alineado y posicionamiento hasta 200 m.



Medidor Láser Hilti PD 32

- Soporte de marcación que puede utilizarse por una sola persona.
- Verificación de separación entre tuberías y longitudes hasta +/-1.5mm.



El reto de la aplicación

Cada vez más túneles se encuentran protegidos mediante sistemas de sprinklers y últimamente algunos incluso con sistemas altamente avanzados de agua nebulizada. Cuando los sprinklers entran en funcionamiento, el golpe de ariete del agua en el sistema de tuberías ejerce sobre las fijaciones unas fuerzas similares a las de choque, muy significativas, pero difíciles de calcular. Normalmente, las tuberías contra incendios se encuentran fijadas a lo largo de los túneles. La resistencia de los anclajes es esencial para asegurar el buen funcionamiento de los sprinklers y por tanto, la seguridad de los usuarios del túnel. Es preciso destacar, que los anclajes deben estar ensayados en condiciones de incendio en túneles, dado que se debe asegurar el funcionamiento del conjunto precisamente cuando existe un incendio.

Se deben hacer consideraciones adicionales para cumplir con los requerimientos relativos a la corrosión durante la vida útil del túnel.

La experiencia y solución de Hilti

El diseño de anclajes para cargas dinámicas y situaciones de incendio es uno de los puntos fuertes de Hilti. Se han realizado cientos de ensayos y obtenido numerosas certificaciones que han permitido el cálculo exacto y una optimización significativa como resultado del conocimiento extensivo sobre el comportamiento de los anclajes Hilti.

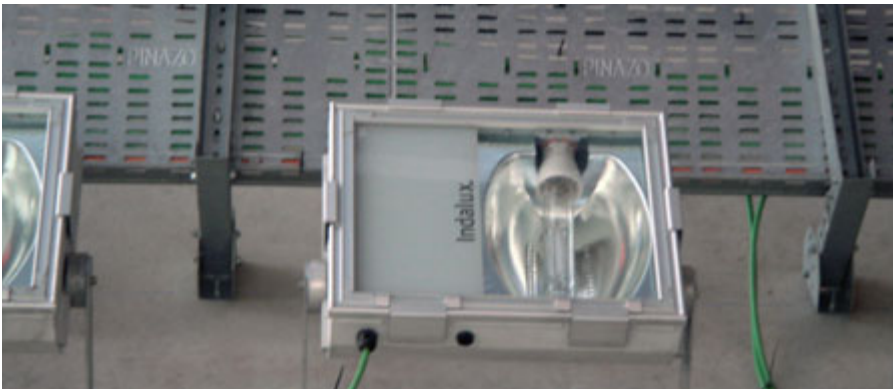
Anclajes con autoexcavado para aplicaciones en serie como el HSC han sido utilizados con gran éxito en relación a la transmisión del impacto de los sistemas de aspersión a la estructura del túnel.

Además, la tecnología de perforación Hilti (martillos perforadores y de diamante) así como los sistemas láser para la alineación de anclajes solo puede obtenerse de un proveedor experto.

Proyectos de referencia

- Túnel Betuwe, Países Bajos
- Socatop, Francia
- Túnel de Stammham, Alemania
- Túnel Königstuhl, Alemania
- Túnel Wilsecker, Alemania
- 30 Túneles en NBS; Köln-Rhein/Main, Alemania

3.3 Sistemas de iluminación



El reto de la aplicación

La iluminación y los cables de alimentación han de ser fijados en prácticamente la totalidad de los túneles. Dependiendo del tipo de túnel (de tren o carretera), el aspecto corrosivo de la fijación se convertirá con frecuencia en una consideración importante para evitar cualquier fallo a lo largo de la vida útil del túnel. Además, la instalación eléctrica es un componente esencial del sistema de evacuación en caso de producirse un incendio.

Tanto en los proyectos de nueva construcción como en los de rehabilitación, los sistemas de iluminación de emergencia se instalan como complemento de la iluminación normal. Las fijaciones han de ser capaces de soportar las temperaturas que llegan a producirse en los incendios de túneles.

Competencia y solución Hilti

Muchos son los sistemas de iluminación que se utilizan en los túneles. Algunos se fijan directamente al techo y otros en las bandejas que llevan los cables de alimentación. Incluso, otros se sitúan en sofisticadas estructuras de metal a base de carriles.

Hilti ofrece una gama extensa de anclajes, herramientas de fijación directa DX, y sistemas de carril a los que se ajustan casi todos los diseños. El uso de dichos dispositivos específicos permite la aplicación del software de diseño Hilti y reduce el número de incompatibilidades entre componentes.

Allí donde se requiera, Hilti puede proporcionar pruebas de resistencia al fuego y asesoramiento profesional tanto para la empresa misma como para otras organizaciones independientes.

Proyectos de referencia

- Túnel San Bernardino, Suiza
- Periférico de Paris, Francia
- Túnel Helleberg, Alemania
- Túnel Escherberg, Alemania
- Túnel Landrücken, Alemania
- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid



Anclaje espárrago estándar Hilti HSA

- Enorme variedad de métricas y longitudes.
- Gran longitud de rosca.
- Seguridad: marcado en cabeza, anillo azul de profundidad.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad.
- Puede utilizarse en hormigón fisurado (retracción).



Martillo perforador Hilti TE 16-M

- Rendimiento óptimo para perforaciones hasta 20 mm.
- Plena versatilidad con selección de dos modos: percutor o rotor.



Grapa metálica Hilti X-FB

- Rápida instalación.
- Buen comportamiento frente al fuego.



Sistema de carril Hilti MQ

- Versátil, con numerosos componentes especializados.
- Ocho perfiles de canal diferentes para un uso de material optimizado.



Láser Rotativo Hilti PR 25

- Diseño reforzado y protección antipolvo.
- Fácil alineado y posicionamiento hasta 200 m.

3.4 Señalización, radio y equipamiento de seguridad



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad.
- Puede utilizarse en hormigón fisurado (retracción).



Sistema de anclaje químico Hilti HVZ

- Altas cargas, incluso con fatiga por cargas cíclicas de viento.
- Disponible en acero HCR (Alta resistencia anticorrosión).



Sistema de carril Hilti MQ

- Versátil, con numerosos componentes especializados.
- Ocho perfiles de canal diferentes para un uso de material optimizado.



Láser Rotativo Hilti PR 25

- Diseño reforzado y protección antipolvo.
- Fácil alineado y posicionamiento hasta 200 m.



Martillo perforador Hilti TE 16-M

- Rendimiento óptimo para perforaciones hasta 20 mm.
- Plena versatilidad con selección de dos modos: percusión / rotación.



El reto de la aplicación

Los túneles modernos están equipados con numerosos sistemas de comunicación, información y seguridad: Señalización del tráfico, cables de comunicaciones móviles y de radio, o cámaras; y todos ellos necesitan sistemas de sujeción y fijación que soporten las severas condiciones de corrosión presentes en los túneles. Dada la multitud de aplicaciones, el rango de requerimientos aplicables a los sistemas de fijación en términos de nivel de carga y dirección, tipo de anclaje, protección anticorrosión, consideraciones económicas etc. es casi ilimitado.

La experiencia y solución de Hilti

En vista de las numerosas aplicaciones y exigencias, Hilti ofrece una de las más extensas gamas del mundo en productos de fijación y soporte. Diferentes tipos, variedades, tamaños, longitudes y diámetros de anclajes fabricados en multitud de materiales están disponibles en stock. Y si alguno no estuviera entre los estándares, Hilti cuenta con décadas de experiencia en fabricación de soluciones a medida. Estos productos de fijación están siempre respaldados por la última tecnología que posibilita la perforación y la medición con una sola mano.

Proyectos de referencia

- Götatunnel, Suecia
- Túneles Walensee, Suiza
- Metro de Berlín, Alemania
- Túnel Wilsecker, Alemania
- Túnel del Valle de los Caídos, Segovia
- Túnel de Vielha, Lleida
- M-30. By-Pass Sur, Madrid

4.1 Ventiladores de extracción



El reto de la aplicación

La ventilación natural sólo es aceptable en túneles cortos, ya que a partir de una cierta longitud, es preciso forzar la circulación de aire fresco a lo largo del túnel. La forma de ventilación forzada más sencilla es la llamada ventilación longitudinal, en la que la circulación de aire se logra por medio de unos ventiladores de extracción, colocados directamente en la clave del túnel sobre el tráfico rodado. Llegando a valores de hasta 2 toneladas, se trata de las piezas más pesadas del equipamiento de un túnel, y además de su peso, la fijación puede estar sometida a cargas dinámicas procedentes del desequilibrio que originan las hélices descompensadas o de las presiones de viento inducidas por el tráfico.

Los altos requerimientos de seguridad también se manifiestan en el uso de varios cables o cadenas de seguridad diseñados para sostener el ventilador por si los anclajes llegasen a fallar.

Los altos estándares relativos a la resistencia frente a la corrosión de los anclajes, la carga dinámica, y las fisuras en el hormigón son la regla general.

La experiencia y solución de Hilti

Estos requerimientos se reflejan en los numerosos códigos y normativas de ámbito nacional que rigen este tipo de aplicaciones. En general se exigen fijaciones resistentes a cargas dinámicas, y con buen comportamiento frente al fuego incluso en hormigón fisurado. Dada la incomodidad que supone la fijación de anclajes a techo, se necesitan anclajes rápidos y sencillos de colocar, con diámetro y profundidad de taladro lo más reducido posible. Hilti ofrece una amplia gama de fijaciones:

- Anclajes químicos Hilti como los HVZ, HVU en acero inoxidable.
- Anclajes mecánicos Hilti como el HDA, HSC, HSL-3 y HST, en varios grados de acero inoxidable.

La tecnología de Hilti en sistemas de taladro electroneumático y de perforación con diamante complementan la oferta.

Proyectos de referencia

- Túnel Betuwe, Países Bajos
- Túnel de Socatop, Francia
- Túnel de Stammham, Alemania
- Túnel del Sardinero, Santander
- Túneles del Negrón, Asturias
- Túneles de Guadarrama, Madrid - Segovia
- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid
- Túneles de Somosierra, Madrid



Martillo rotatorio Hilti TE-16

- Diseño compacto. Potente y cómodo.
- Taladros repetitivos en el entorno de 20 mm de diámetro.
- Tecnología avanzada.
- Alto rendimiento y fiabilidad. Larga vida útil.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje químico Hilti HVZ con varilla Hilti HAS-TZ

- Curado rápido, fácil y rápida colocación.
- Altas cargas, incluso cerca de borde y poca distancia entre anclajes.
- Cargas dinámicas y hormigón fisurado.
- Ensayado bajo la curva de fuego de túneles.
- Homologado internacionalmente: Máxima fiabilidad.



Anclaje químico Hilti HVU con varilla Hilti HAS

- Curado rápido, fácil y rápida colocación.
- Altísimos valores de carga.
- Cápsula plástica de gran resistencia, sin roturas.
- Amplia gama en diámetros y longitudes.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje de seguridad por socavado Hilti HSC-A

- Anclaje con autoexcavado.
- Poca profundidad de perforación.
- Altas cargas con distancias pequeñas entre anclajes y a bordes.
- Buen comportamiento al fuego y en hormigón fisurado.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente:

4.2 Falso techo para ventilación transversal



Martillo rotatorio Hilti TE-56 ATC

- Potencia de 1.100 W y 6,6 kg de peso.
- Alta productividad en Ø de 20-32 mm.
- Máxima seguridad. Sistema ATC para protección del usuario frente a enganchones.
- Opción de cincelado.



Brocas Hilti TE-YX

- Cabeza de metal duro con máxima superficie de corte.
- Mayor vida útil, menor desgaste (hasta un 50% más de taladros).
- Mayor rapidez de perforación.
- Mayor resistencia frente a golpeo de corrugados.



Anclaje de seguridad Hilti HSL-3

- Resistencia a cargas dinámicas y de impacto.
- Resistente al fuego.
- El anclaje puede ser reapretado.
- Gran rendimiento en hormigón fisurado.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



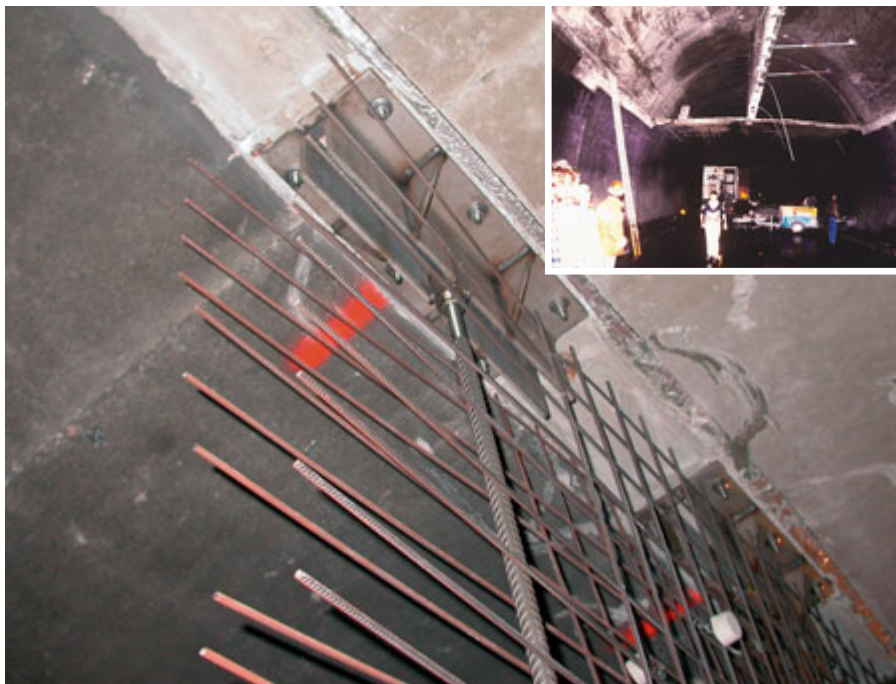
Resina de alta adherencia Hilti HIT RE-500

- Altísimos valores de carga y adherencia, incluso en taladro húmedo y con broca de diamante.
- Cartucho único con auto-apertura y baja fuerza de dosificación.
- Inodora. Desechos mínimos. No perjudica el medio ambiente.
- Menos susceptible a taladros sucios y húmedos.



Aplicador neumático Hilti P 8000D

- Para cartuchos jumbo de 1400 ml.
- Ideal para aplicaciones en serie.
- Con control de dosificación.
- Funciona con compresor de aire (8 bar, 250 l/min).



El reto de la aplicación

La ventilación longitudinal es generalmente aceptable para túneles de mediana longitud, en los que la concentración de gases contaminantes no sea muy elevada. No obstante, para túneles largos y con gran intensidad de tráfico, es recomendable acudir a un sistema de ventilación transversal. En este caso, tanto el aire fresco como el aire viciado, circulan a lo largo del túnel por unos conductos situados, generalmente, en la clave del túnel, separados de la zona ocupada por los vehículos por un falso techo y con un tabique divisorio entre ambos. Uniformemente, a lo largo de la longitud del túnel, se impulsa aire fresco a su interior y se aspira el aire viciado.

La experiencia y solución de Hilti

Existen muy diversas maneras de ejecutar el falso techo de separación de aire. Una solución muy extendida es la fijación de unas ménsulas metálicas corridas a lo largo de todo el túnel mediante anclajes de seguridad, sobre las que se apoyarán losas prefabricadas aligeradas de hormigón. Dadas las elevadas cargas existentes sobre la ménsula y la seguridad exigida en servicio y en caso de incendio, al circular tráfico rodado bajo la misma, se hace necesario el empleo de anclajes de seguridad como el anclaje Hilti HSL-3.

En lugar de ménsulas metálicas, otra posibilidad es la construcción de ménsulas cortas de hormigón, mediante la fijación de barras corrugadas con resina. La resina inyectable de altísima adherencia Hilti HIT-RE 500, o bien la resina Hilti HIT-HY 150 de curado rápido, serán capaces de cumplir con todas las exigencias de resistencia, durabilidad, comportamiento en caso de incendio, etc. Por otro lado, el tabique de separación de aire fresco y aire viciado puede utilizarse también estructuralmente, funcionando como apoyo intermedio del falso techo, para lo cual deberá estar convenientemente anclado tanto al revestimiento de hormigón de la clave como al propio falso techo. Para este fin, es esencial nuevamente la fijación de barras corrugadas con resina.

Proyectos de referencia

- Túnel de Plabutsch, Austria
- Túnel de Felbertavern, Austria
- Túnel de Sunnernberg, Suiza
- Túnel de San Gotardo, Suiza
- Túnel de Plander, Austria
- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid

4.3 Paneles de revestimiento



El reto de la aplicación

La mayor parte de túneles de carretera actuales, especialmente aquellos situados en zonas urbanas o que soportan gran intensidad de tráfico incorporan un revestimiento de paneles de fibra de vidrio o chapa de aluminio. Las consideraciones de seguridad y estéticas suelen constituir el objetivo principal, no considerándose ninguna función resistente.

En términos de protección contra incendios, los paneles contribuyen a la protección del revestimiento de hormigón. Asimismo, mejoran el índice de luminosidad del túnel, facilitan la limpieza, y la absorción del sonido especialmente en la entrada. Por otro lado, debido a su baja rugosidad, contribuye a reducir el coste del sistema de ventilación. Otra característica interesante, es la integración de las instalaciones entre los propios paneles y el revestimiento de hormigón.

La susceptibilidad ante cargas de succión y compresión derivadas del paso de vehículos, exige una elevada resistencia de fatiga de las fijaciones. Por otra parte, la presencia de agentes corrosivos y humedad en los túneles, hace de la corrosión otro de los grandes factores a tener en cuenta. Sin olvidar la resistencia frente al fuego, nada despreciable en caso de catástrofe.

La experiencia y solución de Hilti

La instalación de paneles de revestimiento exige la colocación previa de anclajes para fijación de una subestructura, generalmente de acero inoxidable. La instalación debe ser rápida y precisa, de ahí que en ocasiones se hayan utilizado sistemas automáticos de taladro. Si nos referimos a cargas dinámicas pesadas, los sistemas de anclaje químico –como el de cápsulas Hilti HVZ– son los más adecuados. En otros casos no tan extremos, suelen utilizarse anclajes mecánicos de impacto Hilti HKD, con rosca interna, para fijación de varilla roscada, o bien de expansión tipo Hilti HST. Debido a las dificultades de acceso para poder inspeccionarlo, el acero inoxidable de alto grado suele ser lo más solicitado.

Si se trata de fijar las subestructuras del revestimiento a perfiles de acero, la fijación de disparo directo, con clavos inoxidable Hilti X-CRM proporciona unas ventajas y rapidez muy significativas, al tiempo que permite altos valores de carga.

Proyectos de referencia

- Túneles M-30. By-Pass Sur, Madrid
- Túnel de Cuatro Caminos, Madrid
- Túneles del Pardo. M-40, Madrid
- Túneles del Sardinero, Santander



Martillo rotatorio Hilti TE-16

- Diseño compacto. Potente y cómodo.
- Taladros repetitivos en el entorno de 20 mm de diámetro.
- Tecnología avanzada.
- Alto rendimiento y fiabilidad. Larga vida útil.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje de expansión con rosca interna Hilti HKD

- Profundidad de empotramiento pequeña.
- Versátil y sencillo de colocar.
- Resistente al fuego.
- Homologado internacionalmente: Máxima fiabilidad.



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad.
- Puede utilizarse en hormigón fisurado (retracción).



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 462

- Guía clavos especializado en la colocación de pernos.
- Totalmente automática.
- Montaje y desmontaje de la herramienta a mano.
- Gran facilidad y comodidad de manejo.



Perno de disparo Hilti X-CRM

- Acero inoxidable de alto contenido en Cr y Ni.
- Resistente a atmósferas muy agresivas.

4.4 Paneles de protección contra incendios



Martillo perforador Hilti TE-2

- Muy ligero y ergonómico.
- Óptimo para taladros en serie de pequeño diámetro.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje de espárrago Hilti HST

- Anclaje económico para fijaciones de alta seguridad.
- Puede utilizarse en hormigón fisurado (retracción).



Sistema de carril Hilti MQ

- Versátil, con numerosos componentes especializados.
- Ocho perfiles de canal diferentes para un uso de material optimizado.



Atornilladora Hilti ST 1800

- Selector de par de apriete 1 – 22 N·m.
- Función tope de profundidad.



Tornillo autotaladrante Hilti S-MD 53 S 5,5x50

- Punta de broca de acero endurecido.
- Acero inoxidable. Gran durabilidad.



El reto de la aplicación

Los incendios en túneles producen temperaturas extremadamente altas en lapsos de tiempo muy reducidos, causando entre otros daños el descantillado explosivo del revestimiento de hormigón (spalling). Para evitar daños estructurales importantes en el hormigón la temperatura en su superficie no debería sobrepasar los 380°C. Una de las formas de mantener las temperaturas del hormigón estructural por debajo de límites aceptables aún en caso de incendio, es la utilización de paneles prefabricados de silicato de protección frente al fuego, de unos pocos centímetros de espesor. Aparte de sus propiedades frente al fuego, los paneles de revestimiento deben ser resistentes al agua y gases nocivos, y poseer una adecuada resistencia a flexión, con el objeto de resistir las succiones y presiones debidas al tráfico. Asimismo, es deseable que su superficie permita ser limpiada con facilidad. En túneles con paredes curvas, es posible utilizar paneles curvados a tal efecto.

La experiencia y solución de Hilti

Desde 1981, Hilti no ha dejado de compilar datos sobre el comportamiento de anclajes químicos y mecánicos en circunstancias de fuego. El conocimiento resultante ha sido complementado con un entendimiento integral de la resistencia contra el fuego de los anclajes adquirido durante cientos de test realizados tanto por nuestros expertos, como por especialistas independientes. Los anclajes de fijación de los paneles están expuestos tanto al ambiente corrosivo del túnel, como a las cargas cíclicas de succión por viento durante toda su vida útil. Por supuesto, una resistencia adecuada ante el fuego es imprescindible. Dependiendo del sistema, los paneles se pueden fijar al revestimiento de hormigón a través de una estructura metálica, o con el sistema de carril Hilti MQ, o bien directamente al paramento. En éste último caso debido a la ligereza de los paneles, lo más habitual es el empleo de anclajes mecánicos ligeros, pero con buen comportamiento frente al fuego, como el anclaje Hilti HST, disponiéndose del orden de 4 a 6 fijaciones / m². En caso de fijación a estructura metálica, lo habitual es el empleo de tornillos autotaladrantes inoxidables con el S-MD 53 S 5,5x50, ideal para espesores de panel de hasta 30 mm y espesores de perfil de acero del orden de 2,5 – 3,5 mm. Para este trabajo la atornilladora Hilti ST 1800 resulta especialmente indicada.

Proyectos de referencia

- Túnel de María de Molina, Madrid
- Túnel del Fejus, Francia
- Túnel Tokyo Chinmai, Japón

4.5 Mallazo para mortero de protección contra el fuego



El reto de la aplicación

Las temperaturas hasta 1300°C que se producen a los pocos minutos de comenzar el fuego pueden causar daños significativos a las estructuras de hormigón. Además de los paneles de revestimiento comentados en el epígrafe anterior, también es posible utilizar morteros proyectados resistentes al fuego. Debido a su relativo bajo coste, suelen competir con los sistemas convencionales, si bien debe prestarse especial atención a la adherencia del mortero al sustrato. Precisamente, para reforzar aquellas secciones cuya unión con el sustrato no sea buena, suele fijarse un mallazo al material de base. Hay que tener en cuenta además, que para que sean efectivos estos morteros se aplican generalmente con un espesor de 30-50 mm, espesor de por sí considerable como para ir sin mallazo de refuerzo. Por tanto, debe utilizarse una solución económica de fijación del mallazo que, sin embargo, pueda resistir tanto el fuego como el posible ataque corrosivo.

La experiencia y solución de Hilti

Los anclajes suministrados por Hilti son solo parte de la solución completa. Normalmente el ideal buscado por los diseñadores y aplicadores es un sistema armonizado de mortero, mallazo y solución de fijación que haya sido ensayado conjuntamente. Hilti trabaja por tanto con distintos proveedores de los campos relevantes para desarrollar y testar las soluciones adecuadas. Dependiendo de los requerimientos, el uso conjunto de las herramientas de fijación directa DX y los anclajes Hilti HSA han obtenido unos resultados óptimos. En la mayoría de los casos, se han seleccionado fijaciones de acero inoxidable y mallazo.

Proyectos de referencia

- Túnel Brünnen, Suiza
- Túnel de Foix, Francia



Herramienta de Fijación Directa Hilti DX 462

- Guía clavos especializado en la colocación de pernos.
- Totalmente automática.
- Montaje y desmontaje de la herramienta a mano.
- Gran facilidad y comodidad de manejo.



Clavos de acero inoxidable Hilti X-CR 48 S15

- Instalación muy rápida.
- Material de acero inoxidable equiparable al grado 1.4546.



Martillo perforador Hilti TE-2

- Muy ligero y ergonómico.
- Óptimo para taladros en serie de pequeño diámetro.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje espárrago estándar Hilti HSA

- Enorme variedad de métricas y longitudes.
- Gran longitud de rosca.
- Seguridad: marcado en cabeza, anillo azul de profundidad.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.

5.1 Línea aérea de contacto (catenaria)



Anclaje químico Hilti HVZ con varilla Hilti HAS-TZ

- Curado rápido, fácil y rápida colocación.
- Altas cargas, incluso cerca de borde y poca distancia entre anclajes.
- Cargas dinámicas y hormigón fisurado.
- Ensayado bajo la curva de fuego de túneles.
- Homologado internacionalmente: Máxima fiabilidad.



Anclaje de seguridad por socavado Hilti HSC-A

- Anclaje con autoexcavado.
- Poca profundidad de perforación.
- Altas cargas con distancias pequeñas entre anclajes y a bordes.
- Buen comportamiento al fuego y en hormigón fisurado.
- Homologado internacionalmente: máxima fiabilidad.



Martillo rotatorio Hilti TE-56 ATC

- Potencia de 1.100 W y 6,6 kg de peso.
- Alta productividad en diámetros de 20 – 32 mm.
- Máxima seguridad. Sistema ATC para protección del usuario frente a enganches.
- Opción de cincelado.



Herramienta manual de diamante Hilti DD EC 1

- Taladros en húmedo entre 8 y 35 mm de diámetro, a mano.
- Gran velocidad de taladro.
- Precisa y potente, simple de usar.
- Portátil, limpia y silenciosa.
- Gran comodidad de trabajo.



El reto de la aplicación

Los principales puntos a tener en cuenta a la hora de fijar la catenaria en un túnel son: resistencia frente a esfuerzos dinámicos (paso de trenes a gran velocidad), y la resistencia a la corrosión (humedad y corrientes parásitas). Dada la corriente eléctrica que transporta el cable de la catenaria, cualquier parte metálica está potencialmente sujeta a corrientes parásitas, que pueden acelerar el proceso de corrosión, lo cual exige prestar una especial atención.

En los túneles, la catenaria se fija a la bóveda de hormigón, siendo habitual una gran densidad de armadura, especialmente en túneles excavados con tuneladora. La posición final de los distintos elementos admite poca tolerancia, lo cual hace que a menudo la perforación sea un reto; haciéndose conveniente el empleo de sistemas de perforación con diamante.

La experiencia y solución de Hilti

Hilti ofrece una gama completa de productos de anclaje, capaces de cumplir con los requisitos de las aplicaciones más exigentes, satisfaciendo las normativas de diseño, o los requerimientos locales allí donde sea necesario. También es posible para Hilti desarrollar productos "a medida", para satisfacer requerimientos particulares.

Los sistemas de anclajes químicos preferidos para esta aplicación son:

- Los sistemas de cápsulas químicas: Hilti HVZ con varilla especial Hilti HAS-TZ y Hilti HVU con varilla roscada Hilti HAS, debido a su facilidad de colocación a techo y su rápido fraguado, que permite una rápida puesta en carga.

Por su parte, los sistemas de anclaje mecánicos preferidos para esta aplicación son:

- Anclaje tipo espárrago Hilti HST, con perfecto funcionamiento incluso en hormigón fisurado, y con una gran variedad de gama de diámetros, longitudes y tratamientos de protección frente a la corrosión.
- Anclaje de socavado Hilti HSC, de pequeña profundidad de taladro y de fácil instalación por su tecnología de autoexcavado, al que se une su buen comportamiento frente a cargas dinámicas.

Hilti puede suministrar también la tecnología adecuada para la perforación, así como herramientas robóticas para realizarla, o plantillas de taladro y láser para alinear la instalación.

Proyectos de referencia

- Túnel del Canal, Gran Bretaña
- Lötschbergtunnel, Suiza
- Túnel de Tabladillo, Segovia
- Metro de Berlín, Alemania
- Metro de Nápoles, Italia
- Metro de Madrid, Madrid

5.2 Pasamanos



El reto de la aplicación

En grandes túneles ferroviarios es preciso asegurar una adecuada evacuación de las personas en caso de accidente en el interior del mismo. Para ello se deben prever unas rutas de evacuación laterales con anchura superior a un metro, bien señalizadas e iluminadas, libres de obstáculos, con suelo antideslizante, y con pasamanos a un lado. La función del pasamanos es el guiado de las personas, entendiendo que existe la posibilidad de condiciones de muy baja visibilidad. Los pasamanos y las correspondientes fijaciones deberían ser suficientemente resistentes como para soportar una carga horizontal distribuida del orden de 100 kg/m tanto en horizontal como en vertical.

La experiencia y solución de Hilti

Se trata de una aplicación repetitiva en la que es preciso realizar un gran número de taladros en serie a lo largo del túnel. El criterio fundamental en relación al sistema elegido es la sencillez de colocación y la economía. Para ello lo más habitual es el empleo de anclajes mecánicos tipo espárrago, como el Hilti HSA; o bien anclajes mecánicos de chapa como el Hilti HLC, ambos en métricas pequeñas del tipo M8 o M10.

Proyectos de referencia

- Túnel de Guadarrama, Madrid-Segovia
- Túnel de Tabladillo, Segovia
- Túnel de Abdalajís, Málaga



Martillo combinado ligero Hilti TE-7C

- El martillo combinado más ligero 3,2 kg.
- Poderoso mecanismo de percusión.
- Gran rendimiento y velocidad de perforación.
- Porta brocas tipo "click", cambio rápido de broca.



Martillo combinado ligero de batería Hilti TE-7A

- Versión a batería del Hilti TE-7C.
- Óptimo para trabajos autónomos.
- Gran duración de la batería.
- Cincelado de corrección ocasional.



Brocas Hilti TE-C3X

- Nueva cabeza: mayor vida útil, mayor rendimiento.
- Nueva hélice: mejor desalojo del material, mayor productividad.



Anclaje espárrago estándar Hilti HSA

- Enorme variedad de métricas y longitudes.
- Gran longitud de rosca.
- Seguridad: marcado en cabeza, anillo azul de profundidad.
- Máxima fiabilidad: Homologado internacionalmente.



Anclaje de chapa Hilti HLC

- Económico y sencillo de colocar.
- Pequeña profundidad de taladro.
- Aletas que impiden giro en el taladro.
- Desmontable.

5.3 Sistema Hilti para Fijación de Vía en Placa



Anclajes de ferrocarril Hilti HRA, HRT, HRC, HRT-WH

- Completamente ensayados para cargas de fatiga.
- Manguito de plástico o resina de inyección que aportan una protección contra corrientes parásitas.



Resina de alta adherencia Hilti HIT RE-500

- Altísimos valores de carga y adherencia, incluso en taladro húmedo y con broca de diamante.
- Cartucho único con auto-apertura y baja fuerza de dosificación.
- Inodora. Desechos mínimos.
- No perjudica el medio ambiente.
- Menos susceptible a taladros sucios y húmedos.



Aplicador neumático Hilti P 8000D

- Para cartuchos jumbo de 1400 ml.
- Ideal para aplicaciones en serie.
- Con control de dosificación.
- Funciona con compresor de aire (8 bar, 250 l/min).



Sistema de perforación con diamante Hilti DD 130

- Manejable con la mano o montada en columna para una mayor flexibilidad.



Medidor Láser Hilti PD 32

- Soporte de marcación que puede utilizarse por una sola persona.
- Verificación de separación entre tuberías y longitudes hasta +/-1.5mm.



El reto de la aplicación

Para la mayoría de los túneles actuales de ferrocarril o metro se prefiere un sistema de vía sobre losa de hormigón (vía en placa). Las fijaciones están sujetas a cargas cíclicas muy altas que hacen de la fatiga el factor más importante a tener en cuenta en su diseño. Además, las corrientes parásitas y los efectos corrosivos correspondientes son un elemento principal a considerar. Debido al gran volumen de la aplicación es esencial el proceso profesional de colocación.

Una decisión a tiempo sobre el sistema de fijación puede en muchos casos, permitir una reducción de coste importante disminuyendo la sección transversal requerida.

La experiencia y solución de Hilti

Hilti ofrece tres tipos principales de anclajes para ferrocarril (HRA, HRT, HRC) diseñados para transferir de forma segura las cargas axiales del raíl a la estructura de hormigón. Como no hay dos túneles iguales, y los requerimientos varían de un país a otro, estos están disponibles con muchas variantes. Donde se han necesitado, se han diseñado soluciones más sencillas.

Además, Hilti proporciona una selección completa de equipos de perforación, colocación y alineamiento que satisfaga el enfoque industrial de la instalación profesional de carriles de hoy en día.

Por último, existe la posibilidad de utilizar el sistema Hilti tanto en la opción original taladrada (ejecución de losa, nivelación de vía, taladro), como en la opción embebida (nivelación de vía, posicionamiento de anclajes, ejecución de losa). Ésto supone una gran versatilidad, muy apreciada por los contratistas.

Proyectos de referencia

- Ferrocarril Perth Light, Australia
- Metro de Londres, Reino Unido
- Metro Milán, Italia
- Metro de Nueva York, E.E.U.U.
- Tranvía Milano-Ginisello
- Metro de Madrid, Madrid
- Estación de AVE Segovia, Madrid
- Metro de Palma, Mallorca
- Estación de AVE Atocha, Madrid
- Estación de AVE Delicias, Zaragoza

*Para ampliar esta información solicite el Manual específico sobre el Sistema Hilti para Vía en Placa en el Servicio de Atención al Cliente 902 100 475.

Competencia especializada



Corrosión, fuego y cargas dinámicas

Aunque existen muchas facetas en las que la experiencia de Hilti puede contribuir durante el proceso de diseño, la corrosión, la resistencia al fuego, y el comportamiento frente a cargas dinámicas normalmente se encuentran a la cabeza de la lista de prioridades de cualquier ingeniero de túneles.

Para Hilti la clave siempre ha sido el entendimiento real de las necesidades del Cliente en referencia a una aplicación determinada. Por tanto ha contraído la responsabilidad de traducirlas, simplemente, en una buena solución.

La competencia de Hilti se extiende más allá del mero conocimiento de los códigos y normativas. Nuestra investigación suele proporcionar las bases para los estándares al tiempo que introduce la innovación.



Seguridad para toda la vida



Experiencia en corrosión y materiales

El ambiente de los túneles es conocido por su alto factor de corrosión debido a los gases de escape, el polvo, la humedad, la presencia de sal, y otras influencias. Ello conlleva una gran aceleración en la velocidad de corrosión del acero, pudiendo incluso originar fragilidad en aceros de alta resistencia. En el acero inoxidable estos agentes pueden causar corrosión por picadura o agrietamiento, lo que puede acelerar la fisuración, que es quizás la forma de corrosión más peligrosa.

Hilti comenzó a realizar estudios de exposición en túneles reales en 1981 ya que los ensayos de laboratorio a corto plazo eran insuficientes como fuente única de información.

A lo largo de décadas, Hilti ha ensayado:

- Numerosos tipos de acero inoxidable y al carbono, inclusive aquellos grados altamente resistentes
- Aleaciones de titanio, aluminio y níquel
- Muestras de varios fabricantes
- Productos de varias geometrías

Estas muestras han sido expuestas al ambiente de ocho túneles ferroviarios y de carretera. Para poder simular las cargas de servicio algunos de los pernos fueron sometidos previamente a condiciones extremas.

El análisis subsiguiente incluye la investigación con microscopio y ensayo de carga, realizando comparaciones con muestras de referencia no expuestas, del mismo material.

Estos experimentos in situ están respaldados por los laboratorios especializados en corrosión de Hilti concentrados en:

- Simular las condiciones reales de la aplicación (contaminantes, temperatura, humedad etc.)
- Ensayar la corrosión acelerada

Para complementar la experiencia en la materia, Hilti también coopera con Instituciones Académicas como la Escuela Técnica Superior, ETH, de Zurich en Suiza; la Universidad Montan Leoben en Austria y la Universidad de Stuttgart en Alemania. Los resultados de los ensayos de Hilti han ejercido una influencia significativa en los códigos y normativas así como en los debates académicos relacionados.

Sendas actividades han dado como resultado la base de datos sobre corrosión en túneles más extensa del mundo. Esta se utiliza para optimizar la protección anticorrosión específica en un túnel o aplicación particular.

De hecho es esta capacidad para la optimización económica de estructuras de un modo seguro, la que muchos Clientes observan como la mayor fortaleza de Hilti en cuanto a aplicaciones de túneles se refiere.



Experiencia Hilti en Protección Pasiva contra el fuego

Foto: Arno Balzarini



Experiencia en seguridad contra el fuego

Las décadas de actividad de Hilti en el campo de la protección pasiva contra incendios han consistido básicamente en los siguientes campos de aplicación:

- protección contra el fuego de componentes estructurales.
- resistencia ante el fuego de los sistemas de fijación.
- sistemas de sellado de pasos de instalaciones y juntas de construcción.

El acero y el hormigón sufren el impacto de temperaturas muy altas. Los incendios en los túneles hacen que se lleguen a alcanzar hasta 1300°C en periodos de tiempo muy cortos. Las estructuras de los túneles normalmente están protegidas con paneles de protección contra el fuego o aditivos específicos para el hormigón. En ambos casos se necesitan sistemas de fijación bien para sostener los paneles o, en el caso de los morteros, para el mallazo de refuerzo.

Hilti trabaja conjuntamente con fabricantes de sistemas de protección contra el fuego muy experimentados que suministran soluciones a medida.

Como líder mundial en tecnología de fijación, Hilti se ha concentrado desde hace tiempo en cualificar sus productos en lo que respecta a la resistencia ignífuga. Ello se traslada

tanto a los anclajes químicos, como a los mecánicos, a las herramientas de fijación directa DX y a los sistemas de soporte de carril. De hecho, Hilti utiliza sus propios hornos de ensayo para conseguir el conocimiento básico necesario. Hilti también trabaja con organizaciones externas en la realización de evaluaciones de incendios independientes.

Este compromiso a largo plazo realizando exámenes exhaustivos sobre el fuego nos ha reportado quizás la cartera de productos ignífugos más extensa del mundo. Hilti es el líder del mercado en productos de sellado de protección pasiva contra el fuego diseñados para sellar pasos de instalaciones en estructuras resistentes, y juntas de construcción.

Sin embargo la experiencia de Hilti no solo se refiere al producto en sí. El valor añadido para nuestro Cliente se genera cuando además se cuenta con un producto de confianza y con un conocimiento de su aplicación in situ proporcionado por nuestros ingenieros expertos en protección contra el fuego. Este nivel de competencia hace posible unas pruebas de ensayo realistas y por tanto, consigue resultados para la vida real.



Impacto. Fatiga. Vibración.

Experiencia en cargas dinámicas

Como líder mundial en tecnología de fijación, Hilti ha profundizado mucho en el desarrollo del conocimiento de todas las situaciones de carga dinámica a lo largo de décadas e investigado su impacto en las soluciones de fijación.

- Cargas de fatiga (Ej. anclajes para ventiladores de corriente, fijaciones de carriles).
- Cargas de impacto repetitivas (Ej. Paneles de revestimiento, paneles de protección contra el fuego).

El laboratorio principal de Hilti para ensayos con anclajes dinámicos en la sede central de Liechtenstein, se utiliza para llevar a cabo ensayos internos. Además muchos expertos internacionales e instituciones académicas utilizan nuestras instalaciones mediante distintas fórmulas de colaboración.

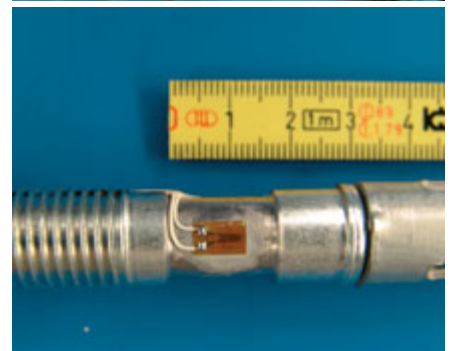
Para nuestros socios, la experiencia de Hilti es un beneficio importante, por su conocimiento detallado del comportamiento del anclaje bajo cargas dinámicas. Esto se suma a lo que muchos expertos consideran los laboratorios de ensayos de anclajes más sofisticados.

El equipo de pruebas de Hilti es capaz de aplicar grandes frecuencias en altas cargas y velocidades.

Para poder analizar las cargas de los anclajes con suficiente precisión, Hilti ha desarrollado una tecnología de medición individual.

Hilti ha aplicado su tecnología en muchos proyectos donde el dimensionado de los anclajes es complejo debido a las incertidumbres con respecto a los niveles de carga esperados.

Especialmente en el diseño de fatiga e impacto, la historia de carga de las estructuras y fijaciones es de vital interés. A menudo, las cargas críticas son infrecuentes e imprevisibles. Hilti utiliza una combinación de equipos de medición y de registro en las estructuras reales del Cliente que ayudan a entender lo que implican las cargas reales a lo largo de un periodo de tiempo.



Confianza en la experiencia.

Expertos en sistemas de fijación,
soportación y perforación.

Hilti. Superando expectativas.

- Fijaciones temporales de elementos auxiliares de excavación y sostenimiento.
- Soportación de instalaciones definitivas.
- Fijación de láminas de impermeabilización.
- Conexiones de corrugados con resina.
- Fijación de estructuras de soportación de catenaria.
- Fijación de ventiladores de extracción.
- Control de calidad de hormigón (sacatestigos).
- Instrumentación y equipos topográficos.
- Sistema Hilti de fijación para vía en placa.
- Sistema de corte y perforación con Diamante.

Hilti. Superando expectativas.

Hilti Española, S.A. | Avda. Fuente de la Mora, 2 | Edificio 1 | 28050 Madrid | **T** 902 100 475 | **F** 900 200 417 | www.hilti.es