



Jornadas técnicas de gestión de túneles

Mantenimiento de Túneles

Presentación elaborada por:

Francisco Miguel Martín del Teso (ICYFSA)

Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Barcelona, 8 de junio de 2015

Índice

1 Planteamiento general.

Análisis de riesgos

Obtención de la situación actual del túnel

Tramificación de la situación actual del túnel

2 Recorridos e inspecciones a pie

Datos de partida

Elementos objeto de inspección

Recopilación de datos

Patologías frecuentes y actuaciones

3 Sistemas de Auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

Láser-escáner de alta resolución.

4 Casos prácticos

Túnel en yesos

Dren bajo solera

Túnel sin revestimiento

1. Planteamiento general.

✓ OBJETIVO:

- Diagnóstico precoz de cualquier deficiencia que pueda generar problemas en un futuro más o menos próximo para el tráfico.

✓ PLAN DE ACTUACIONES

- Análisis de riesgos a partir de los datos previos existentes
- Obtención de la situación actual de los túneles
- Elaboración de una tramificación de riesgos y programación de inspecciones y/o actuaciones



1. Planteamiento general.

Análisis de riesgos

Análisis de Riesgos



1. Planteamiento general.

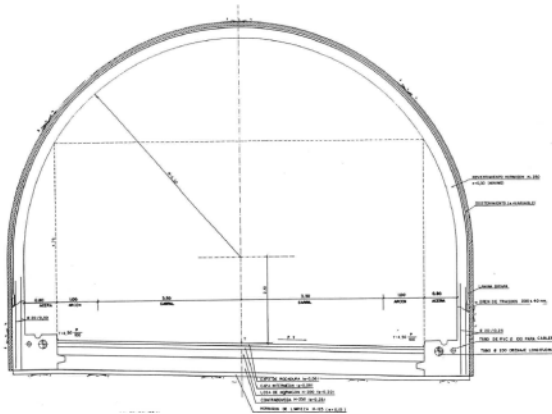
Análisis de riesgos

Punto de partida de todo un planning de mantenimiento de una infraestructura

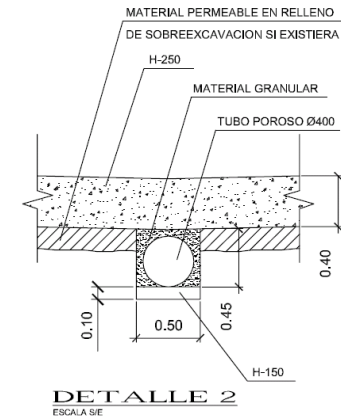
• Análisis de riesgos en el **DISEÑO**

- ✓ **Sección**
- ✓ **Geometría de la bóveda**
- ✓ **Soleras planas**
- ✓ **Tipos de sostenimiento**
- ✓ **Ubicación del drenaje**

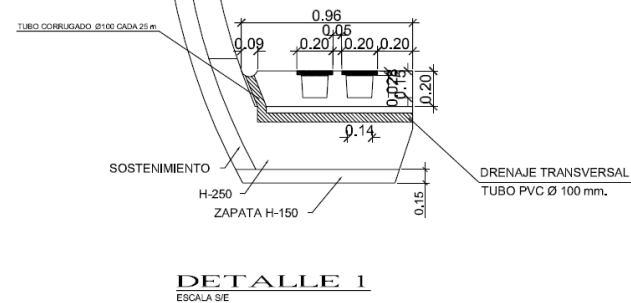
Hastiales rectos



Dren poroso bajo solera



Junta no radial



1. Planteamiento general.

Análisis de riesgos

•Análisis de riesgos en los **CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS**

✓ ***Materiales evolutivos***

▪ ***Materiales degradables***

▪ ***Materiales evolutivos***

✓ ***Zonas karstificadas***

▪ ***Modificación del nivel freático. Modificación de cargas***

▪ ***Circulación de agua. Arrastre y pérdida de materiales***



1. Planteamiento general.

Análisis de riesgos

- Análisis de riesgos con **DATOS CONSTRUCTIVOS**

- ✓ ***Levantamientos tipo geológicos-geotécnicos***

- ✓ ***Ensayos geotécnicos***

- ✓ ***Datos hidrogeológicos***

- ✓ ***Informes sobre incidencias producidas durante la obra***

- ✓ ***Cuñas***

- ✓ ***Campanas***

- ✓ ***Convergencias***

- ✓ ***Etc...***

- ✓ ***Auscultación***

- ✓ ***Etc***



1. Planteamiento general.

Obtención de la situación actual del túnel

Obtención de la situación actual del túnel



1. Planteamiento general.

Obtención de la situación actual del túnel

AUSCULTACION

✓ **Láser-escáner:**

- Base cartográfica para el registro de inspecciones
- Control general de movimientos en el anillo.

✓ **Convergencias:**

- Máxima precisión en caso necesario

✓ **Otras técnicas:**

- Georradar: Detección de oquedades en trasdós del revestimiento
- Ultrasonidos. Análisis de discontinuidades (grietas y fisuras)
- Sónicas. Esclerómetro
- Inspecciones boroscópicas
- Etc...



1. Planteamiento general.

Obtención de la situación actual del túnel

INSPECCIONES

✓ **Recorridos a pie**

- Sobre registros de láser-escáner
- Mapeados de patologías

✓ **Recorridos con maquinaria para inspección de bóveda**

- Inspección detallada de la bóveda



1. Planteamiento general.

Tramificación de la situación actual del túnel

Tramificación de la situación actual del túnel



1. Planteamiento general.

Tramificación de la situación actual del túnel

✓ **TRAMIFICACION POR RIESGOS**

- Cruce de información de todos los datos
 - ❖ Análisis de riesgos
 - ❖ Auscultación
 - ❖ Inspecciones
- Calificación de un riesgo
 - ❖ Por anillo constructivo de túnel
 - ❖ Túnel

✓ **ELABORACION DEL PLAN DE INSPECCIONES Y/O ACTUACIONES. Seguimiento particularizado**

- Periodicidad de
 - ❖ Inspecciones
 - ❖ Auscultaciones
- Necesidad de actuación sobre el túnel



2. Recorridos e inspecciones a pie

Datos de partida

Datos de partida



2. Recorridos e inspecciones a pie

Datos de partida

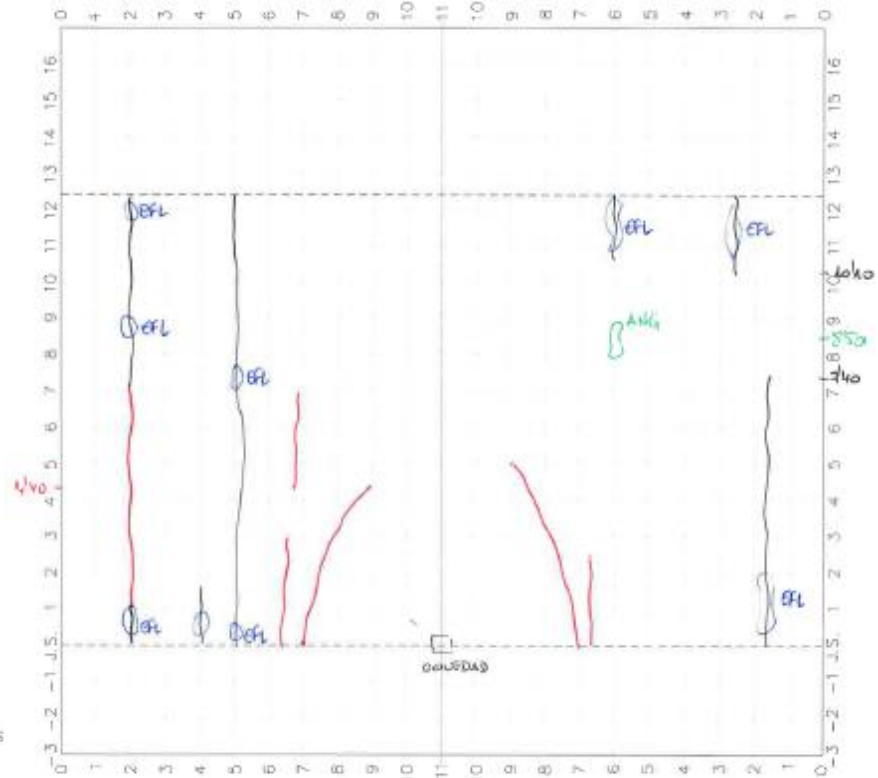
SISTEMATICA CONVENCIONAL:

✓ Fichas normalizadas

- Una por cada anillo constructivo del túnel
- Se irán anotando a mano las incidencias recogidas. Subjetividad según técnico
- Falta de precisión
- Baja productividad

LEYENDA

	FISURA DE RETRACCION
	JUNTA DE HORMIGONADO
	MOR: MORTERO DE REPARACION
	REB: REBABAS
	GUN: GUNITADO
	FL: FUGAS DE LECHADA
	ANG: ANIDAMIENTO DE GRAVAS
	DSC: DESCONCHON MECANICO
	ABO: ABOMBAMIENTO
	AGA: AGUA O HUMEDAD
	AFL: AGUA FLUYENDO
	EFL: EFLORESCENCIAS
	ARC: DEPOSITO DE LIMOS Y/O ARCILLAS
	CAT: SOPORTE DE CATENARIA
	MECHINAL
	MECHINAL PARCIALMENTE OBSTRUIDO
	MECHINAL OBSTRUIDO
	TALADRO DE RECONOCIMIENTO (CON HUECO)
	TALADRO DE RECONOCIMIENTO (SIN HUECO)
	ÁREA CON QUEDAD EN TRASDÓS DEL REVESTIMIENTO
	BULONES TIPO SWELLEX L=2m.
	BULONES TIPO SWELLEX L=3m.
	BULONES B5005 DIAM. 25mm. L= 2m
	MALLA ELECTROSOLDADA 15-15/8-8 Y MORTERO PROYECTADO
	ZONA TRATADA PREVIAMENTE CON BULONES MALLA ELECTROSOLDADA Y GUNITA
	ZONAS EXCLUIDAS DE ENSAYOS CON BULONES



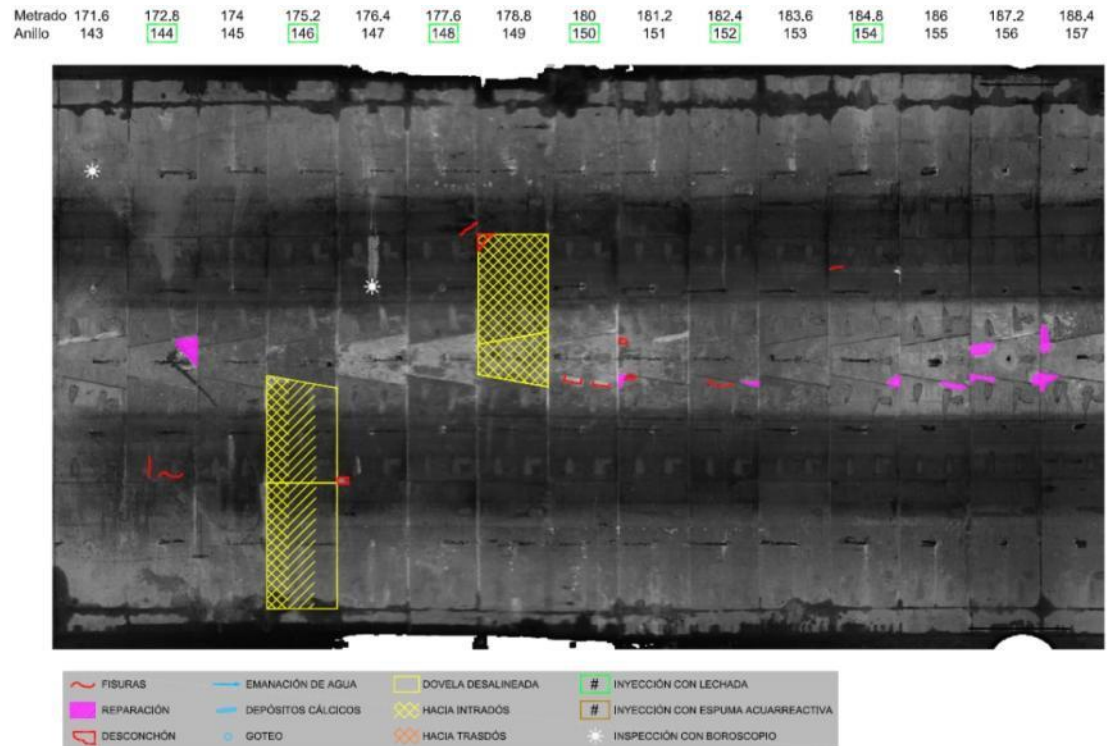
2. Recorridos e inspecciones a pie

Datos de partida

SISTEMATICA ACTUAL. Nuevas tendencias:

✓ Falsa imagen obtenida mediante láser-escáner

- Desarrollo de la totalidad de la superficie del túnel con calidad fotográfica
- Se eliminan errores humanos de interpretación
- Alta precisión
- Alta productividad



2. Recorridos e inspecciones a pie

Elementos objeto de inspección

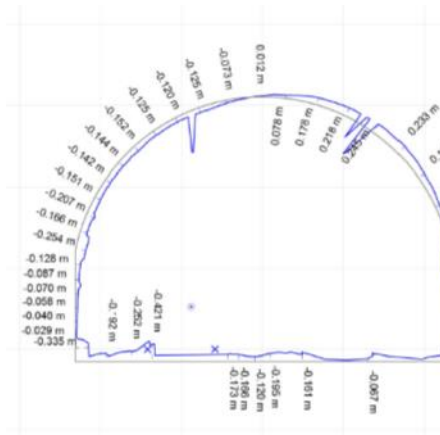
Elementos objeto de inspección



2. Recorridos e inspecciones a pie

Elementos objeto de inspección

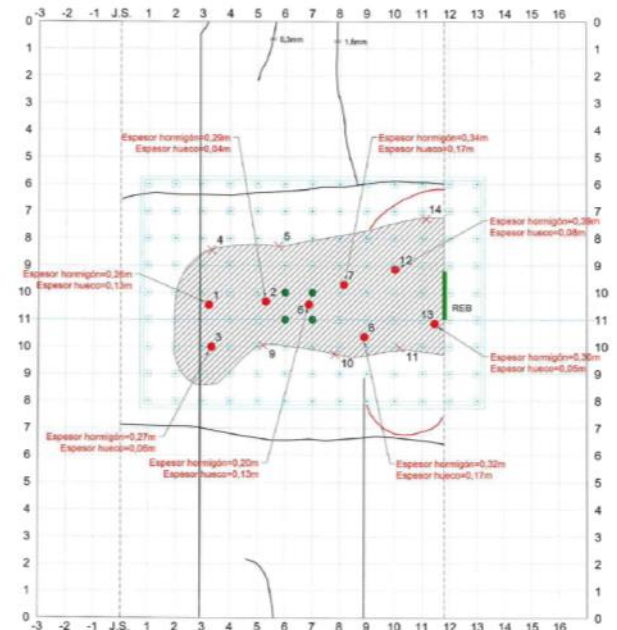
- Fisuración (abertura, magnitud, saltos entre labios, fisurómetros, etc...)
- Filtraciones, surgencias de agua, goteos a calzada
- Arrastres de material o depósitos de sulfatos por mechinales y/o grietas
- Juntas constructivas entre módulos de anillos
- Juntas frías de hormigonado
- Sistemas de drenaje
- Instalaciones del túnel
- Desconchones, segregaciones de áridos
- Deformaciones estructurales (con apoyo del análisis de la sección obtenida del láser escáner).



2. Recorridos e inspecciones a pie

Elementos objeto de inspección

- Inspección "in situ" y golpeo con martillo manual de las zonas con posibles oquedades en trasdós del revestimiento obtenidas de los registros georradar.
- Estado de las juntas entre anillos en clave
- Estado del hormigón en zonas con fisuras en forma de $\frac{1}{2}$ luna generada por cruce entre fisuras o cruce con junta entre anillos
- Comprobación del estado de los refuerzos existentes
- Inspección boroscópica de las oquedades.



2. Recorridos e inspecciones a pie

Recopilación de datos

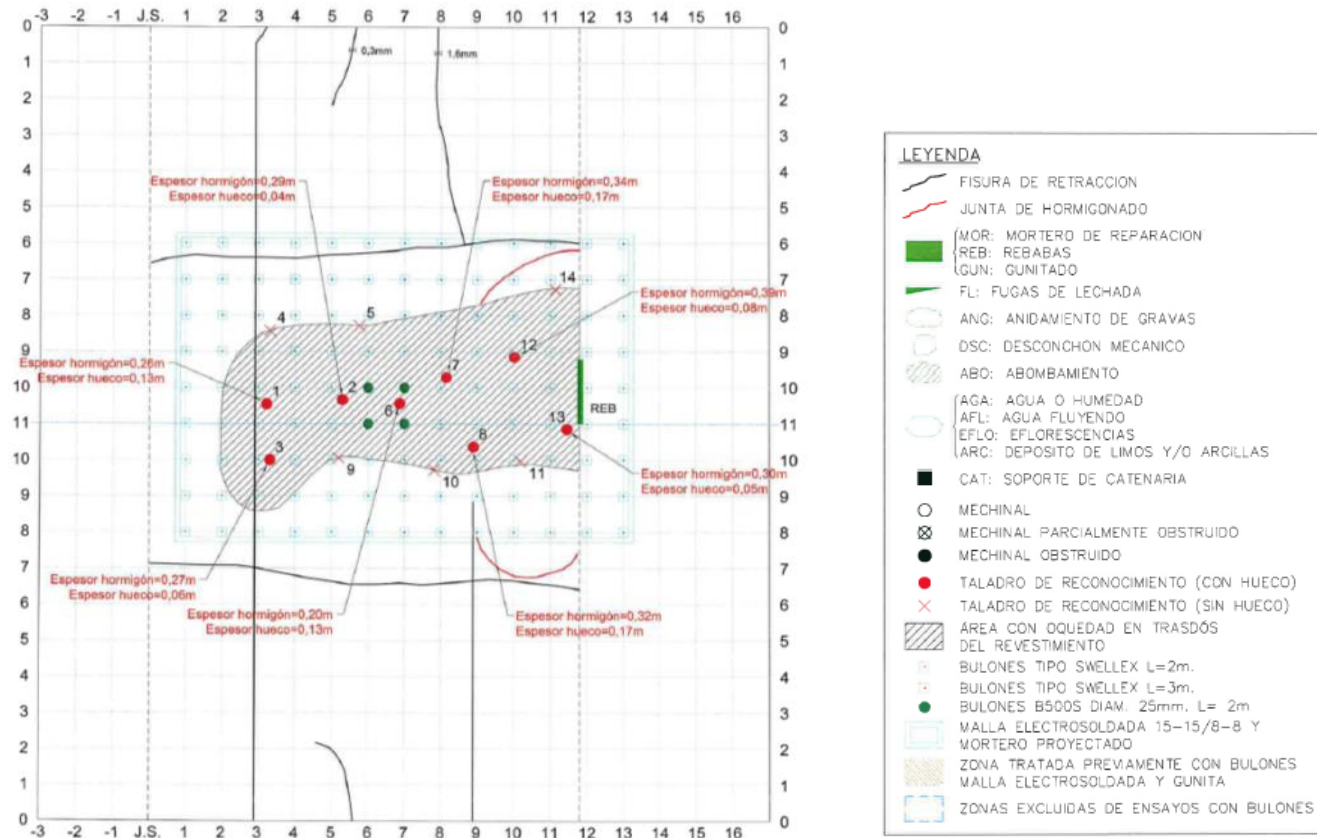
Recopilación de datos



2. Recorridos e inspecciones a pie

Recopilación de datos

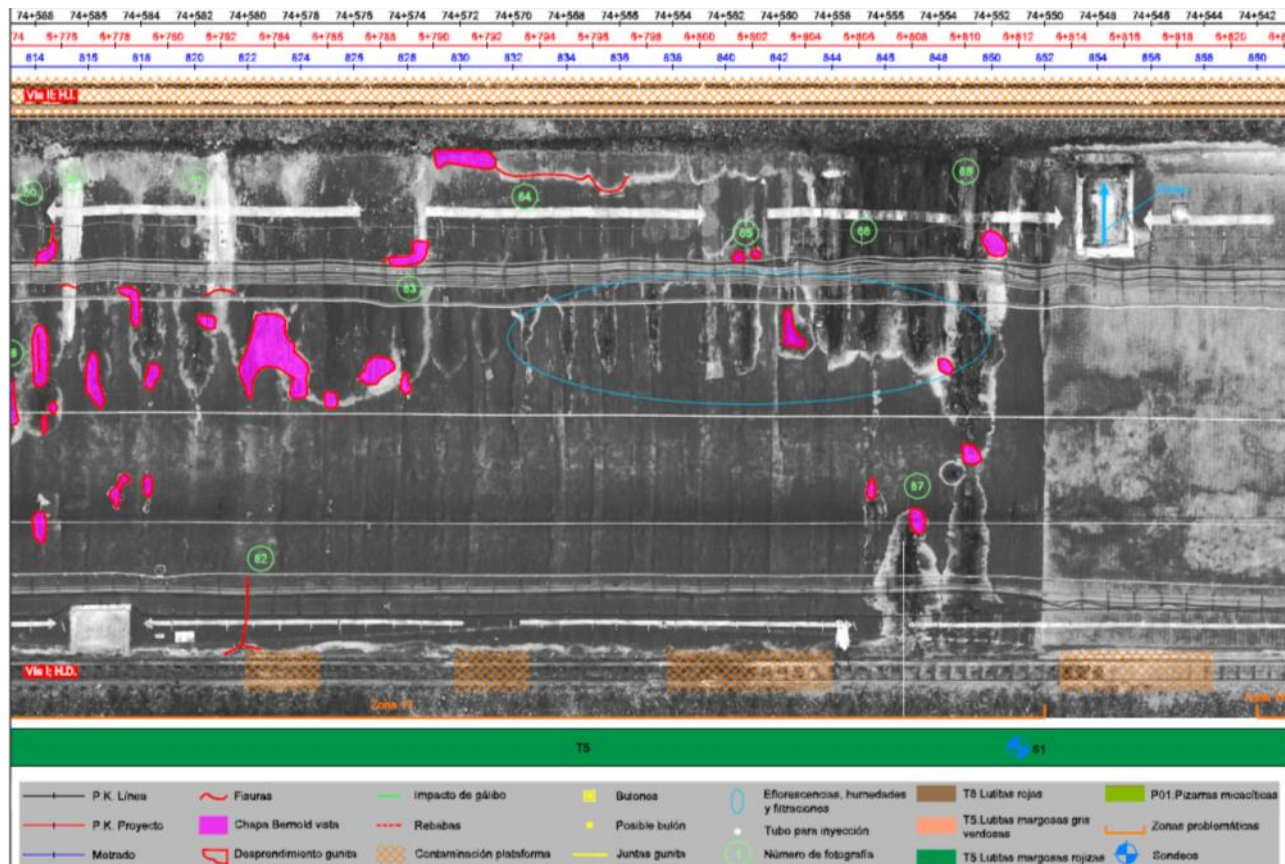
- ✓ Toda la documentación se recoge en el mapeado de patologías e incidencias:
 - Con la metodología "antigua", eran recogidas en fichas normalizadas realizadas a mano y posteriormente digitalizadas con programas CAD.



2. Recorridos e inspecciones a pie

Recopilación de datos

- ✓ Toda la documentación se recoge en el mapeado de patologías e incidencias:
 - Actualmente con la falsa imagen obtenida de la nube de puntos del escaneo, se aprovecha para realizar unos mapeados de incidencias más fidedignos y precisos.



2. Recorridos e inspecciones a pie Patologías frecuentes y actuaciones

Patologías frecuentes y actuaciones



2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

HUMEDADES, FILTRACIONES Y PRESENCIA DE AGUA

✓ZONAS SUSCEPTIBLES DE PRESENTARLAS

- A través de fisuras.
- A través de juntas entre anillos y/o juntas frías de hormigonado

✓EFECTOS PARA EL TUNEL

- Liberan presión hidrostática sobre el trasdós del revestimiento.
- Goteos sobre calzada
- Lavado de material y generación de huecos en trasdós
- Transmiten posibles agentes agresivos a zonas del túnel sin patologías .
- Efecto antiestético y que pueden alarmar al usuario.



2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

HUMEDADES, FILTRACIONES Y PRESENCIA DE AGUA

✓TRATAMIENTOS DE IMPERMEABILIZACIÓN

- Colocación de láminas de impermeabilización
- Derivaciones del agua hasta los paseos para conectar con sistema de drenaje
- En caso de cortar la circulación, se analizará la sobrepresión potencial generada
- Si existen disoluciones o arrastres de material, se estudiarán posibles soluciones más complejas. Inyecciones para consolidar el terreno.



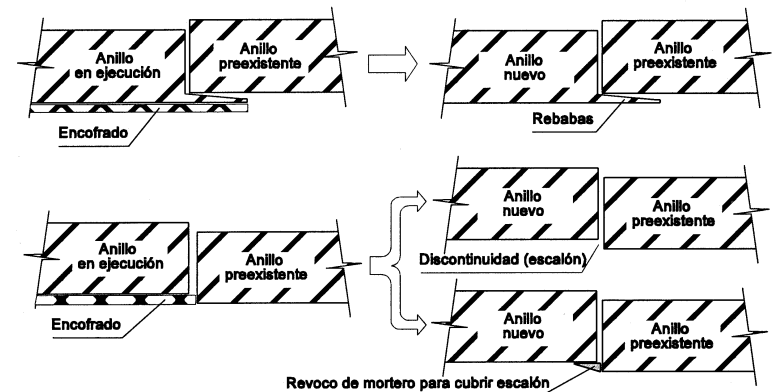
2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

DESALINEACIONES Y DISCONTINUIDADES EN JUNTAS ENTRE MODULOS DE ANILLOS

- ✓ ENTRE PUESTAS DE CARROS DE ENCOFRADO ADYACENTES (movimientos y desalineaciones).
- ✓ EFECTOS: Rebabas de mortero sobre el intradós adyacente con riesgos de caída a calzada.
- ✓ TRATAMIENTOS:
 - ✓ Picado , saneo y regularización de la zona.
 - ✓ En caso de quedar elementos metálicos descubiertos, se pasivarán y protegerán frente a la oxidación

SECCION LONGITUDINAL DEL REVESTIMIENTO (CLAVE DEL TUNEL)
DEFECTOS DE ALINEACIÓN/CONTINUIDAD DE LOS ENCOFRADOS EN LAS JUNTAS ENTRE ANILLOS



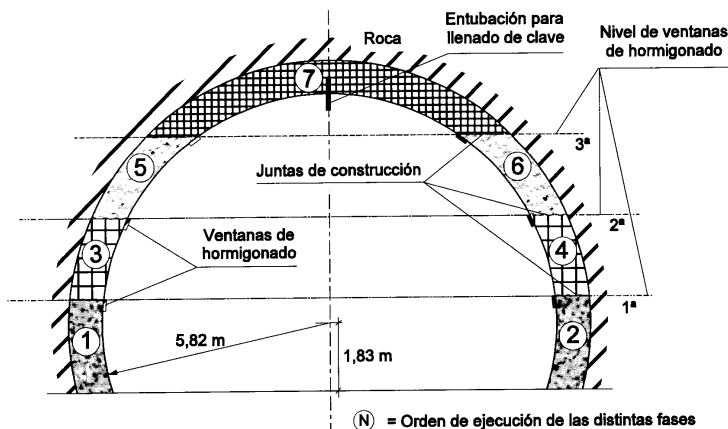
2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

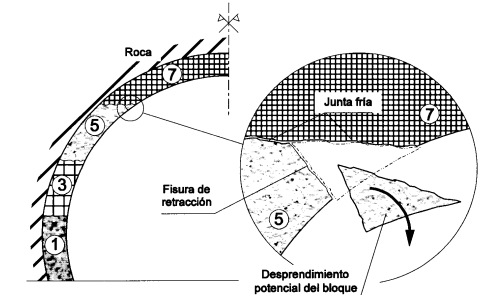
JUNTAS FRIAS DE HORMIGONADO

- ✓ EN CUALQUIER ZONA DEL ANILLO DEBIDO A UN HORMIGONADO DISCONTINUO
- ✓ EFECTOS PARA EL TUNEL
 - Generación de juntas horizontales (orientación desfavorable)
 - Cuñas con posibilidad de inestabilización en riñones y hombros. Posibles caídas a calzada.
- ✓ TRATAMIENTOS
 - Inyección de la junta previo sellado.

LLENADO DE ANILLOS: SECUENCIA DE HORMIGONADO



SITUACION DE RIESGO DERIVADA DE LA COMBINACION DE UNA JUNTA FRIA Y UNA FISURA DE RETRACCION QUE LA ALCANCE



2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

SEGREGACIONES LOCALES EN EL HORMIGON

✓GENERALMENTE SITUADAS EN ZONAS DE HASTIALES

✓EFECTOS PARA EL TUNEL

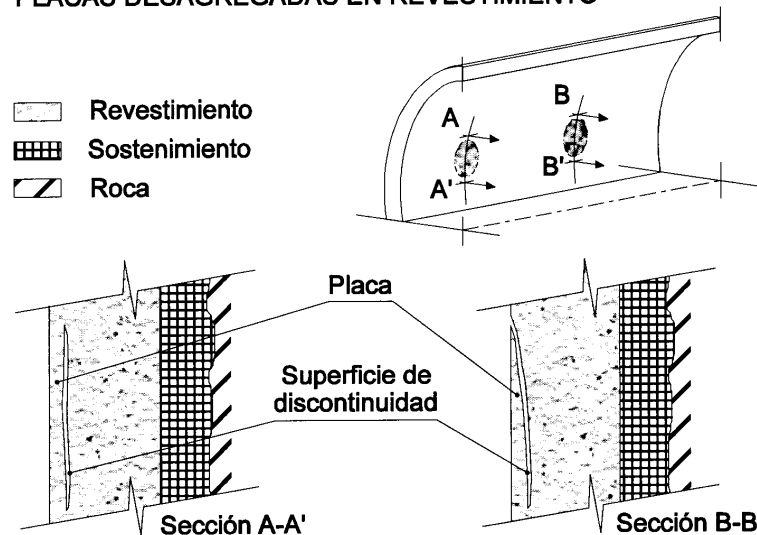
- Placas de tipo superficial, con espesor de orden centimétrico y extensión variable

✓TRATAMIENTOS

- Picado y saneo de la zona afectada

- Coberturas con morteros tixotrópicos, previa pasivación de los elementos metálicos existentes quedados al descubierto

PLACAS DESAGREGADAS EN REVESTIMIENTO



2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

FISURACION

✓ Común y abundante en la mayoría de los túneles. En cualquier punto de la sección.

✓ REQUIEREN ESPECIAL ATENCION:

- Fracturas de dirección aleatoria.
- Salto entre labios
- Desconchones en borde
- Concentradas en zonas concretas del túnel (análisis de riesgos)

✓ MAYORIA DE ORIGEN REOLOGICO.

Son problemáticas si:

- Zona de clave
- Fisuras pasantes
- Oquedades en trasdós
- Cruce de fisuras, generando bloques

✓ TRATAMIENTOS

- Sellado e inyección de las críticas
- Control de la evolución con fisurómetros



2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

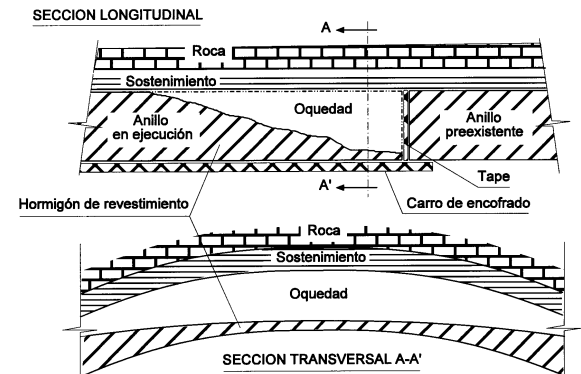
LLENADO DEFECTUOSO EN MODULOS DE ENCOFRADO (Huecos en trasdos)

- ✓ Defecto bastante habitual, no solo en caso de sostenimiento sin cerchas (mayor posibilidad en éstos).
- ✓ Zonas más habituales próximas a clave (dificultad de llenado)
- ✓ EFECTOS PARA EL TÚNEL

- Posibilidad de caída de bloques. La posibilidad aumenta:
 - Cuanto mayor sea la superficie del revestimiento afectada
 - Cuanto menor sea el espesor del revestimiento
 - Cuanto mayor fisuración y alteración exista en la zona.
- Falta de confinamiento del anillo de revestimiento (Comportamiento estructural defectuoso)
- Ambos efectos afectan a la estabilidad del anillo
 - Parcial = Caída de bloques
 - Global = Falta de confinamiento



DEFECTOS DE LLENADO DE MODULOS DE ENCOFRADO EN LAS JUNTAS ENTRE ANILLOS
SECCIONES DEL REVESTIMIENTO (CLAVE DEL TUNEL)



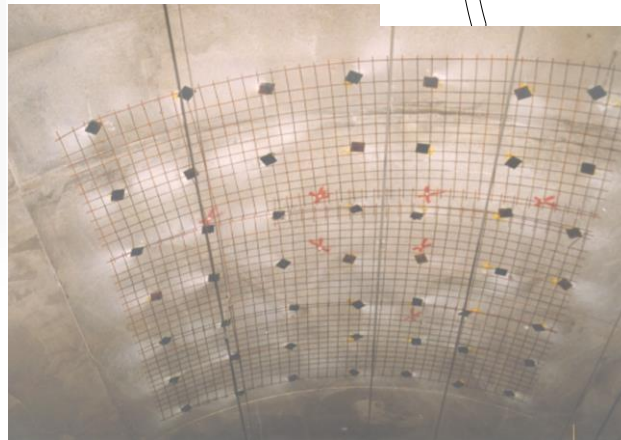
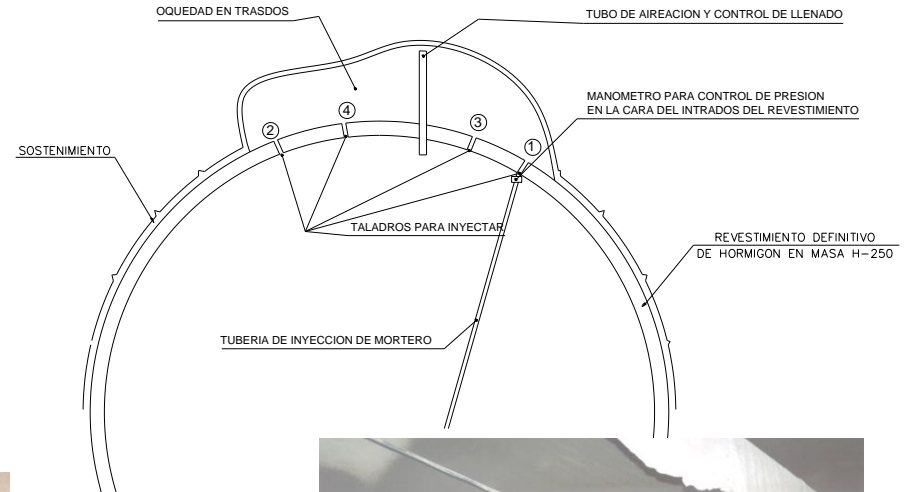
2. Recorridos e inspecciones a pie

Patologías frecuentes y actuaciones

LLENADO DEFECTUOSO EN MODULOS DE ENCOFRADO (Huecos en trasdos)

✓TRATAMIENTOS

- Consolidación de las oquedades mediante inyecciones de relleno
- De forma previa a la inyección:
 - Sellado e inyección de fisuras
 - Refuerzo provisional mediante
 - ❖Bulonado
 - ❖Mallazo
 - ❖Hormigón proyectado



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

Sistemas de auscultación más utilizados



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

- ✓ GEO-RADAR: Auscultación geofísica del trasdós del revestimiento
- ✓ PUNDIT: Estudio mediante ultrasonidos de las características de las discontinuidades (fisuras, grietas, juntas frías,...)
- ✓ ESCLEROMETRO: Determinación de la calidad del hormigón, mediante golpes.
- ✓ BOROSCOPIO: Sistema de endoscopia para auscultación de oquedades en trasdós del revestimiento



3. Sistemas de auscultación

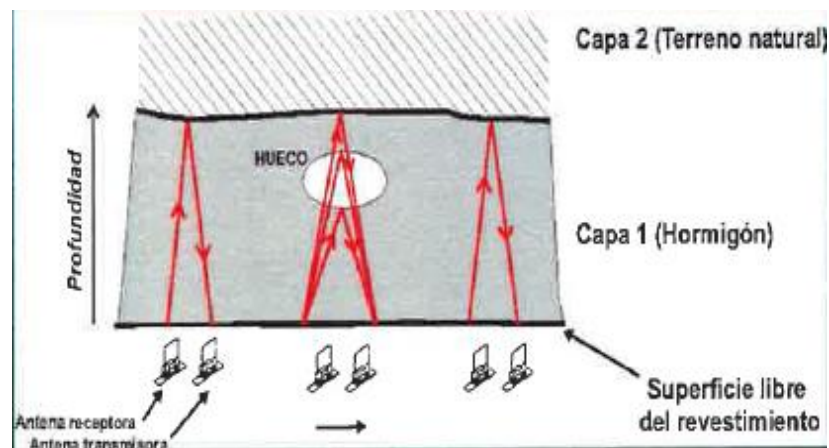
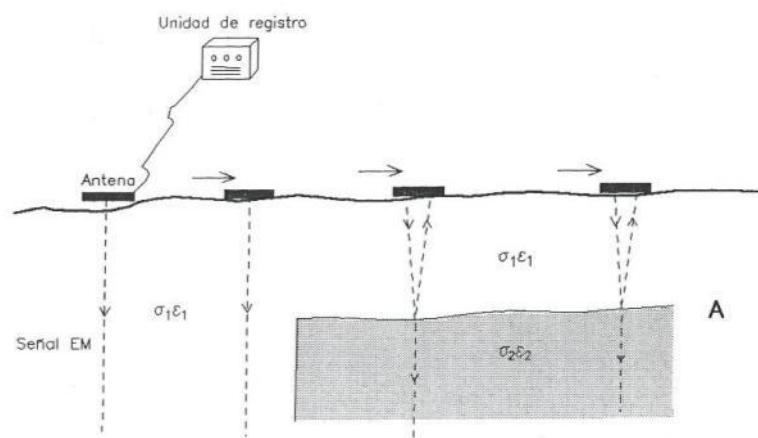
Sistemas de auscultación más utilizados

GEO-RADAR

○ Técnica geofísica de carácter no destructivo

○ Método

- Transmisión de un impulso EM de alta frecuencia a través del material a investigar
- En su propagación, el impulso se refleja en las interfases donde existen cambios en los parámetros eléctricos del medio.
- La intensidad de la señal reflejada depende del contraste en ciertas propiedades eléctricas (resistividad y constante dieléctrica)
- La instrumentación recoge y registra las reflexiones producidas.



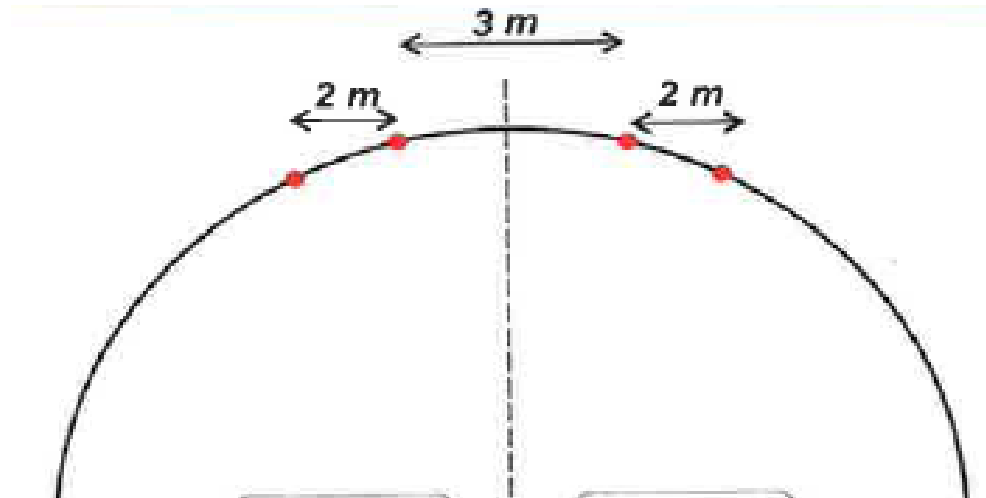
3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

GEO-RADAR

o Metodología de trabajo

- Se realiza en modo reflexión, que consiste en mover el conjunto formado por la antena transmisora y la receptora a lo largo de un perfil sobre la superficie a investigar.
- El tiempo en que se manifiestan las reflexiones en los registros es función de la velocidad de propagación de la señal EM a través del medio, que varía según la constante dieléctrica.
- Toma de datos en 4 perfiles longitudinales en zona de clave y hombros
- Complemento eventual mediante perfiles transversales



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

GEO-RADAR

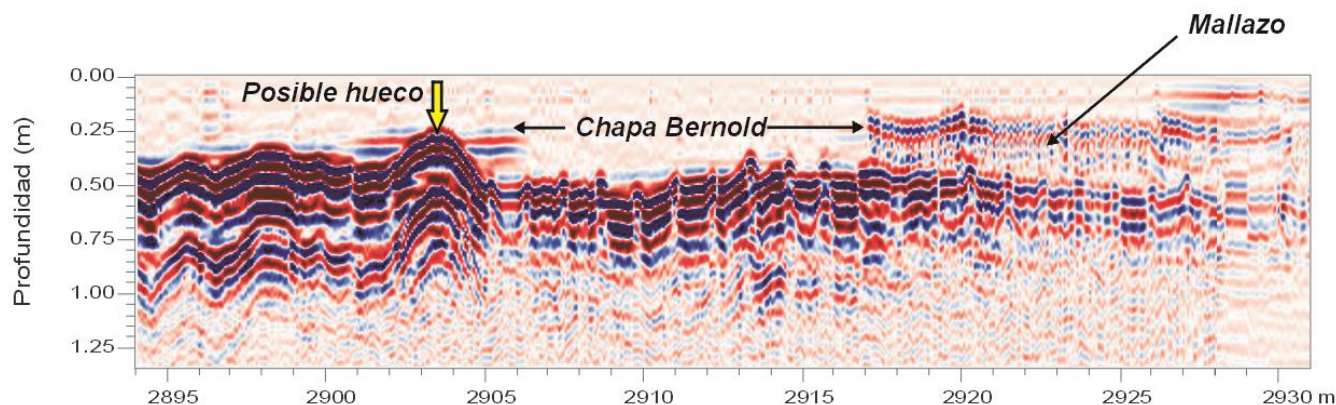
o Aplicaciones en un túnel

- Investigación del hormigón del revestimiento. Cambios importantes en los espesores del revestimiento y oquedades en su trasdós

- ❖ Antena monocanal con frecuencias entre 900 y 1200Mhz. Buscando una profundidad de estudio en torno a 40-50cm, con resolución suficiente para detectar oquedades de orden decimétrico.

- Investigación de posibles despegues u oquedades en trasdós del hormigón del sostenimiento

- ❖ Combinación de dos antenas de 600 y 1600Mhz ejecutado de forma simultánea. Buscando una profundidad de estudio en torno a 60-70cm



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

ULTRASONIDOS. PUNDIT

o Medición de los tiempos de propagación de impulsos de ultrasonidos, en el material objeto del ensayo (hormigón de revestimiento)

o Método

- Cálculo del tiempo que emplea un impulso en recorrer la distancia entre un emisor y un receptor, acoplados a la superficie del hormigón

- La distancia entre los palpadores dividida entre el tiempo invertido en el recorrido nos da la velocidad de transmisión de los impulsos.



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

ULTRASONIDOS. PUNDIT

o Aplicación en túneles

- Con la velocidad de transmisión pueden calcularse ciertas constantes físicas del hormigón .
- Estos impulsos no se propagan por el aire, por ello si entre el emisor y el receptor existiera alguna discontinuidad (grieta, fisura, oquedad, etc..), el impulso tendrá que “rodearlo” buscando un camino más largo en llegar al receptor, lo que se traduce en tiempos más largos.
- En base a estas premisas, las aplicaciones en un túnel suelen ser:
 - ❖ Estimación de calidad del hormigón
 - ❖ Existencia de discontinuidades
 - ❖ Estimación de la profundidad de las discontinuidades
 - ❖ Estudio de la uniformidad de la calidad del hormigón entre los distintos anillos constructivos.



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

ESCLEROMETRO

- Estudio de la uniformidad de la calidad del hormigón mediante el estudio con esclerómetro.
- Se trata de un martillo con una pesa tensada, que al golpear con la superficie, se produce un rebote, el cual se mide y se registra en una escala incorporada en el propio martillo
- Ensayos bajo la norma UNE 83-307-86



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

ESCLEROMETRO

o Metodología

- Sobre cada anillo del revestimiento se eligen dos puntos de ensayo
- En cada punto se toman 10 determinaciones esclerométricas.
- Se calcula el valor medio de las 10 medidas, desestimando aquellas que difieran en más de 5 puntos por encima o por debajo en la media de los 10 golpes.
- Existen fórmulas que relacionan la dureza superficial del hormigón (es lo que determina el esclerómetro) con la Resistencia medida sobre probeta cúbica

$$\bullet R_c = a \cdot I_c^b + c$$

- R_c es la resistencia característica
- I_c es el índice de rebote
- a , b y c son constantes que dependen del instrumento empleado y de su posición durante los ensayos en relación a la horizontal de referencia



3. Sistemas de auscultación

Sistemas de auscultación más utilizados

BOROSCOPIOS. Endoscopias rígidas o flexibles

- Sistemas que permiten observar de forma directa zonas ocultas en los trasdosados de los hormigones.
- Pueden ser rígidos o flexibles
- Suelen llevar incorporados fuentes de iluminación
- Permiten captación de imágenes y/ vídeos
- Muy útiles para:
 - ❖ Determinar el tamaño de las oquedades en trasdós del revestimiento
 - ❖ Observar el estado de los elementos del sostenimiento (bulones, hormigones de sostenimiento)
 - ❖ Estado del terreno de trasdós



3. Sistemas de auscultación

Láser-escáner de alta resolución

Láser-escáner de alta resolución



3. Sistemas de auscultación

Láser-escáner de alta resolución

✓ NECESIDAD DE NUEVAS TECNOLOGIAS

- Túneles de longitudes elevadas
- Necesidad de sistemas rápidos con igual o mayor eficiencia y exactitud
- Herramienta de trabajo. El análisis y la experiencia de los técnicos sigue siendo indispensable.

✓ ASPECTOS DIFERENCIADORES

- Mayor objetividad en los trabajos
 - Variación de fisuras y humedades
 - Medidas de convergencia sin el factor del "error humano" y en la totalidad de la superficie del túnel. Obligatorio realizar en COORDENADAS ABSOLUTAS
- Mayores rendimientos en campo. Se reduce el tiempo de los técnicos en campo, limitándose principalmente a labores de gabinete.
- Diversidad de datos en un único recorrido
 - Control de la sección del túnel
 - Control de patologías (fisuras, humedades, desconchones,...)
 - Control de gálibos



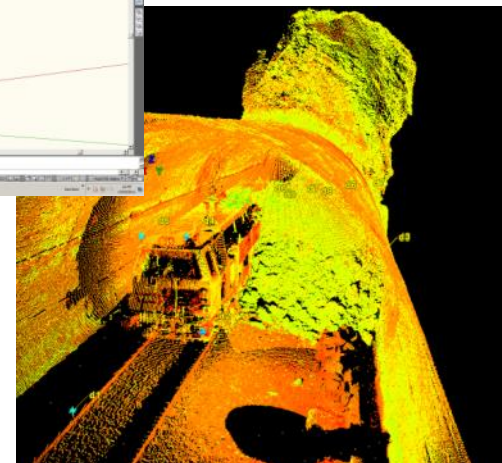
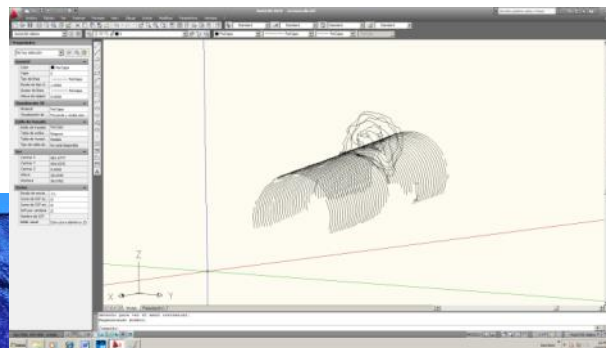
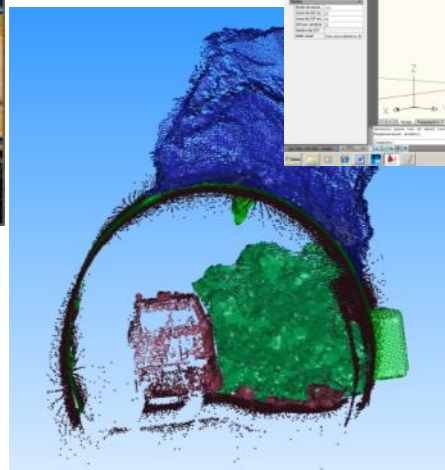
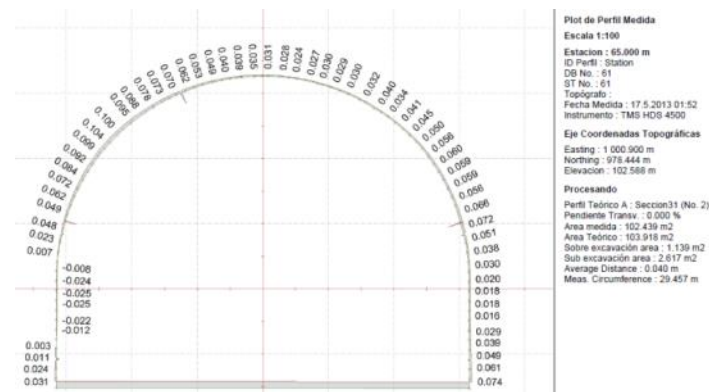
3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE CONSTRUCTIVA

✓CONTROL DE MEDICIONES

- Sobreexcavaciones y subexcavaciones
- Mediciones de excesos de hormigón
- Sustitución del "carro galibero"
- Desprendimientos (cubicaciones)

✓GENERACION DEL DOCUMENTO "AS BUILT"



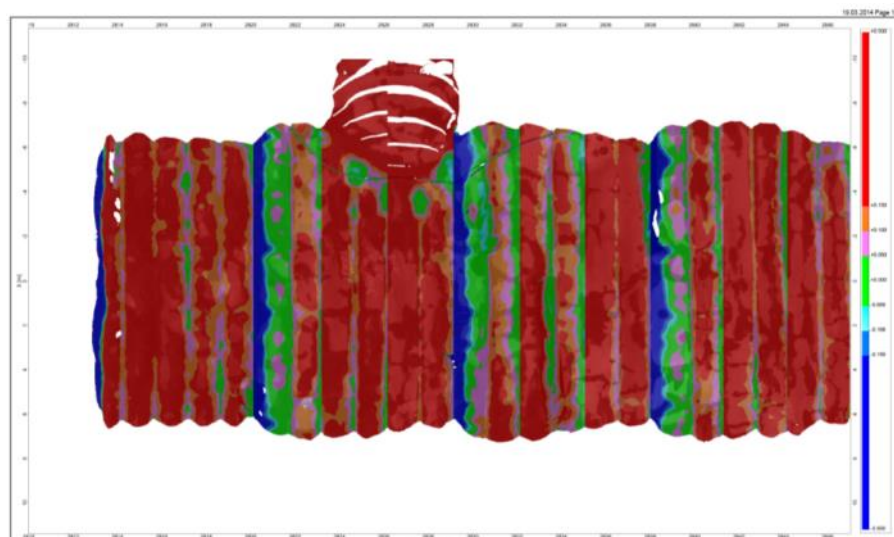
3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE CONSTRUCTIVA



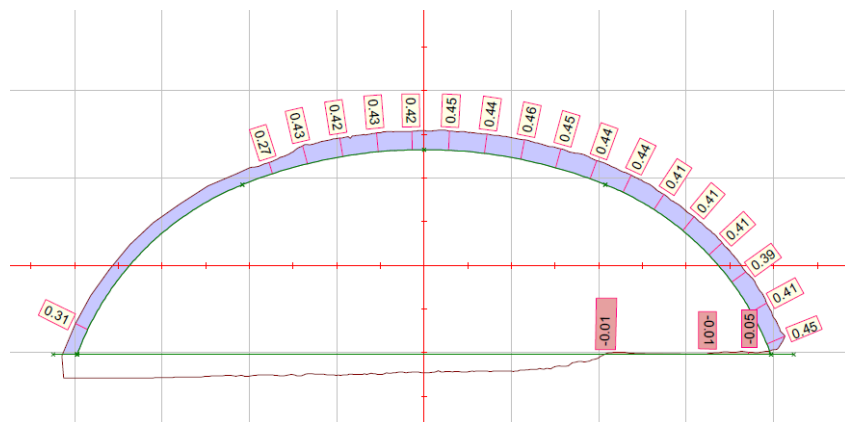
Ejemplo de toma de datos en campo con el objetivo de comprobar sobreexcavaciones en fas de sostenimiento

Abatimiento en planta de la comparación teórica y real, con gama de colores según diferencias



3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE CONSTRUCTIVA



Procesando	
Perfil Teórico A	: Revestimiento Final (No
Pendiente Transv.	: 0.000 %
Línea Base Inferior	: - 2.042 m
Área medida	: 65.452 m ²
Área Teórico	: 55.716 m ²
Sobre excavación área	: 11.501 m ²
Sub excavación área	: 1.765 m ²
Sobre-Excav. Rot. Geolc	: 0.000 m ²
Average Distance	: 0.300 m
Meas. Circumference	: 39.237 m

Perfiles transversales comparativos

Listados de áreas y volúmenes de sobre y subexcavaciones

Cálculos aportados por el software
Específicos directamente

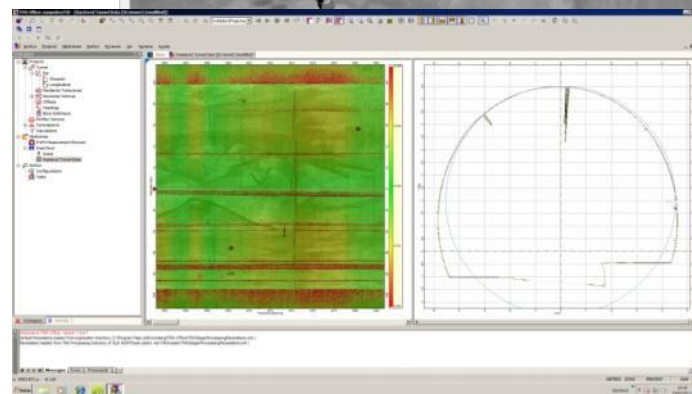
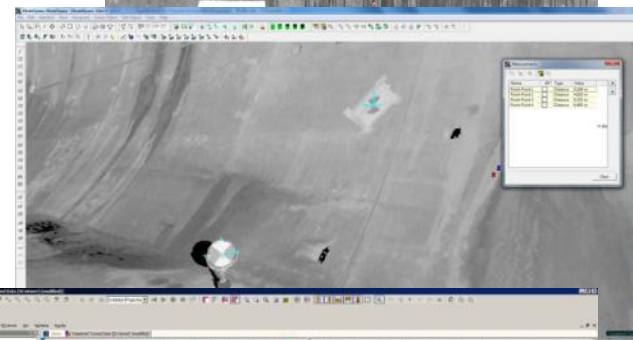
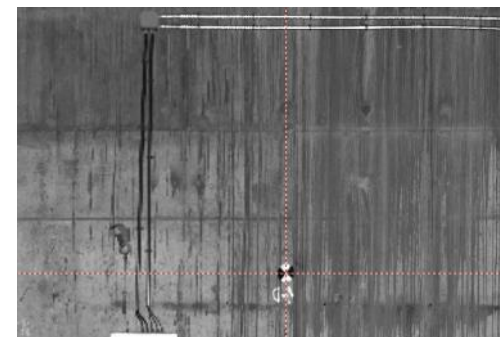
Resultados de cálculo de Volumen							
Rango Estacionamiento		: 2 813.580 - 2 900.420					
Rango de Fecha		: 14.3.2014 09:22 - 14.3.2014 12:29					
No. de Perfiles		: 124					
Estacion [m]	Stationing Difference [m]	Área			Volumen		
		Medido [m ²]	Sobre excavación [m ²]	Sub excavación [m ²]	Medido [m ³]	Sobre excavación [m ³]	Sub excavación [m ³]
2 813.580		65.452	11.501	- 1.765	34.477	5.269	- 0.878
2 814.120	0.540	62.243	8.016	- 1.489	44.968	7.005	- 1.038
2 814.820	0.700	66.239	11.999	- 1.476	51.032	8.118	- 0.583
2 815.610	0.710	62.958	8.554	0.000	45.623	6.880	- 0.349



3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

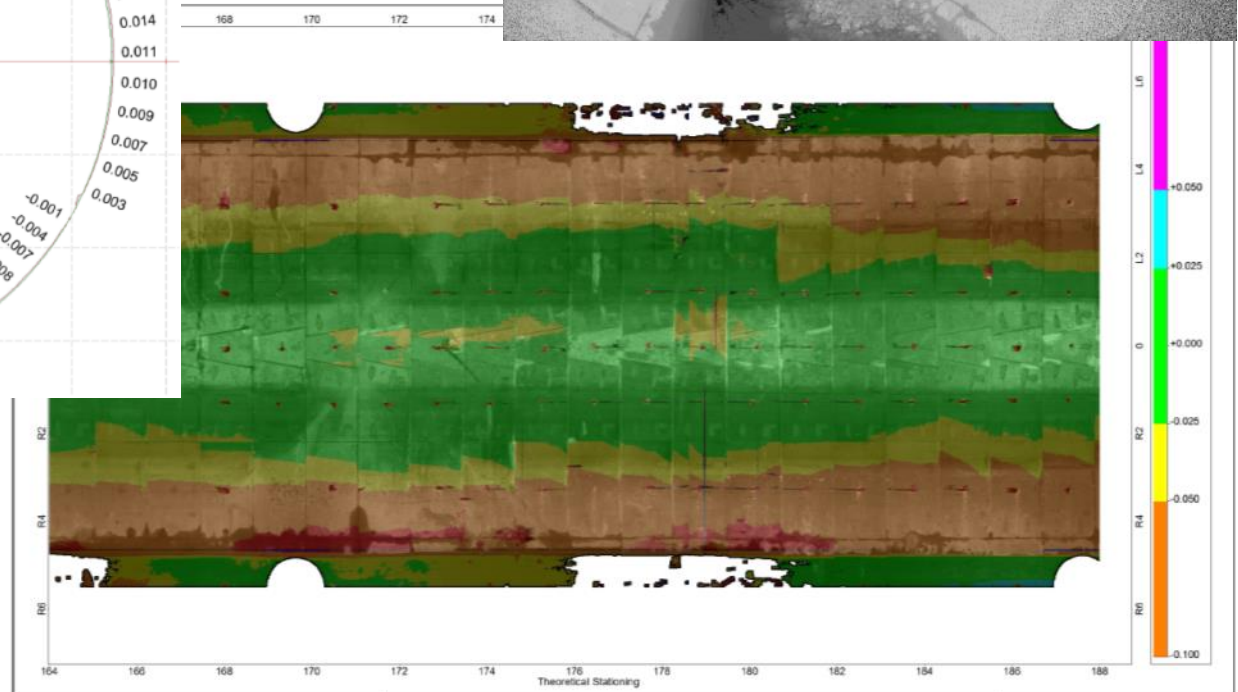
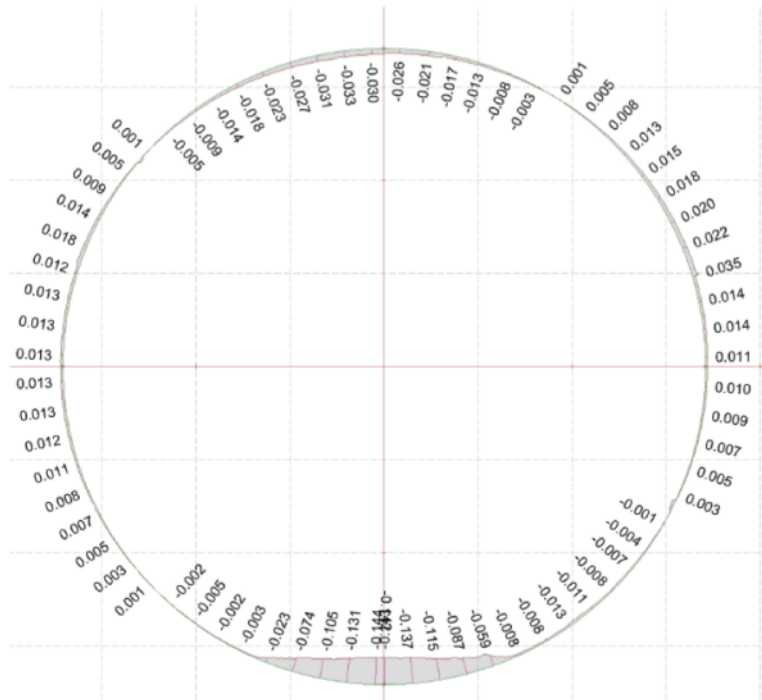
OBJETIVOS EN FASE DE EXPLOTACION. MANTENIMIENTO

- ✓ CONTROL EVOLUTIVO A LO LARGO DEL TIEMPO
- ✓ Idoneidad realizar la toma de datos en coordenadas absolutas
 - Modificación del estado de fisuración del hormigón mediante la obtención de falsas imágenes
 - Variaciones flujo de humedades
 - Deformaciones de la sección a lo largo del tiempo (Precisiones en torno a 2mm)
 - Mediciones de convergencia continuas
 - Mediciones de convergencias puntuales
 - Comparación de perfiles transversales



3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE DE EXPLOTACION. MANTENIMIENTO



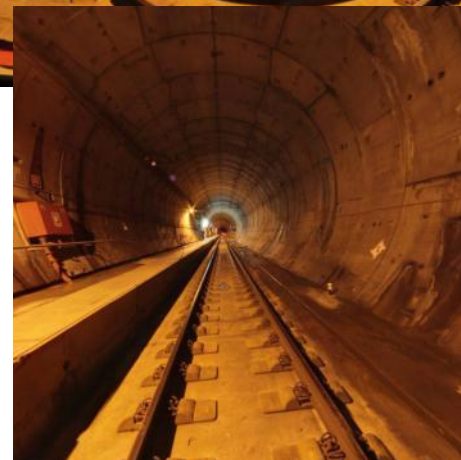
3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE DE EXPLOTACION. MANTENIMIENTO

✓ COMBINACION CON FOTOGRAFIA DE ALTA RESOLUCION

Al combinar la fotografía georeferenciada en coordenadas absolutas con la nube de puntos (x,y,z), pueden realizarse mediciones sobre la fotografía:

- Distancias entre puntos
- Abertura en grietas
- Etc



3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE DE EXPLOTACION. MANTENIMIENTO

✓ DATOS VISUALES PARA EL MANTENEDOR

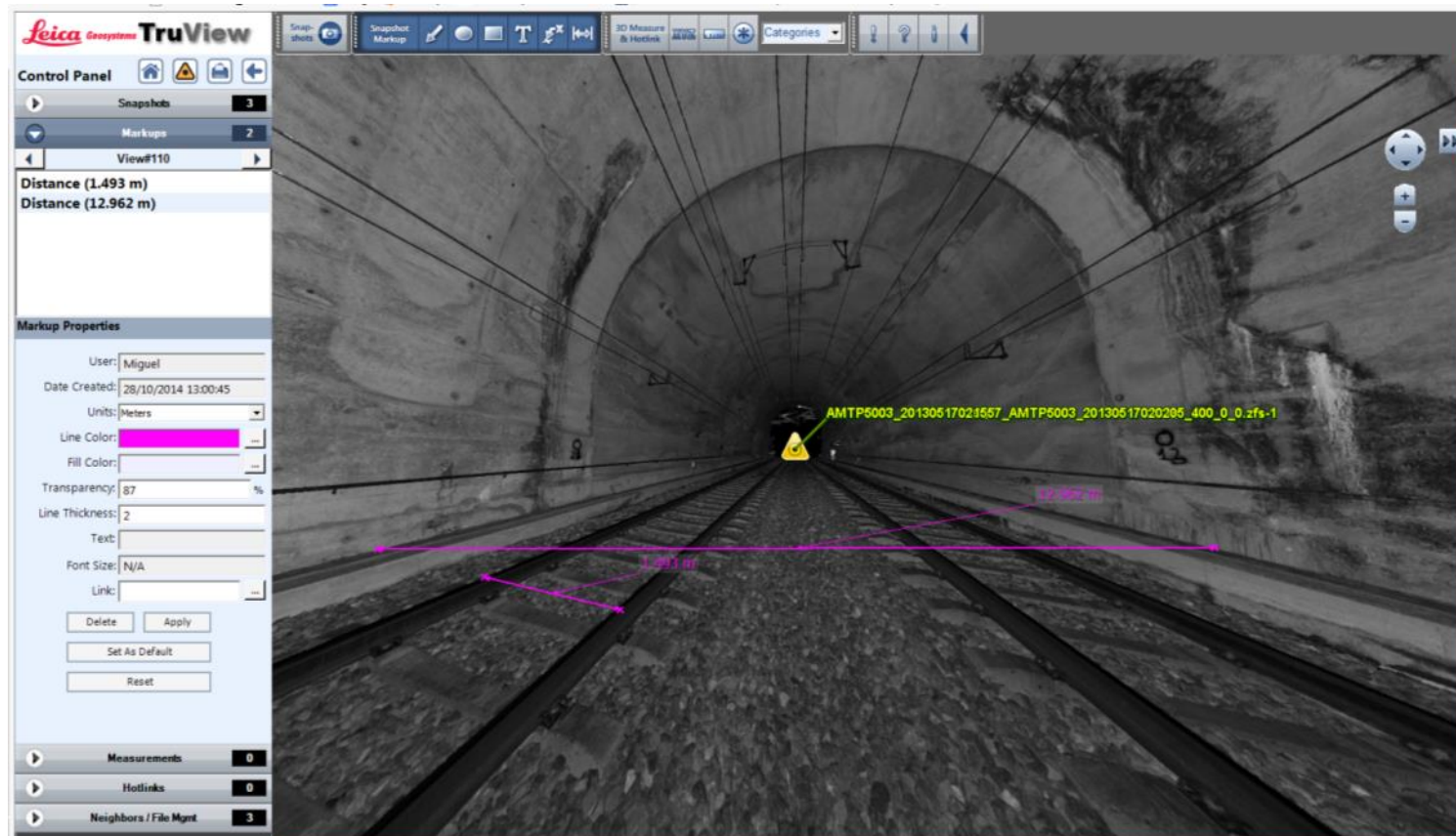
Se puede generar una aplicación que trabaje bajo el ámbito de internet, con la cual se obtienen las nubes de puntos en 3D, combinada con fotografía de alta resolución (en caso de haberse realizado), obteniendo:

- Visual desde los estacionamientos realizados
- Distintos puntos de vista en 3D del elemento auscultado
- Posibilidad de realizar mediciones reales basadas en las coordenadas de los puntos escaneados.



3. Sistemas de auscultación Láser-escáner de alta resolución

OBJETIVOS EN FASE DE EXPLOTACION. MANTENIMIENTO



4. Casos prácticos

Túnel en yesos

Túnel en yesos



4. Casos prácticos

Túnel en yesos

✓ PATOLOGIAS E INCIDENCIAS OBSERVADAS EN INSPECCIONES

- Goteos continuos y filtraciones abundantes de agua.
- Gran desarrollo de la fisuración.
- Pequeñas oquedades en trasdós de revestimiento. Entre sostenimiento y revestimiento.
- Deficiencias en el sistema de drenaje.
- Gran acumulación de depósitos de sulfatos.

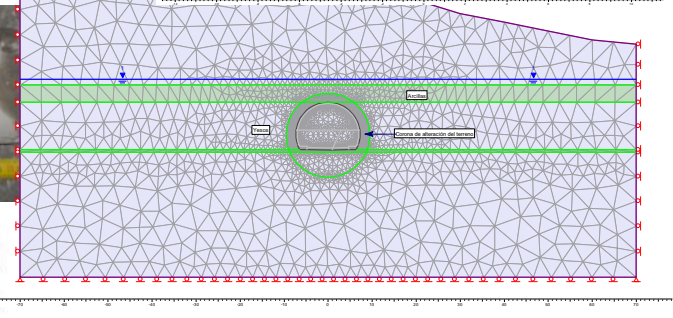
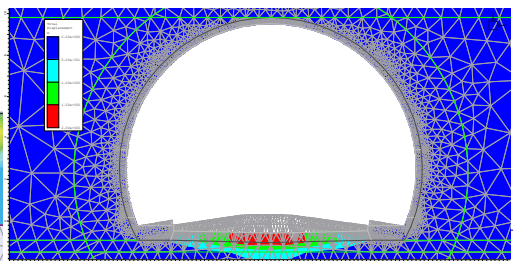
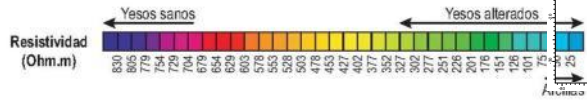
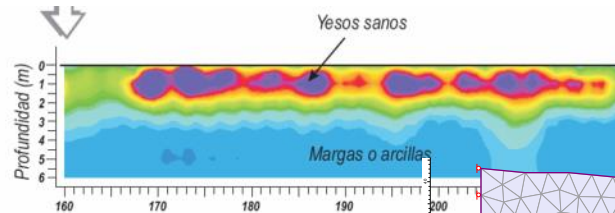


4. Casos prácticos

Túnel en yesos

✓ ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN REALIZADA

- Mapeado de incidencias y fisuración
- Geo-radar para detección de oquedades en trasdos del revestimiento
- Tomografía eléctrica, operando en modo inductivo para determinar zonas reblandecidas bajo solera.
- Análisis y estudio del hormigón del revestimiento y del sostenimiento, para comprobar resistencias y ataque por sulfatos (CEDEX)
- Cálculos. Comprobación del revestimiento frente a cargas hidráulicas (obturando los drenes)
- Análisis del suelo y del agua frente a agresiones químicas.



4. Casos prácticos

Túnel en yesos

✓ RESULTADO DE LAS INVESTIGACIONES

❖ Sin riesgo para la integridad del túnel

- Fisuración, Juntas frías, oquedades reducidas en trasdós del revestimiento

❖ Con riesgo para la integridad del túnel

- Las filtraciones y goteos de agua a carriles producen un desgaste agresivo y rápido en sujeciones y carriles.
- Suelo calificable como agresividad alta (ambiente Qc). Alto contenido en sulfatos.
- Hormigón del sostenimiento. Presencia de etringita. Presenta ataque por sulfatos con una penetración de hasta 3 cm.
- Hormigón de revestimiento en hastiales. Sin presencia de etringita.
- Hormigón de limpieza en solera. Ataque por sulfatos con una penetración superior a los 6cm
- Hormigón de solera. En zonas donde no existía hormigón de limpieza, se ha producido ataque por sulfatos con una penetración de 3 cm.
- Probable generación de oquedades en el terreno por arrastre y disolución de material de material
- En caso de obturación de los drenes, para evitar la progresión del lavado y disolución de material, la solera del túnel colapsaría debido a las subpresiones.



4. Casos prácticos

Túnel en yesos

✓SINTESIS. Dos tipos de problemática

❖Fácil Solución

- Oquedades en trasdos de revestimiento --- Consolidación
- Juntas frías --- Sellado y/o inyección
- Fisuración de origen retractivo y/o geoestructural --- Sellado y/o inyección
- Segregaciones locales en el hormigón --- Picado, saneo y reparación con morteros tixotrópicos

❖Solución Atípica

- Resistencia del hormigón
- Acción de agentes ajenos al revestimiento, humedad, filtraciones, presencia de agua
- Ataque por sulfatos a hormigones de sostenimiento y revestimiento
- Cavidades en el entorno del túnel



4. Casos prácticos

Túnel en yesos

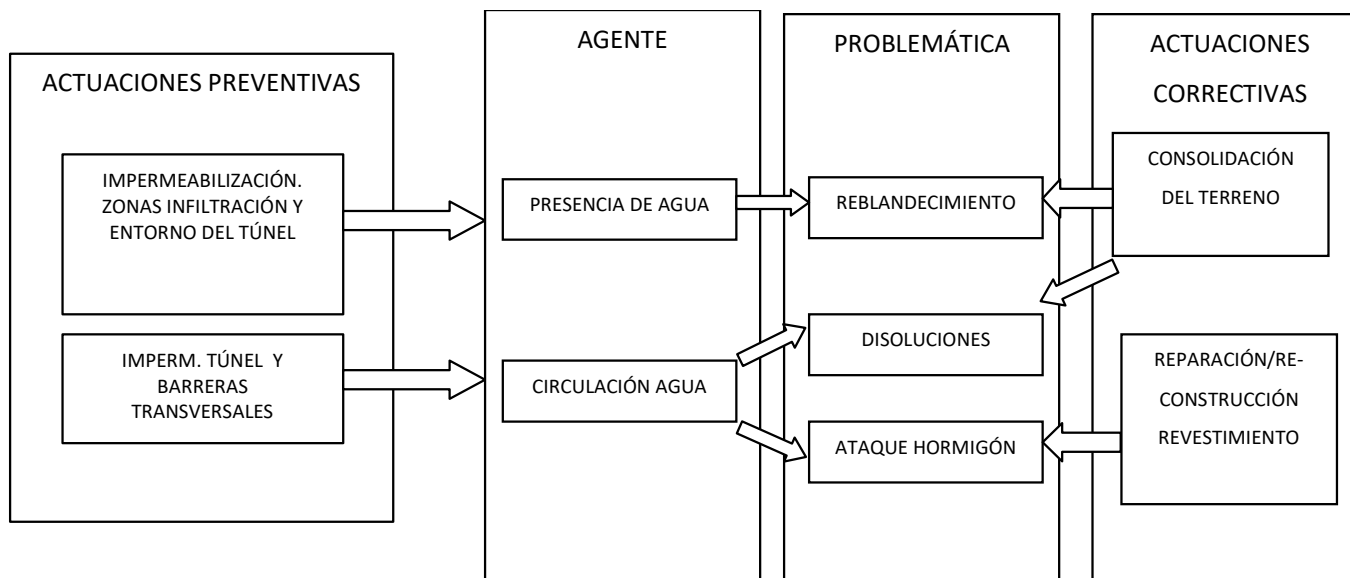
✓ PLANTEAMIENTO. Problemática - Actuaciones

❖ Doble problemática

- Existencia de posibles cavidades en el entorno del túnel
- Ataque por sulfatos al hormigón del revestimiento

❖ Actuaciones

- PREVENTIVAS: Actúan sobre el origen del problema (impermeabilización del terreno)
- CORRECTIVAS: Actúan directamente sobre el problema



4. Casos prácticos

Dren bajo solera

Dren bajo solera



4. Casos prácticos

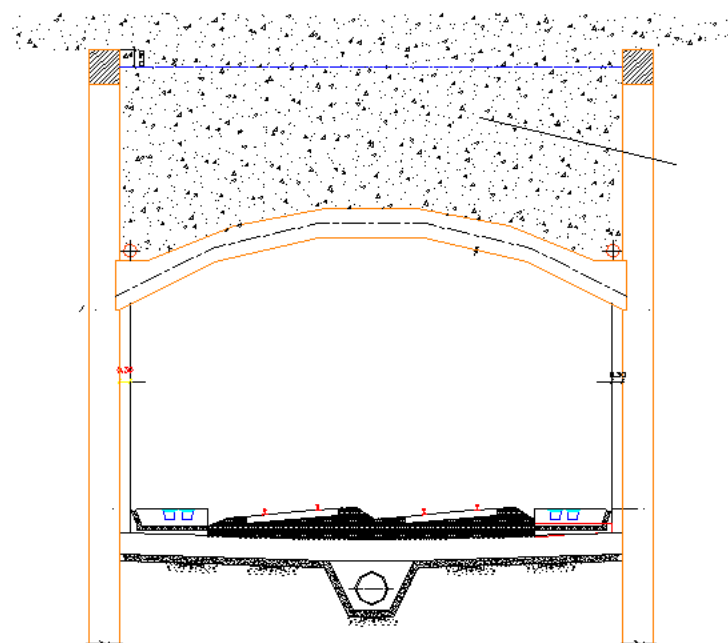
Dren bajo solera

✓ TIPOLOGIA DEL TUNEL

- Falso túnel con hastiales verticales. Muros pantalla con pilotes no secantes de hormigón armado, con un revestimiento de hormigón de 30cm en su cara de intradós.
- Bóveda de hormigón armado apoyada en las pantallas y relleno posterior de tierras
- Solera de hormigón armado de 60cm, sin empotramiento con hastiales
- Dren central bajo solera, formado por un tubo prefabricado de 800mm de sección

✓ GEOLOGIA

- Yesos masivos y alternancia de yesos, arcillas y yesos tableados

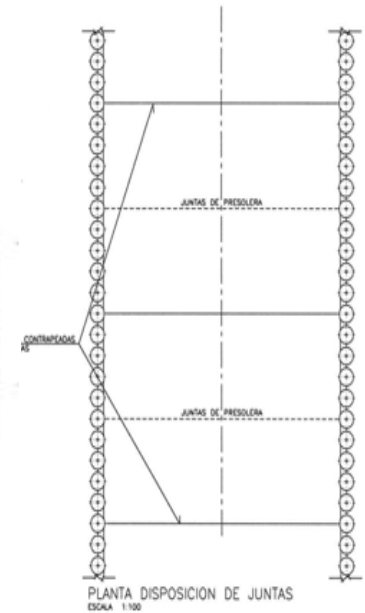
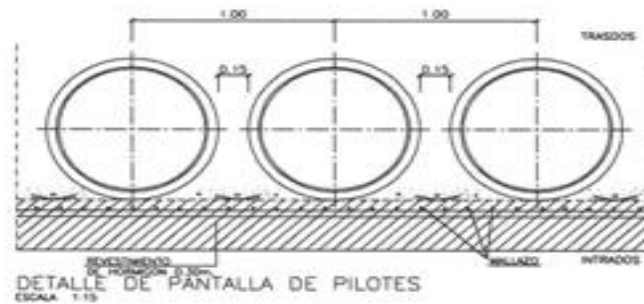


4. Casos prácticos

Dren bajo solera

✓PROBLEMÁTICA GENERAL

- Gran aporte de agua al túnel procedente de un desmonte de más de 2Km, cuyas aguas desembocan directamente al colector del túnel
- Viviendas sin urbanizar y carentes de alcantarillado, que producen gran aporte de agua en superficie. El agua filtra al cimiento del túnel a través de los muros pantalla
- Ubicación del dren bajo la solera. Susceptible de arrastres de material por fugas de agua.



4. Casos prácticos

Dren bajo solera

✓INCIDENCIA GENERADA

- Fuga de agua a través del colector, generando el arrastre del material y produciendo una oquedad de enormes dimensiones.
- Pérdida del cemento de la solera, quedando en voladizo.



4. Casos prácticos

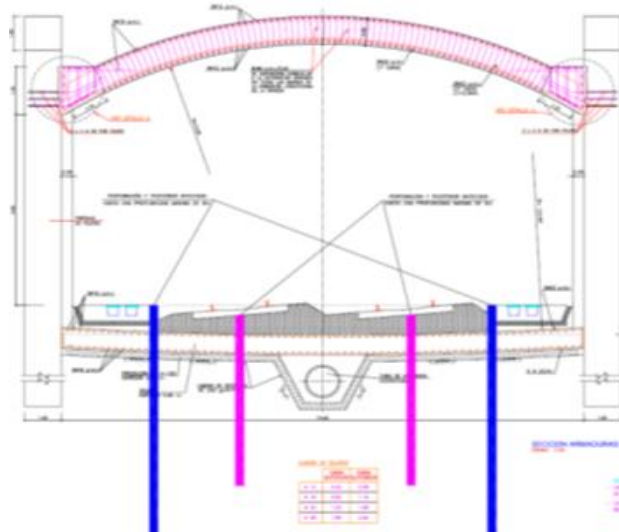
Dren bajo solera

✓ACTUACIONES DE URGENCIA

- Relleno con hormigón en masa de la oquedad a través de la arqueta.

✓ACTUACIONES A CORTO PLAZO

- Perforación e inyección sin presión (en retirada) de morteros.
- Estudio para interceptar y derivar el agua fuera de la zona de influencia del túnel.



4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

Túnel sin revestimiento



4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

✓TIPOLOGIA DEL TUNEL

- Túnel de doble tubo de 1.150 metros de longitud separadas ambos por una distancia variable entre 4 y 10 metros.
- Montera máxima de 150 metros.
- Tres carriles por tubo con arcenes en ambos márgenes
- Sostenimiento:
 - Hormigón proyectado HM-25 de espesor variable según sostenimiento tipo I, II o III
 - Bulón de 25mm de diámetro dispuestos en malla variable según sostenimiento tipo I, II o III
 - Mallazo electrosoldado
- Revestimiento: **AUSENCIA DE REVESTIMIENTO**
- Impermeabilización: Lámina de PVC en zonas de humedades y goteos.

✓GEOLOGIA Y GEOTECNIA

- Atraviesa la formación marracota formada por limolitas y areniscas.
- Disposición de la estratificación homogénea con buzamientos bajos (20°)
- En la segunda mitad del túnel materiales plegados y fracturados. Variación sistemática de los planos de estratificación.
- Espesor de los estratos < 1 metro
- Hidrogeológicamente, gran presencia de agua con surgencias importantes puntuales

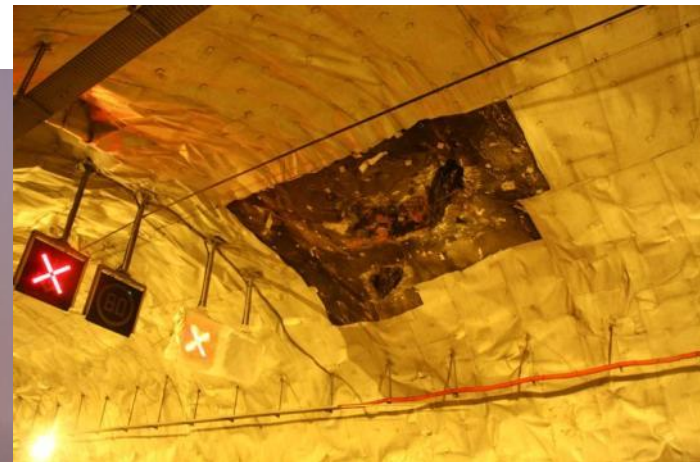


4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

✓INCIDENCIAS

- Desprendimientos con caídas de placas de hormigón proyectado y terreno invadiendo la calzada



4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

✓PROBLEMÁTICA GENERAL

- Ausencia de revestimiento de hormigón como función estructural
- Cálculo del sostenimiento con factor de seguridad de 1,3, válido para situaciones a corto plazo, pero insuficiente para sostenimientos permanentes.
- Dudosa durabilidad de los elementos metálicos del sostenimiento
- Mallazo sin colaboración de ningún elemento de anclaje al terreno. Pierde capacidad de retención frente a desprendimientos



4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

✓ PATOLOGIAS E INCIDENCIAS GENERADAS

- Hormigón proyectado, agrietado, despegado o en situación precaria en bóveda
- Hormigón proyectado insuficiente y en mal estado en hastiales
- Irregularidades en el contorno del túnel
- Filtraciones de agua con goteos a calzada.



4. Casos prácticos

Túnel sin revestimiento

✓SOLUCIONES

- Auscultación con láser-escáner para análisis de la sección.
- Picado y reposición del hormigón proyectado en capa de 15cm.
- En zonas de tratamiento en sección completa, colocación de mallazo sujeto con placa auxiliar de bulones, previa colocación del hormigón.
- Duplicación de los bulones existentes de 4m de longitud y en cuadrícula de 1,5x1m, previamente galvanizados, alojados en taladros con lechada con aditivo tixotrópico para garantizar su carácter permanente.
- En zonas donde el análisis con láser-escáner, dieron zonas cóncavas o dentro de sección, la longitud de los bulones sería de 5mm para garantizar una corona homogénea de 4m de profundidad.
- Colocación de malla triple torsión sujeta con placas de bulones.



Muchas gracias

