

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Túnel de Acceso a Bilbao por San Mamés.

Pedro Rivas (Interbiak), Andoni Alkorta (Interbiak), Alberto Bernardo
(Túneles y Geomecánica TyG),
Josep Raventós (TRE-Altamira)



ENCUADRE GENERAL

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Descripción general del Proyecto de Accesos a San Mamés

OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN:

- Crear una nueva conexión a Bilbao por la Avenida del Ferrocarril
- Remodelación del tronco de la A-8 o Solución Sur para su futura transformación en vía urbana (VAO, limitación del tráfico de camiones, etc.)
- Crear un ramal de conexión a Bilbao por San Mamés y así poder anular los viaductos de Sabino Arana
- Posibilitar la posterior construcción de la Variante de Rekalde
- Minimizar en lo posible los impactos al medio ambiente mediante el tráfico soterrado

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Descripción del entorno urbano sobre el que se desarrolla

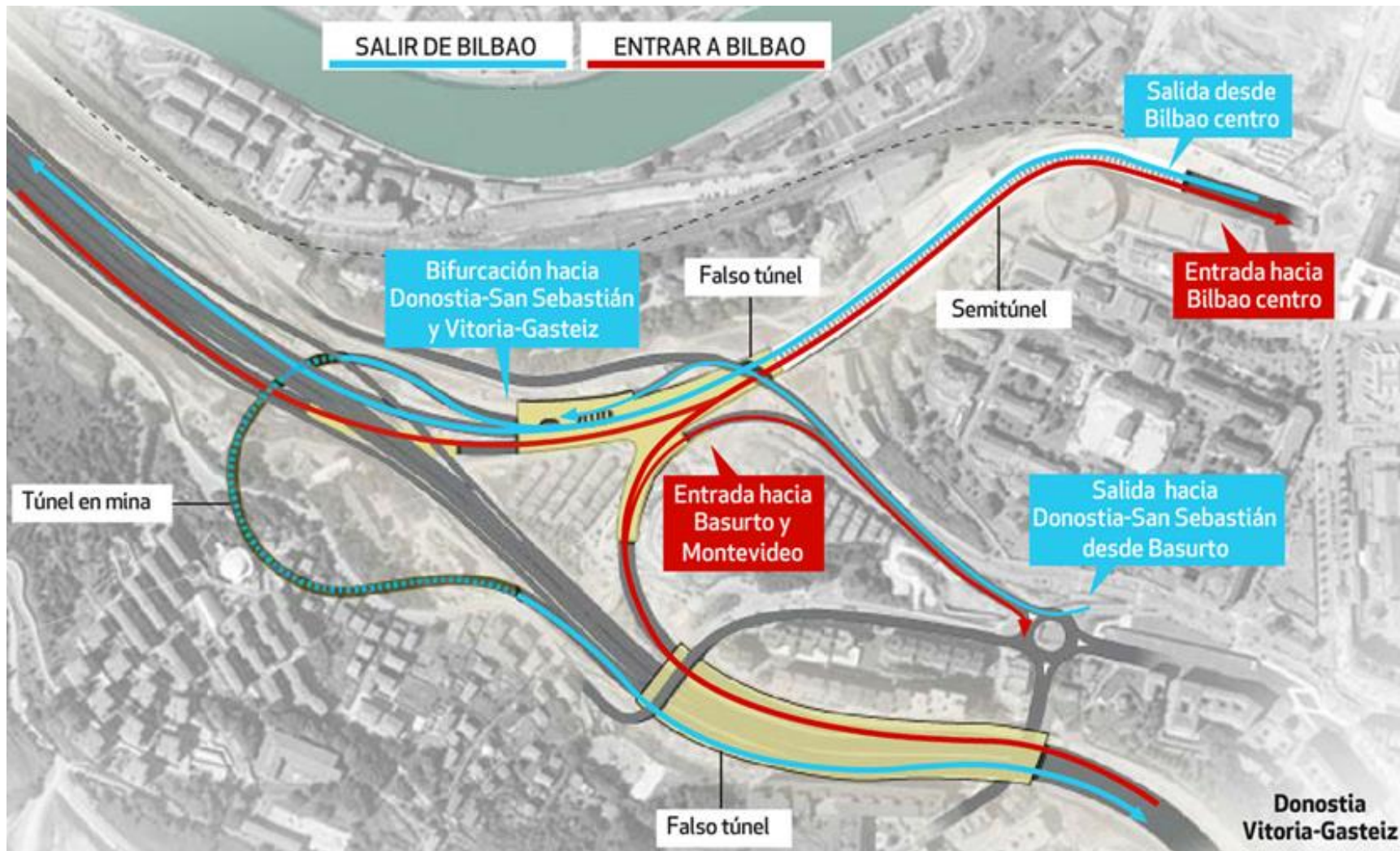


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Descripción del trazado



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Obras relevantes en la actuación



UNIDADES DE OBRA RELEVANTES:

4 Falsos túneles
4 Viaductos
1 Túnel, Falsos túneles y
galería peatonal
Soterramiento A-8
2 Desmontes

ADJUDICACIÓN:

24 nov 2008
150 millones de euros

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Túneles definidos

DENOMINACIÓN	MÉTODO CONSTRUCTIVO	LONGITUD	PK inicio	PKfinal
Túnel N° 1	Mina + Falso Túnel	454 m	1+376.4	1+830
FT 1	Falso Túnel	58 m	1+177	1+235
FT-1	Falso Túnel	61 m	1+960	2+021.5
FT 2	Falso Túnel	177 m	1+783	1+960
FT-3	Falso Túnel	112 m	1+605.5	1+717.5
FT-4	Falso Túnel	170 m	1+750	1+920
Galería Peatonal	Mina + Falso Túnel	135 m	0+000	0+135.53

- TÚNEL N°1:

PK. Inicio	P.K Final	Boquilla	Longitud	Método Constructivo
1+376.4	1+449	Entrada	72.6 m	Falso Túnel
1+449	1+800	-	351 m	Túnel en Mina
1+800	1+830	Salida	30 m	Falso Túnel

- GALERÍA PEATONAL:

PK. Inicio	P.K Final	Boquilla	Longitud	Método Constructivo
0+000	0+129.5	-	129.5 m	Túnel en Mina
0+129.5	0+135.5	Salida	6.0 m	Falso Túnel

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

DISEÑO DEL TÚNEL 1 DE SAN MAMÉS

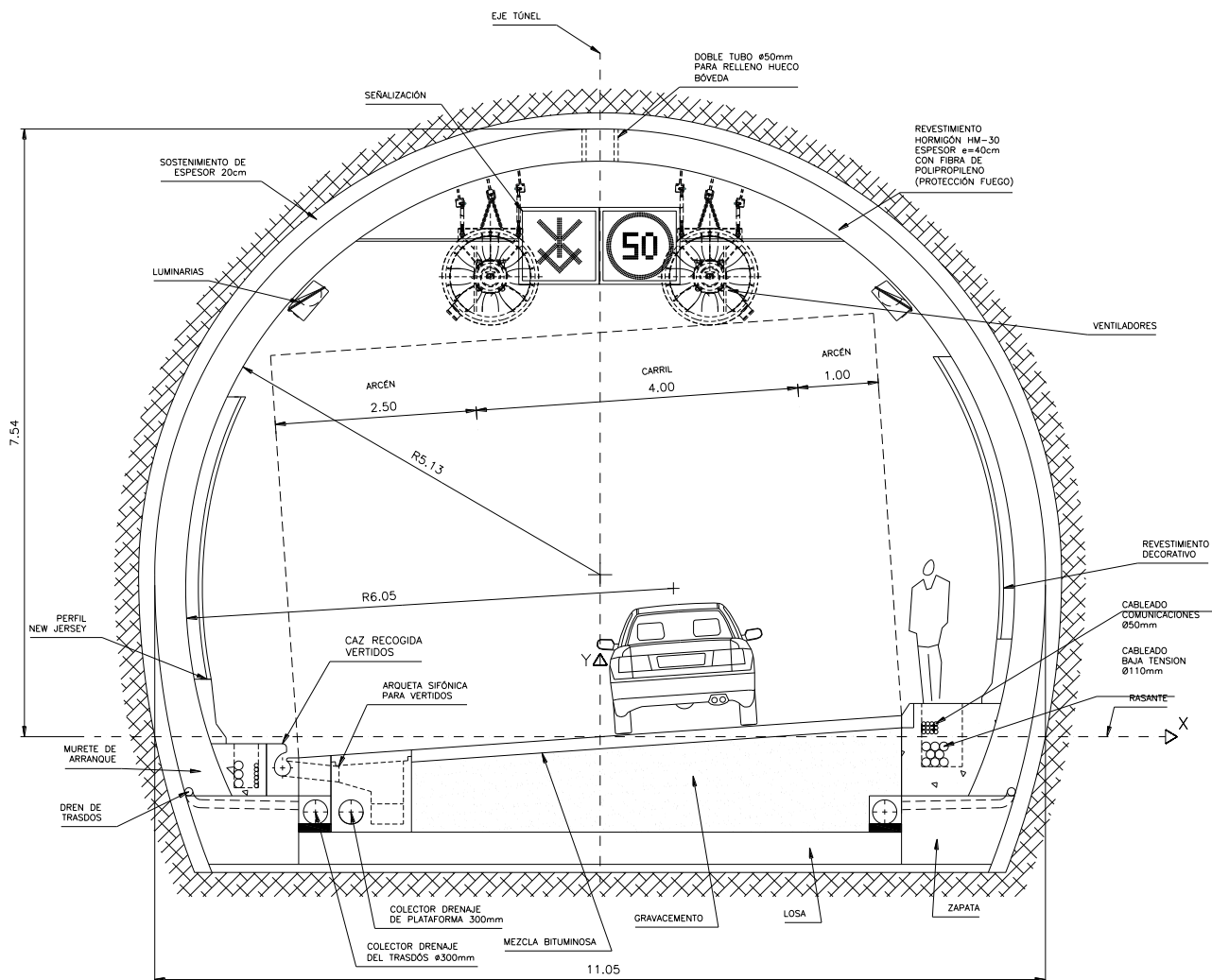
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Sección tipo Túnel N°1

- Radio min trazado: 101 m
- Peralte: 7%
- Pendiente: 3%
- Tipo Sección: Circular
- Carriles: 1
- Sec. excavación: 99,93 m²
- Sec. interior: 59,2 m²
- Radio Bóveda: 5,13 m
- Altura: 7,14 m
- Plataforma: 9 m

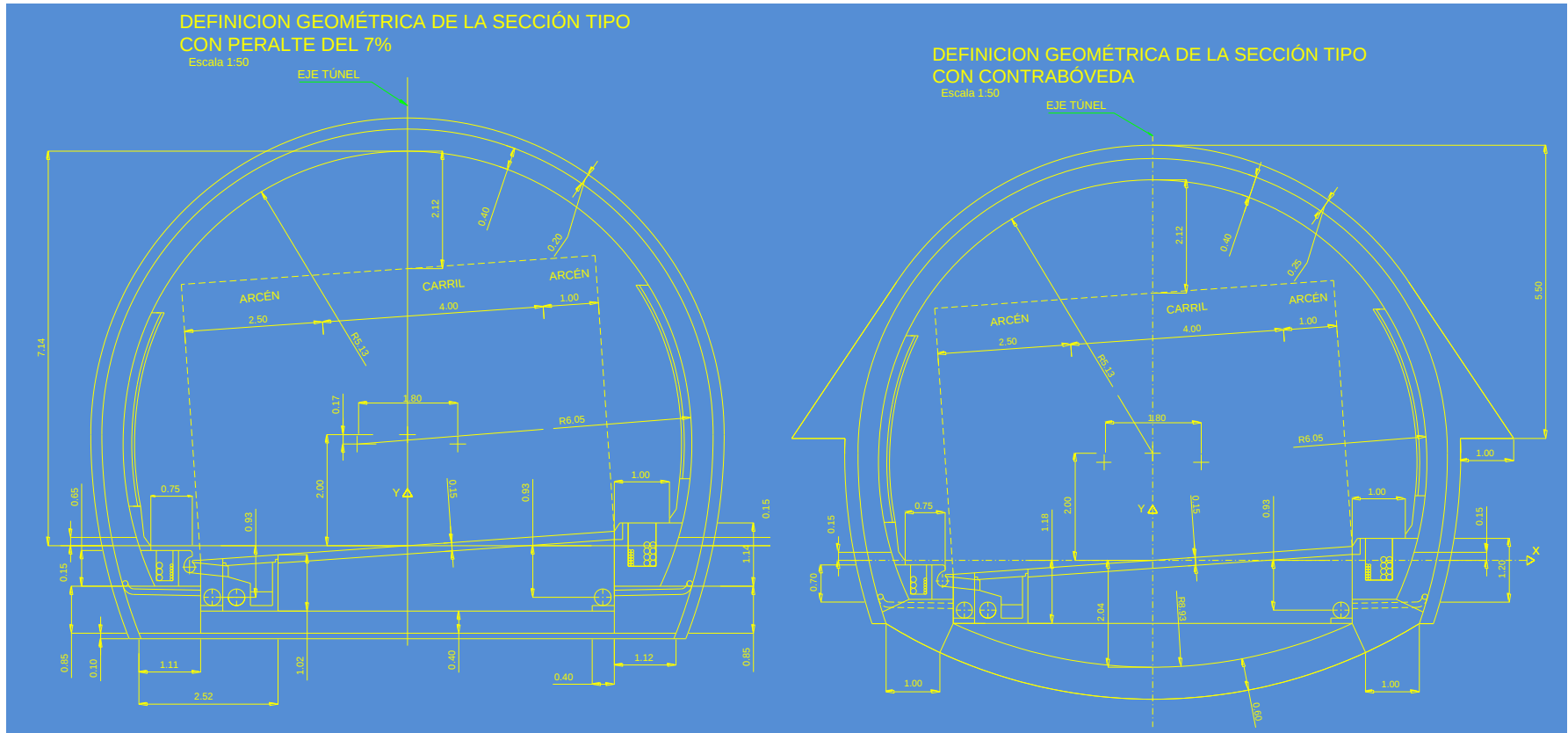


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Geometría de la Sección Tipo Túnel Nº1

- Sección Tipo con solera plana para los tramos en roca
- Sección Tipo con contrabóveda y pata de elefante en tramos en suelos



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Boquilla de entrada. P.K. 1+449

Se trata de una sección ejecutada entre pantallas de micropilotes, en Falso Túnel, que discurre bajo la A8.



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Boquilla de salida. P.K. 1+800



Se trata de una sección ejecutada entre pantallas de pilotes, desarrollada a mayor profundidad.

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

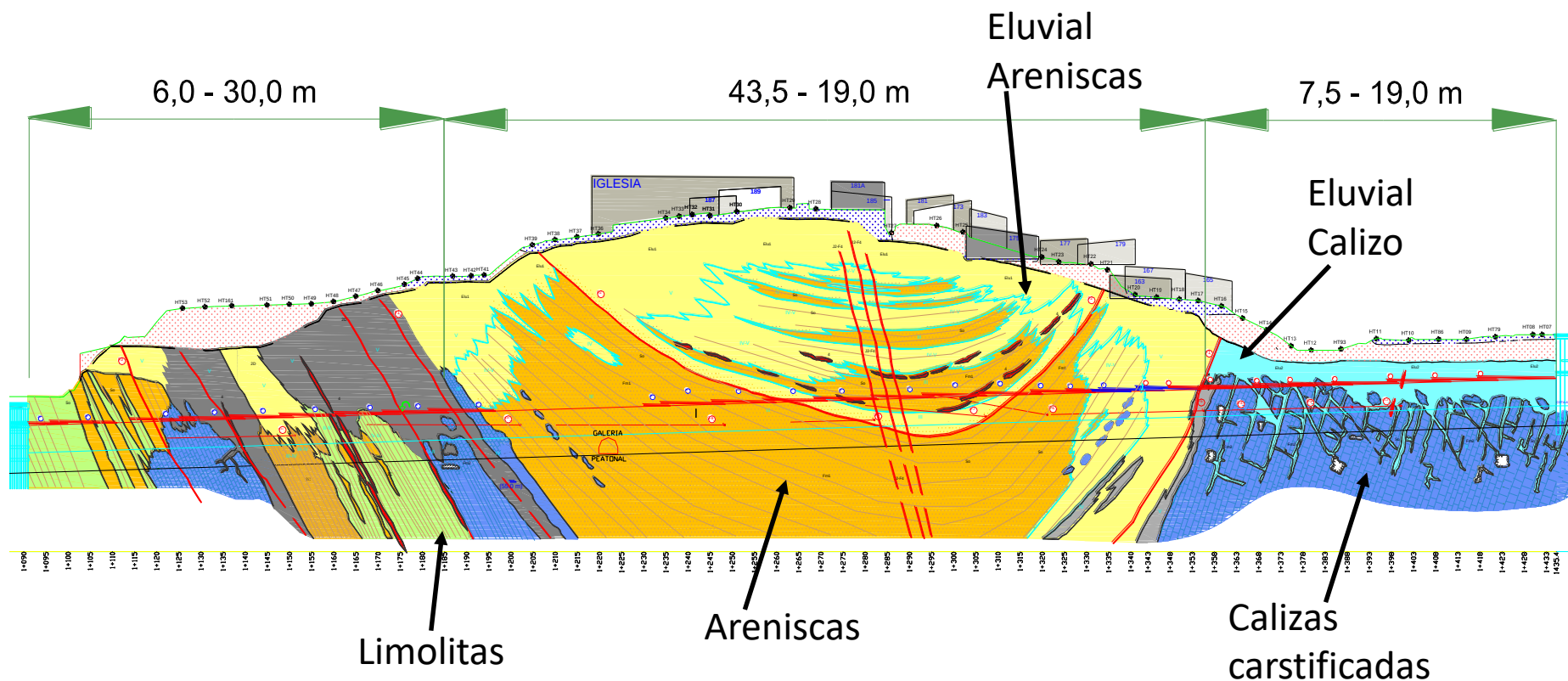
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Entorno Geológico Túnel N°1

- ROCAS: Calizas, areniscas y limolitas calcáreas.
- SUELOS: Depósitos eluviales de estas litologías rocosas, y rellenos antrópicos procedentes de la actual A-8 y de escombreras mineras.
- La cobertera es muy escasa, y los espesores de depósitos eluviales son relativamente importantes.



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Litotipos y parámetros geotécnicos: SUELOS ELUVIALES

Litotipo (Elu 1): Areniscas y limolitas calcáreas con grado meteorización IV-VI		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 2031 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = 0.161 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Cohesión efectiva	$C' = 0.028 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Fricción efectiva	$\phi' = 32.35$	Ensayos laboratorio
Número de golpes SPT	NSPT = 10- R	Ensayos in situ
Edométrico	$c_c = 0.138$	Ensayos laboratorio

Litotipo (Elu 2): Calizas con grado meteorización IV-VI		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 1997 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = 0.25 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Cohesión efectiva	$C' = 0.022 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Fricción efectiva	$\phi' = 33.35$	Ensayos laboratorio
Número de golpes SPT	NSPT = 3 – R	Ensayos in situ
Edométrico	$c_c = 0.28$	Ensayos laboratorio

Litotipo (Elu 3): Limolitas con grado meteorización IV-VI		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 2060 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = - \text{MPa}$	Ensayos laboratorio
Cohesión efectiva	$C' = 0.02 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Fricción efectiva	$\phi' = 26.85$	Ensayos laboratorio
Número de golpes SPT	NSPT = 13 – R	Ensayos in situ
Edométrico	$c_c = -$	Ensayos laboratorio



Eluvial de areniscas en la vertical del Túnel N^o1

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Litotipos y parámetros geotécnicos: ROCA

1: Areniscas y limolitas calcáreas		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 2692 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = 40.61 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Resistencia a tracción	$\sigma_t = 5.06 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Módulo de deformación	$E_{lab} = 21.055 \text{ GPa}$	Ensayos laboratorio
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0.32$	Ensayos laboratorio
Velocidad ondas sísmicas	$V = 4565 \text{ m/s}$	Ensayos laboratorio
Parámetro m_i	$m_i = 17$	Bibliografía
Abrasividad Cerchar	$CAI = 2.40 *$	Ensayos laboratorio
Índice Schimazek	$F = 0.18 \text{ kN/m} *$	Ensayos laboratorio

3: Limolitas calcáreas		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 2712 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = 23.65 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Resistencia a tracción	$\sigma_t = 4.51 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Módulo de deformación	$E_{lab} = 19.130 \text{ GPa}$	Ensayos laboratorio
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0.25$	Ensayos laboratorio
Velocidad ondas sísmicas	$V = 4303 \text{ m/s}$	Ensayos laboratorio
Parámetro m_i	$m_i = 7$	Bibliografía
Abrasividad Cerchar	$CAI = 0.30 *$	Ensayos laboratorio
Índice Schimazek	$F = 0.095 \text{ kN/m} *$	Ensayos laboratorio

2: Calizas		
Parámetro	Valor	Procedencia dato
Densidad aparente	$\gamma = 2708 \text{ kg/m}^3$	Ensayos laboratorio
Resistencia a compresión simple	$\sigma_c = 36.11 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Resistencia a tracción	$\sigma_t = 7.22 \text{ MPa}$	Ensayos laboratorio
Módulo de deformación	$E_{lab} = 58.876 \text{ GPa}$	Ensayos laboratorio
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0.27$	Ensayos laboratorio
Velocidad ondas sísmicas	$V = 5744.5 \text{ m/s}$	Ensayos laboratorio
Parámetro m_i	$m_i = 10$	Bibliografía
Abrasividad Cerchar	$CAI = 1.60 *$	Ensayos laboratorio
Índice Schimazek	$F = 0.076 \text{ kN/m} *$	Ensayos laboratorio

Calizas en Bentazarra



Limolitas en trinchera A-8

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

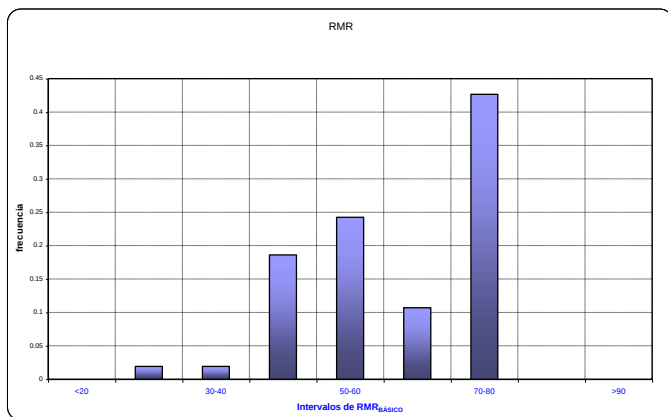
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Clasificaciones Geomecánicas

- Es un entorno urbano donde apenas aflora la roca.
- Los valores del RMR se obtuvieron estadísticamente por análisis de los datos obtenidos en sondeos.

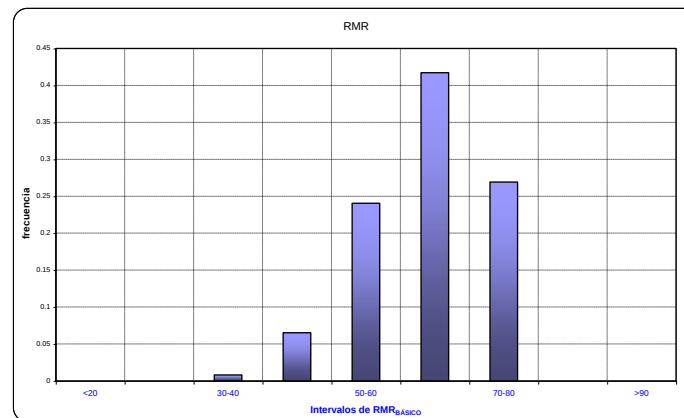
San Mamés: Litotipo 1 (Areniscas y limolitas calcáreas sanas)

Sondeos:	RMR _{BÁSICO}	Max	Min	Medio Pond.
S-3, S-7, S-7B, S-37, S-4	RMR1 (RCS)	7	2	6
Longitud total utilizada (m):	RMR2 (RQD)	20	9	18
78.77	RMR3 (ESPACIADO)	15	8	9
Litologías:	RMR4 (JUNTAS)	26	8	19
Areniscas y limolitas	RMR5 (AGUA)	15	4	11
RMR BÁSICO (90%)		76-29		
RMR BÁSICO medio		62		
GSI medio		62		



San Mamés: Litotipo 2 (Calizas sanas)

Sondeos:	RMR _{BÁSICO}	Max	Min	Medio Pond.
S-3, S-22, S-22B, S-36, S-36B, S-37B, S-38, S-38B, S-40, S-47, S-48, S-74, S-75, S-76	RMR1 (RCS)	7	4	6
Longitud total utilizada (m):	RMR2 (RQD)	20	7	16
143.47	RMR3 (ESPACIADO)	10	8	9
Litologías:	RMR4 (JUNTAS)	26	15	23
Calizas Sanas	RMR5 (AGUA)	15	7	10
RMR BÁSICO (90%)		78-40		
RMR BÁSICO medio		64		
GSI medio		64		



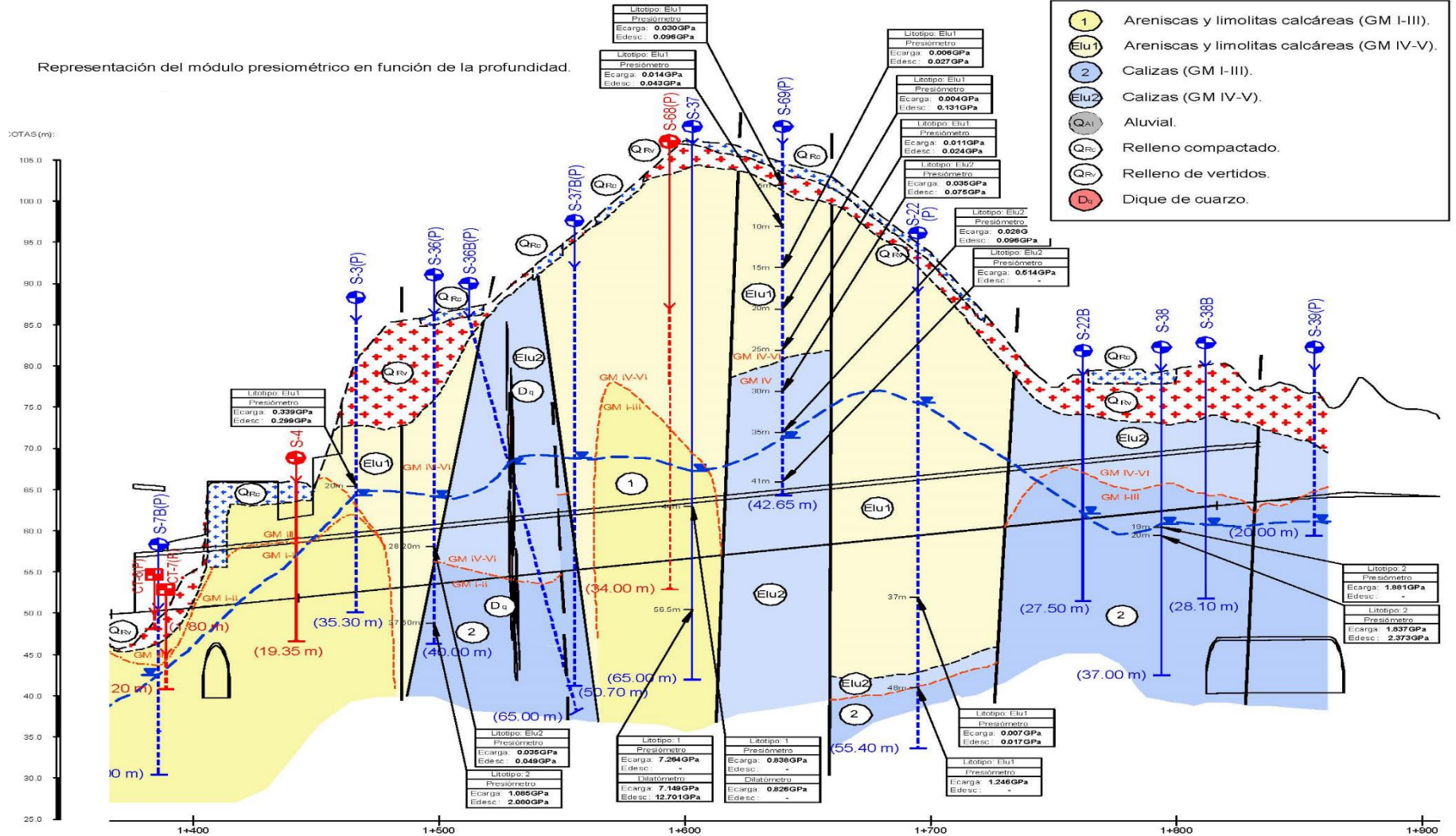
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Deformabilidad

- Es un parámetro de gran relevancia en cálculos tensodeformacionales y de subsidencias. Se realizaron numerosas determinaciones presiodilatométricas.

Representación del módulo presiométrico en función de la profundidad.



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Riesgos Geotecnicos

- Subsidiencias, tanto en suelos como en materiales rocosos someros.
- Posible presencia de cavidades kársticas y huecos mineros
- Espesor relativamente importante de suelos eluviales y rellenos antrópicos.
- Emboquilles complejos, afectando al trazado de la A-8.

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

SOSTENIMIENTO, REVESTIMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO



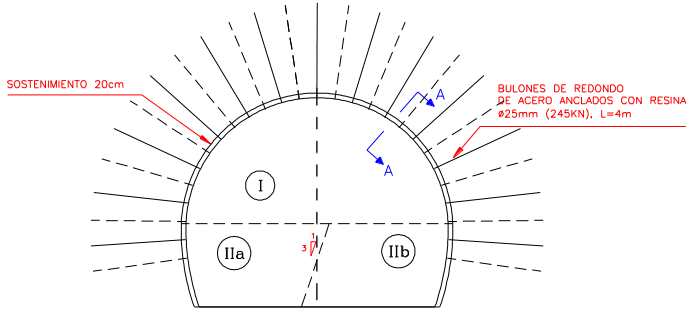
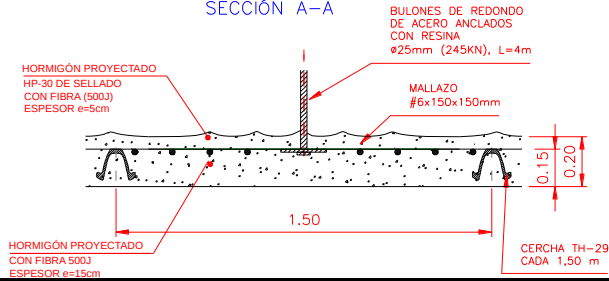
Criterio de diseño del sostenimiento

- A lo largo del trazado se habían reconocido tanto terrenos tipo suelo eluvial, como rocoso.
- Dado el riesgo que suponía ejecutar el túnel bajo los numerosos edificios existentes, se decidió emplear sostenimiento rígido.
- En los tramos en roca se emplearían cerchas tipo TH-29, así como pernos y gunita (Tipo I). Dado que el apoyo de la sección estaría conformado por roca, la sección dispondría de solera plana.
- En los tramos en suelos se ejecutaría un sostenimiento pesado, con cerchas pesadas HEB y paraguas de micropilotes (Tipo II). Dado que el apoyo de la sección tendría lugar en suelos, se emplearía “pata de elefante” y contrabóveda.

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

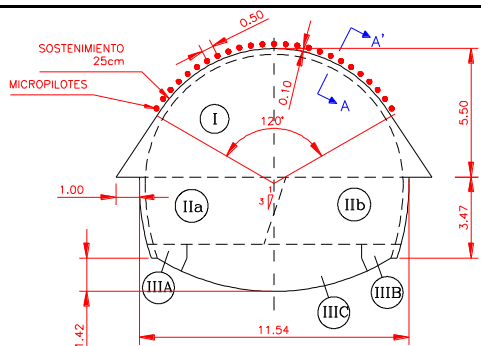
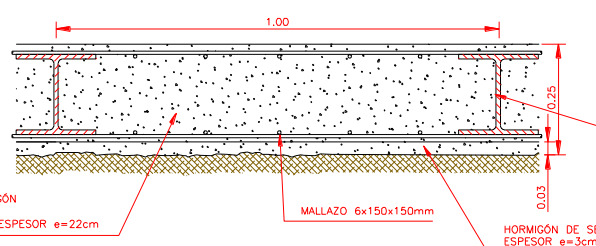
Sostenimiento Tipo I (Tramos en Roca)

EXCAVACIÓN	TERRENO	RMR > 30
	LONGITUD DE AVANCE	1,5 m EN AVANCE
	MÉTODO DE EXCAVACIÓN	MEDIOS MECÁNICOS
	FASES CONSTRUCTIVAS	 SOSTENIMIENTO 20cm BULONES DE REDONDO DE ACERO ANCLADOS CON RESINA $\varnothing 25\text{mm}$ (245kN), L=4m I: AVANCE CALOTA (Mitad superior) IIa: DESTROZA IZQUIERDA – IIb: DESTROZA DERECHA
SOSTENIMIENTO	HORMIGÓN PROYECTADO	HP-30 CON FIBRA DE POLIPROPILENO (500 J). ESPESOR = 20 cm
	CERCHAS	TH-29 CADA 1,5 METROS
	ESQUEMA EN SECCIÓN	 SECCIÓN A-A BULONES DE REDONDO DE ACERO ANCLADOS CON RESINA $\varnothing 25\text{mm}$ (245kN), L=4m MALLAZO $\# 6 \times 150 \times 150\text{mm}$ HORMIGÓN PROYECTADO HP-30 DE SELLADO CON FIBRA (500J) ESPESOR e=5cm HORMIGÓN PROYECTADO CON FIBRA 500J ESPESOR e=15cm CERCHA TH-29 CADA 1,50 m
REVESTIMIENTO	BÓVEDA Y HASTIALES	HORMIGÓN ENCOFRADO HM-30, ESPESOR = 0,30 m Y ADICIÓN DE 2 kg/m ³ DE FIBRA DE POLIPROPILENO DE RESISTENCIA PASIVA AL FUEGO (MULTIFILAMENTO)
	SOLERA / CONTRABÓVEDA	SOLERA DE 20 cm SISTEMÁTICA DE HORMIGÓN HM-30
	IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA DE PVC-P (e = 2 mm) Y GEOTEXTIL (500 gr/m ²)

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Sostenimiento Tipo II (Tramos en Suelo)

EXCAVACIÓN	TERRENO	RMR < 30
	LONGITUD DE AVANCE	1 m EN AVANCE
	MÉTODO DE EXCAVACIÓN	MEDIOS MECÁNICOS
	FASES CONSTRUCTIVAS	 I: AVANCE CALOTA (Mitad superior) IIa: DESTROZA IZQUIERDA – IIb: DESTROZA DERECHA IIIa, IIIb: ZAPATAS Y IIIc: CONTRABÓVEDA
SOSTENIMIENTO	HORMIGÓN PROYECTADO	HP-30 CON FIBRA DE POLIPROPILENO (700 J). ESPESOR = 25 cm
	CERCHAS	HEB 180 CADA METRO Y APOYOS DE CERCHAS EN AVANCE
	PARAGUAS O ENFILAJE	PARAGUAS DE MICROPILOTES
	ESQUEMA EN SECCIÓN	SECCIÓN A-A'  SOSTENIMIENTO CON HORMIGÓN PROYECTADO HP-30 CON FIBRA (700J DE ENERGÍA), ESPESOR $e=22\text{cm}$ MALLAZO 6x150x150mm HORMIGÓN DE SELLADO ESPESOR $e=3\text{cm}$ CERCHAS HEB-180, UNIDAS ESTRE SI MEDIANTE TRESILONES, ESPACIADO $\approx 1.00\text{ m}$.
REVESTIMIENTO	BÓVEDA Y HASTIALES	HORMIGÓN ENCOFRADO HM-30, ESPESOR = 0,30 m Y ADICIÓN DE 2 kg/m ³ DE FIBRA DE POLIPROPILENO DE RESISTENCIA PASIVA AL FUEGO (MULTIFILAMENTO)
	SOLERA / CONTRABÓVEDA	CONTRABÓVEDA DE 60 cm SISTEMÁTICA DE HORMIGÓN HM-30
	IMPERMEABILIZACIÓN	LÁMINA DE PVC-P ($e = 2\text{ mm}$) Y GEOTEXTIL (500 gr/m ²)

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

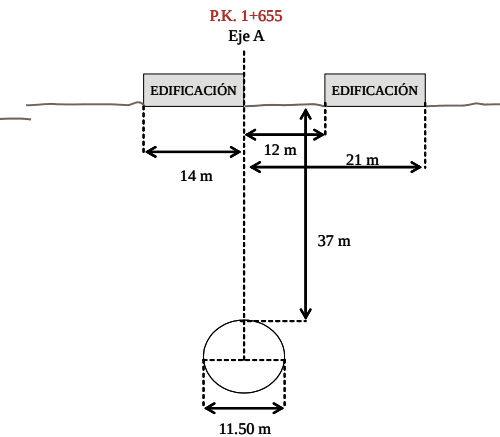
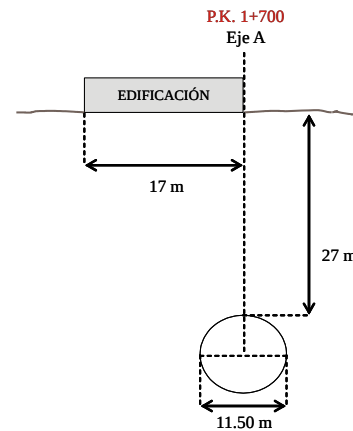
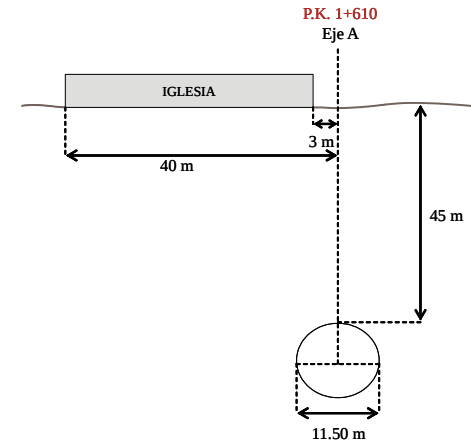
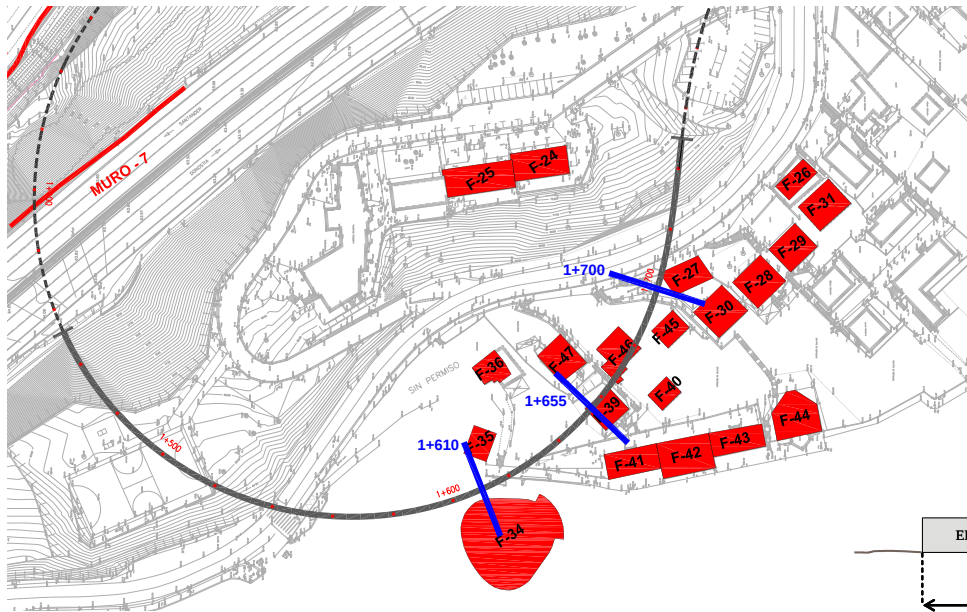
MEDIDAS PARA EL CONTROL DE SUBSIDENCIAS

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Edificios potencialmente afectados por el riesgo de subsidencia



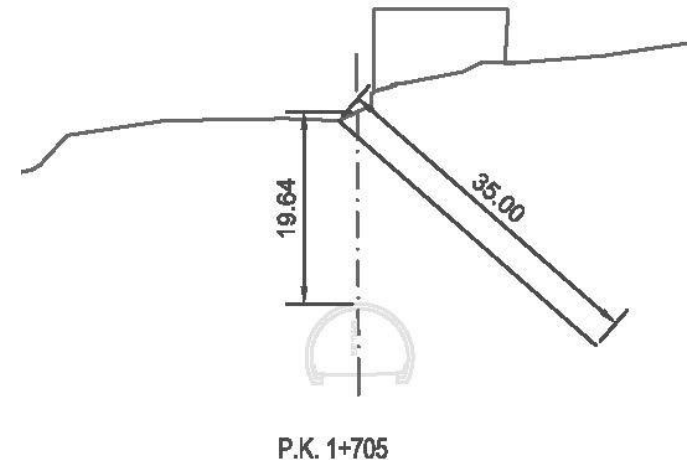
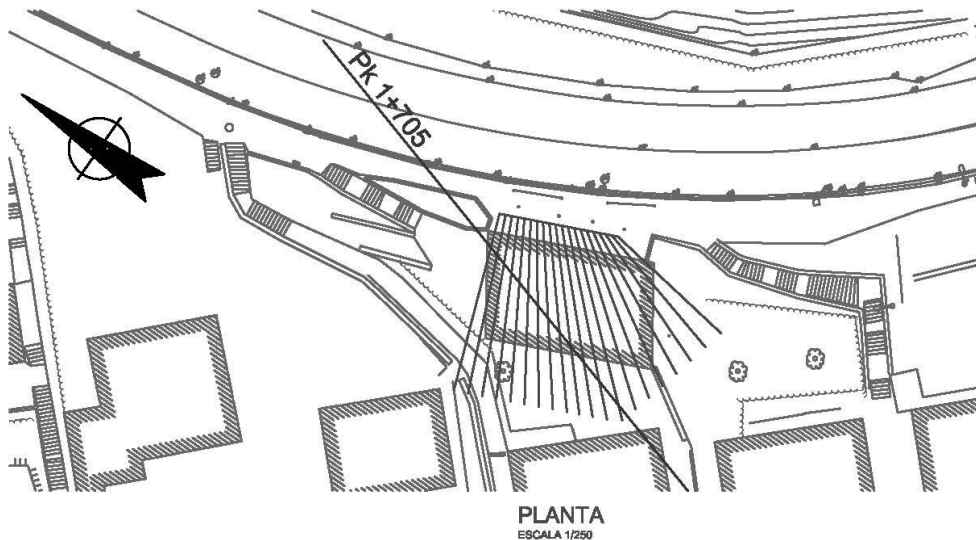
Perfiles del Túnel	
Nº de perfil	Punto kilométrico
1	1+610
2	1+655
3	1+700

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Medidas adoptadas para el control de subsidencias en zonas con edificaciones

- Pantallas de micropilotes, ejecutadas desde las calles, para cortar la cubeta de subsidencia.

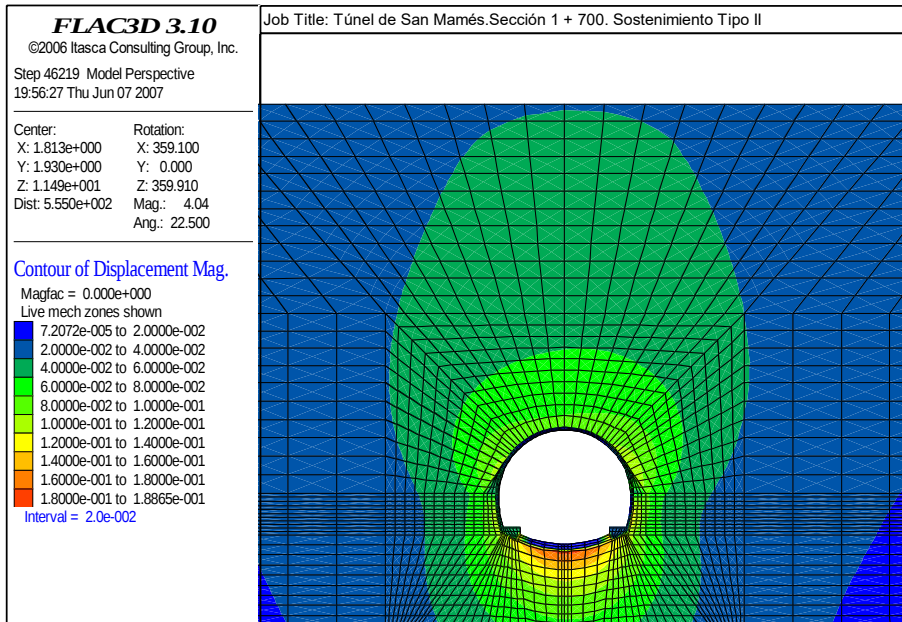


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

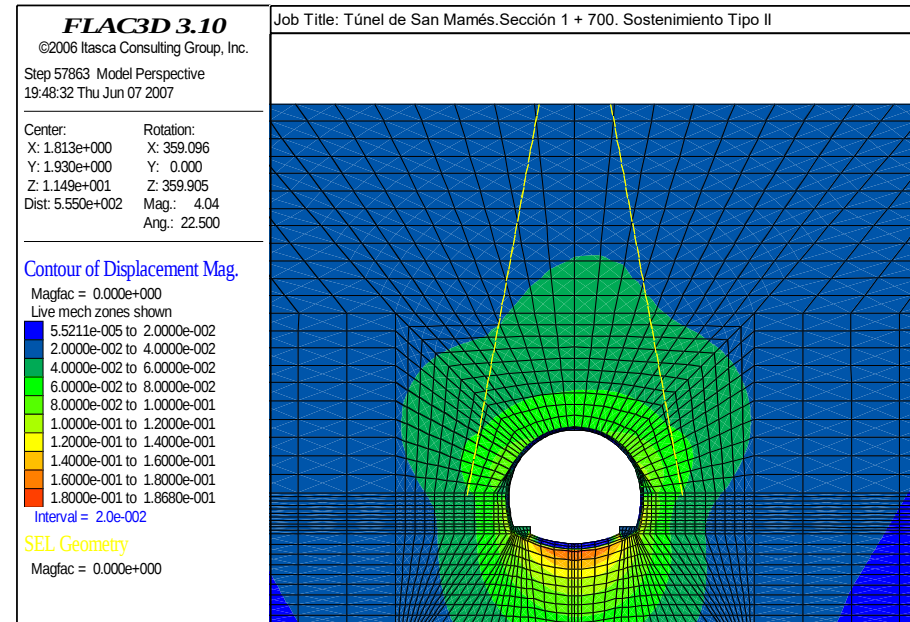
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Pantallas de micropilotes para control de subsidencias:

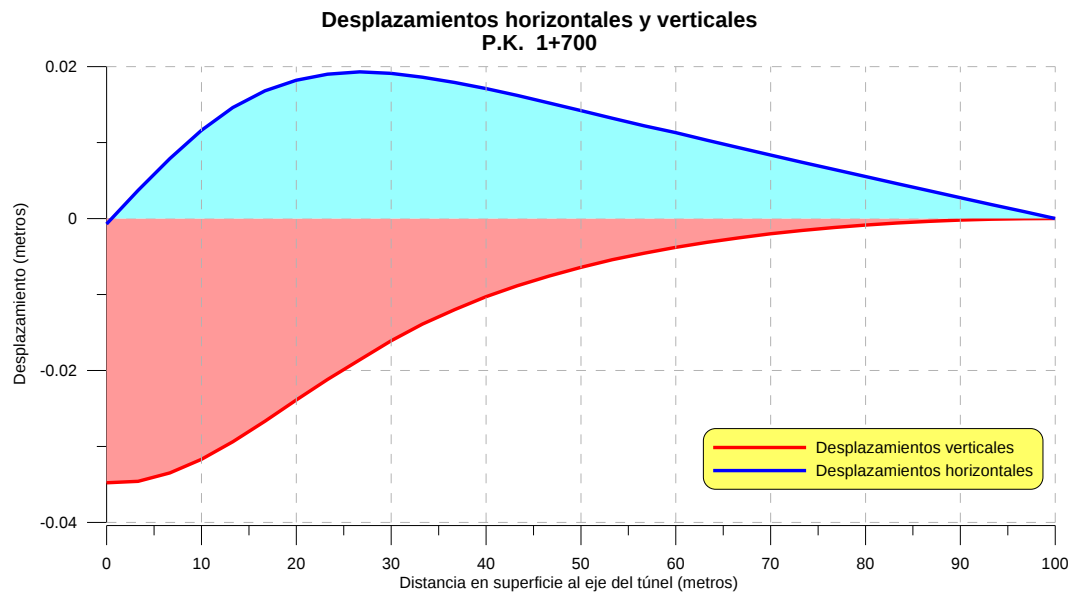
- COMPROBACIÓN NUMÉRICA



Desplazamientos totales. Sin tratamiento

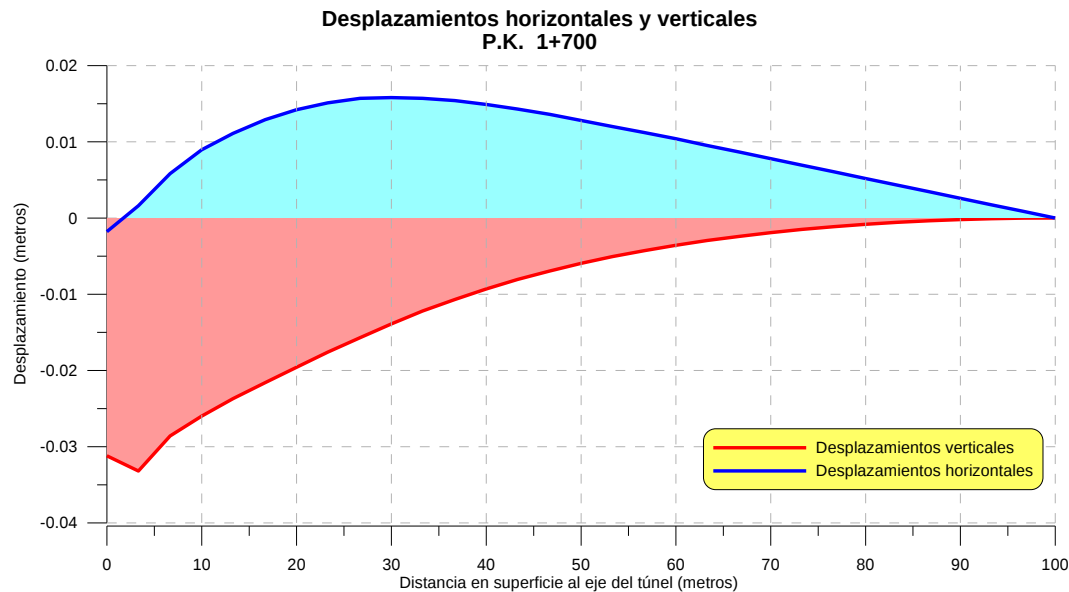


Desplazamientos totales. Con tratamiento



Pantallas de micropilotes para control de subsidencias:

Cubetas verticales y horizontales. Sin tratamiento



Cubetas verticales y horizontales. Con tratamiento

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Pantallas de micropilotes para control de subsidencias:

Diagrama de daños. Sin tratamiento

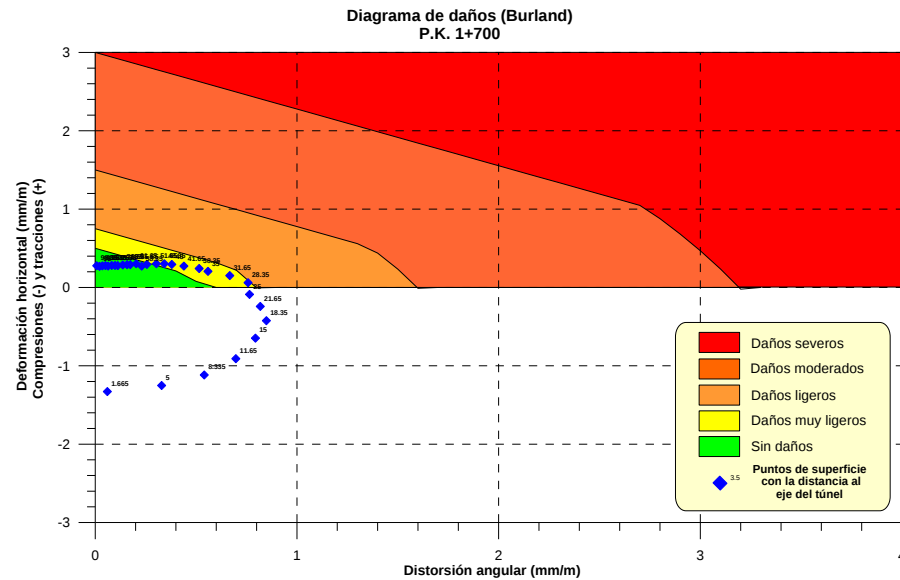
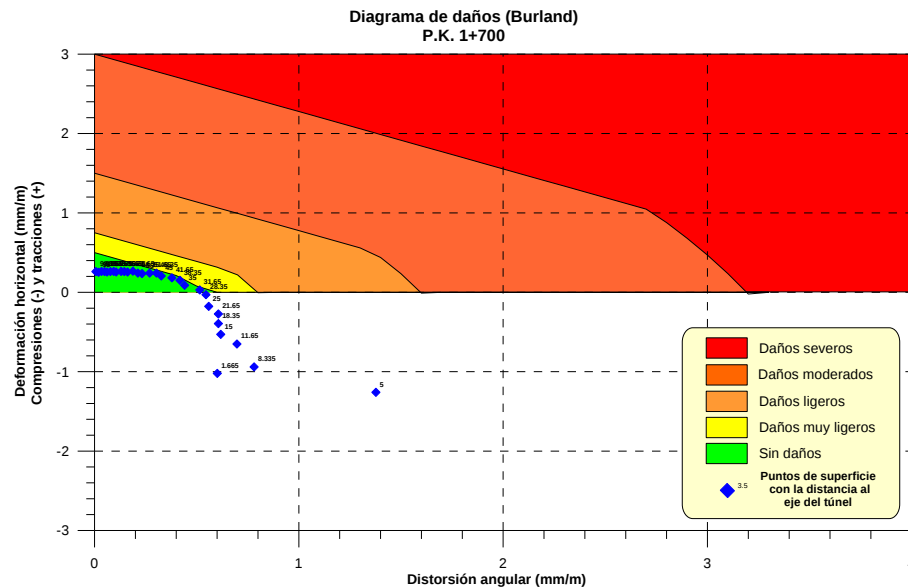


Diagrama de daños. Con tratamiento



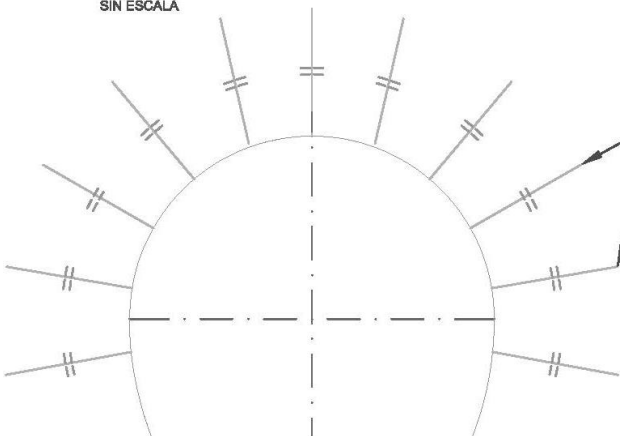
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

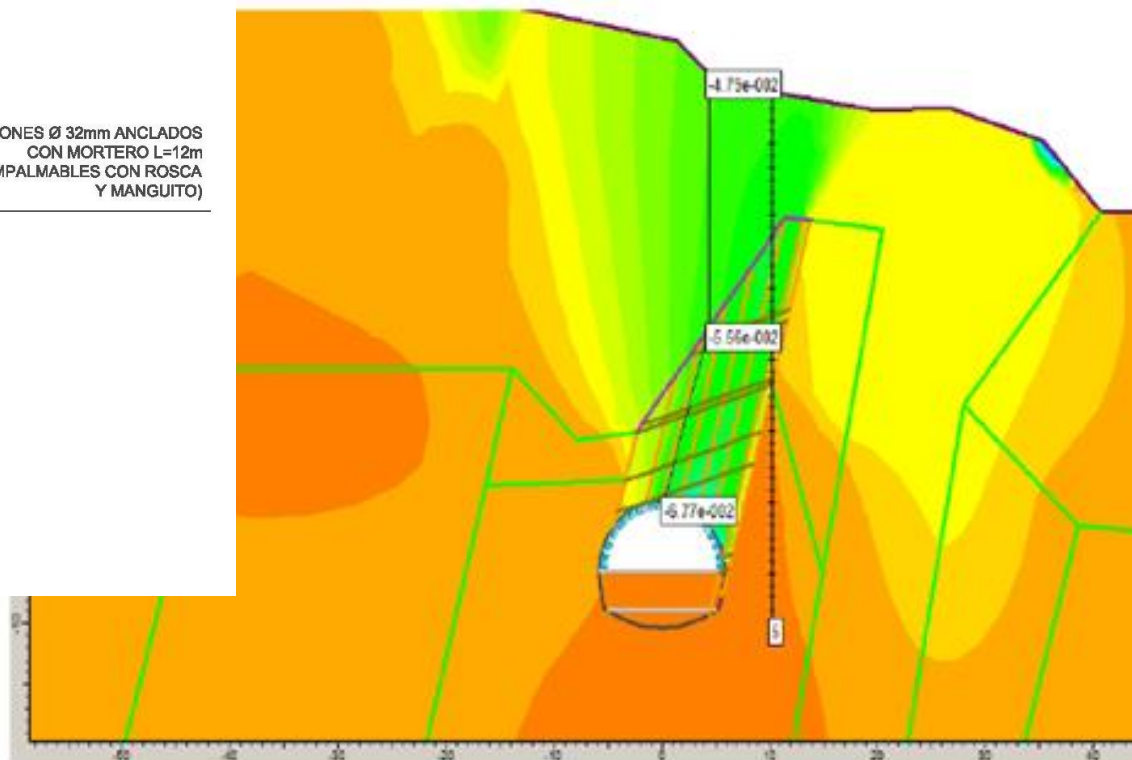
Pernos de gran longitud para control de subsidencias en tramos rocosos

- Pernos de gran longitud ejecutados desde el túnel, para estabilizar grandes bloques de roca

BULONES DE GRAN LONGITUD
SIN ESCALA



BULONES Ø 32mm ANCLADOS
CON MORTERO L=12m
(EMPALMABLES CON ROSCA
Y MANGUITO)



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

DESARROLLO DE LA OBRA

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Condicionantes de la ejecución del túnel

- Seguridad y afección a edificaciones mediante la aplicación de sostenimientos rígidos
- Control del perímetro de la excavación por medio de paraguas sistemáticos de micropilotes (29) e inyecciones armadas
- Control del frente de excavación: sellado del frente, machón central y refuerzo del frente con bulones autoperforantes.
- Control de deformaciones del propio túnel, que se reflejaban en superficie, por medio de recalce de la sección de avance con micropilotes y cierre con contrabóveda
- Control de deformaciones en el entorno del túnel con refuerzo del sostenimiento con bulones autoperforantes de 9 m y anclajes activos.

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Fases de ejecución del túnel

Avance: 6,0 m de altura y pases de excavación de 1 a 1,5 metros, en función del sostenimiento a ejecutar.

En las zonas de peor calidad geotécnica, el sostenimiento de la sección de avance se apoyaba en patas de elefante.

Excavación con medios mecánicos



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Fases de ejecución del túnel

Destroza: con una altura aproximada de 3,4 metros.
Se ejecutó en dos o tres bataches decalados un mínimo de 3 m y manteniendo un talud entre fases de 1H:3V
Excavación con medios mecánicos



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Fases de ejecución del túnel

Contrabóveda: en las zonas de peor calidad geotécnica. Los pies de las cerchas del sostenimiento de destroza se prolongaban empotrándolos en un dado de hormigón.



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Bizkaia
interbiak

Fases de ejecución del túnel

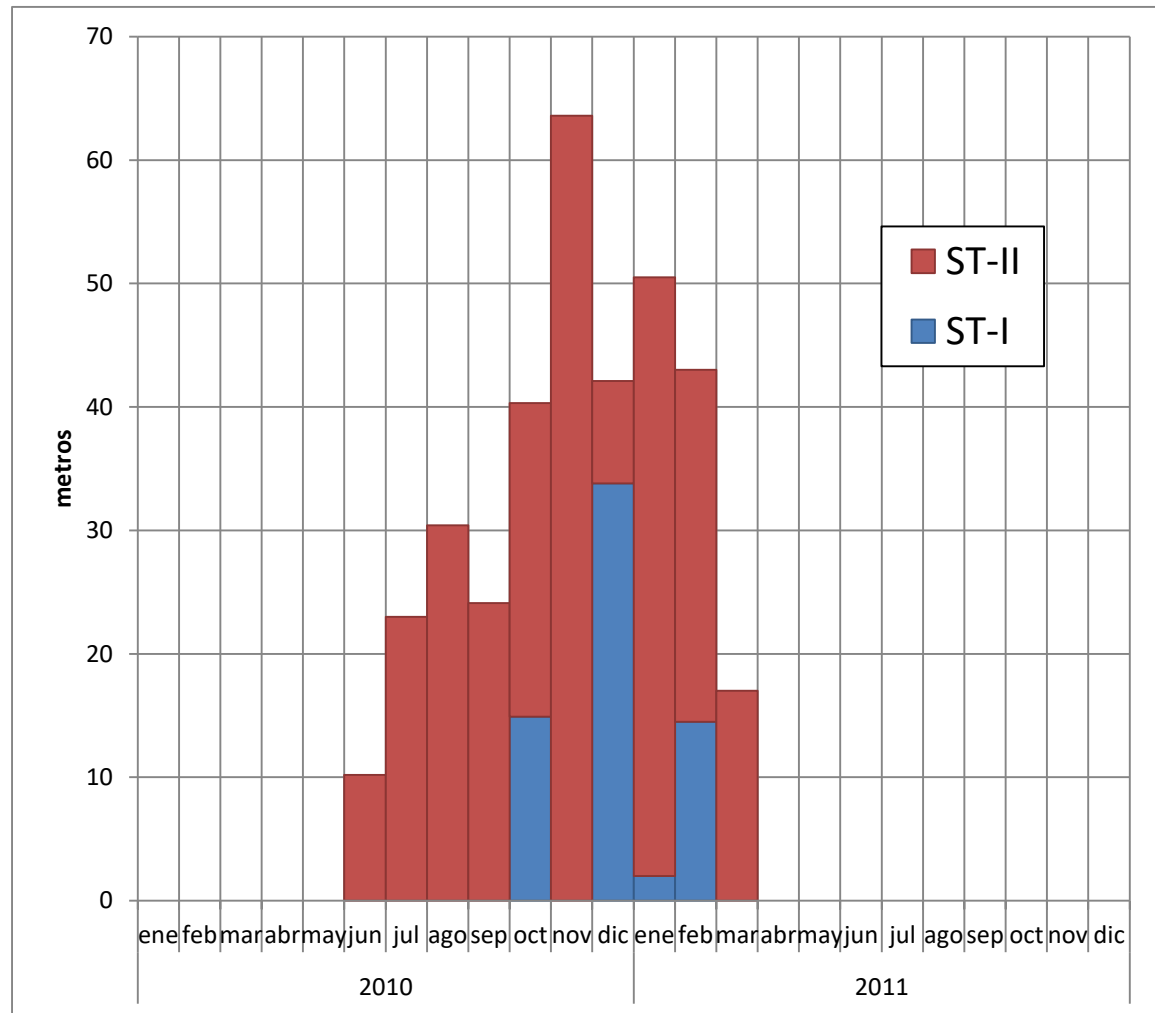
Se simultaneó la excavación de la destroza con la ejecución de la contrabóveda, iniciándose la ejecución de los tacones a cierta distancia de la destroza.



Rendimientos de ejecución

Excavación desde un
ataque único

Jornadas trabajadas	138 jornadas
Pases ejecutados	303 pases
Pases por jornada trabajada	2,2 pases/jornada
Rendimiento medio por días de calendario	1,3 m/día
Rendimiento medio por jornada	2,5 m/jornada
Rendimiento medio semanal	8,8 m/semana
Rendimiento medio mensual	32,1 m/mes



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Ejecución de tramo carstificado con escasa cobertera

- Tramo inicial de 78 m
- Caliza intensamente carstificado en toda la clave del túnel
- Solera de caliza sana
- Escasa cobertera (0,65 D) compuesta por un material totalmente alterado (G.A. IV-V)
- $Q = 0,0025-0,005$
- Sin edificaciones



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Sostenimiento y tratamientos en tramo carstificado

- Sostenimiento Tipo II, con la sección de avance apoyada en patas de elefante
- Estabilidad del frente: bulones autoperforantes de 15 m en malla de 1 m x 1 m, machón central y sellado sistemático del frente
- Estabilidad de la clave: paraguas sucesivos de micropilotes de 12 m de longitud separados 35 cm



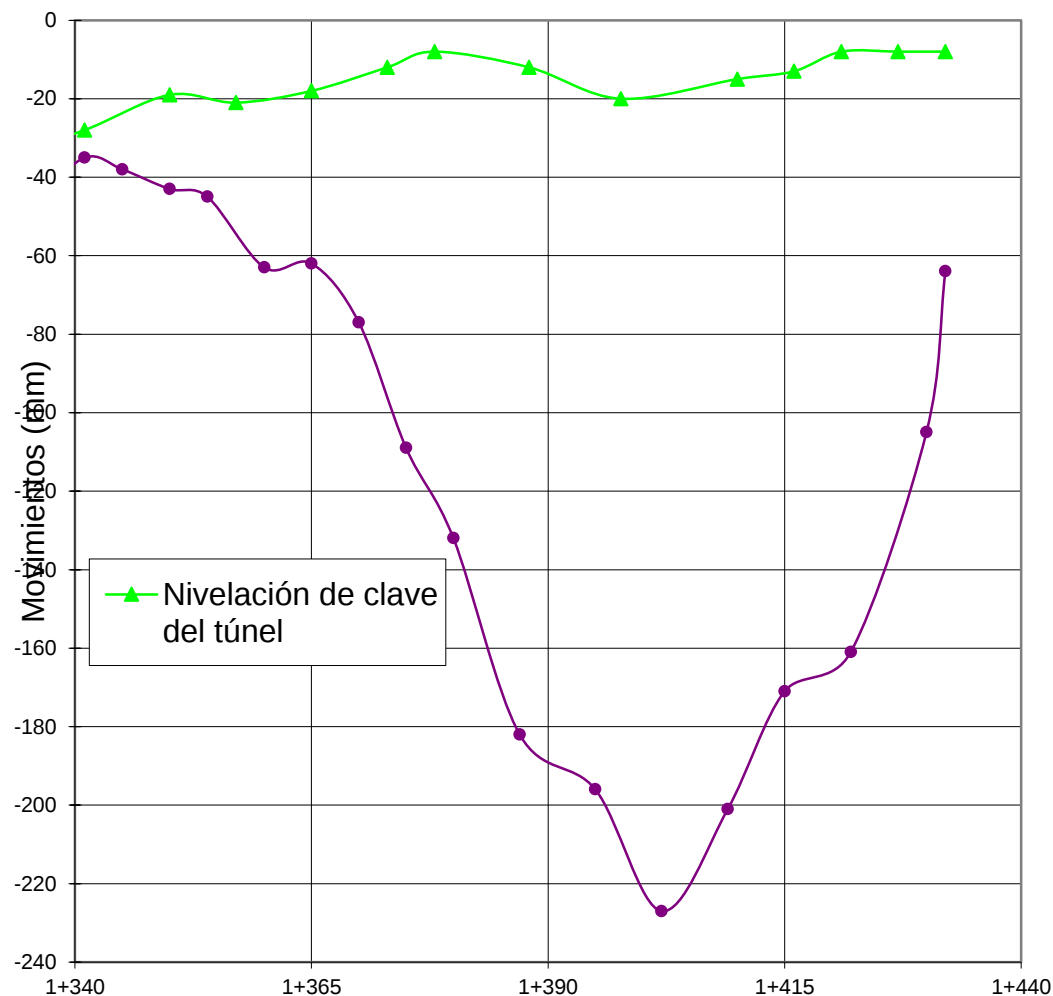
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Monitorización tramo carstificado

- Hitos de nivelación sobre el eje cada 5 m
- Secciones transversales de subsidencias cada 25 m
- Convergencias y nivelación de clave en el túnel



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Ejecución de tramo de falla

- Tramo de 30 m
- Contacto tectonizado entre formación Arraiz y Ereza
- Cobertera 1,7 D
- Con edificaciones próximas



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Sostenimiento y tratamientos en tramo de falla

- Sostenimiento Tipo II, con la sección de avance apoyada en patas de elefante
- Estabilidad del frente: bulones autoperforantes de 15 m en malla de 1 m x 1 m, machón central y sellado sistemático del frente
- Estabilidad de la clave: inyección armada con micropilotes de 12 m y solape de 6 m

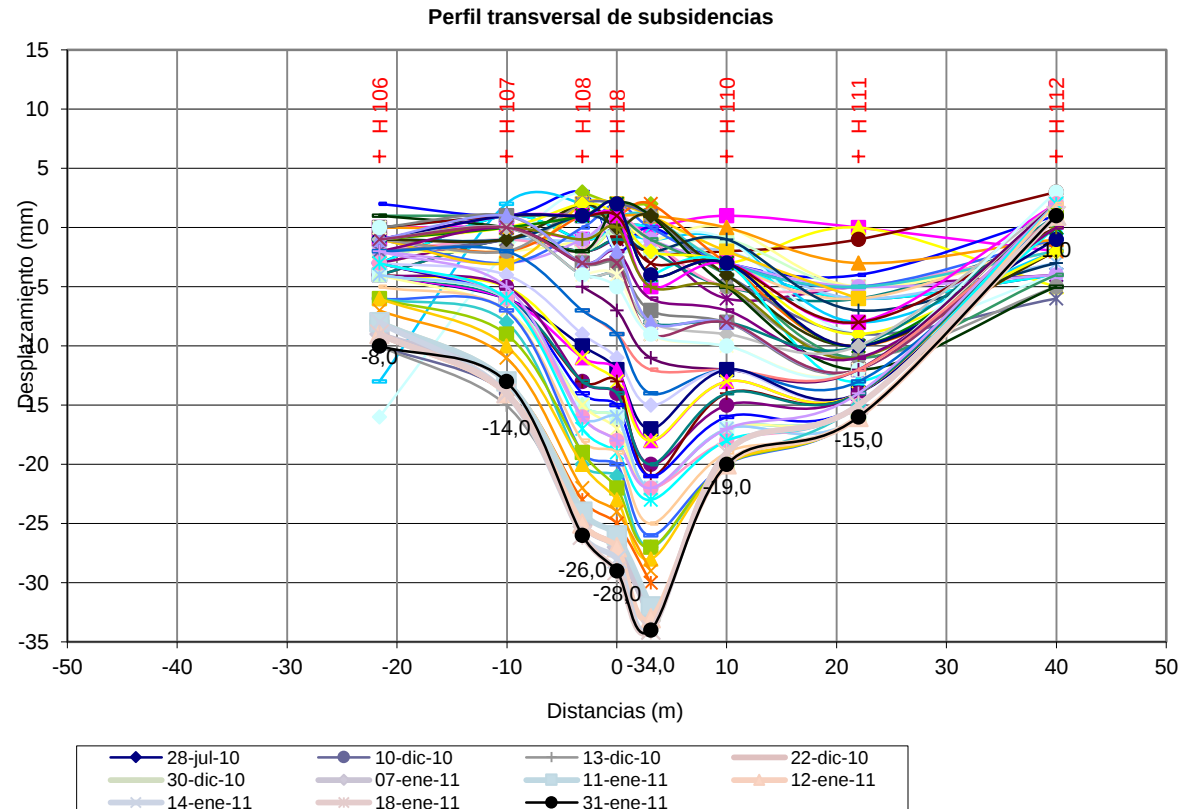


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo de falla

- Hitos de nivelación sobre el eje
- Secciones transversales de subsidencias
- Secciones de extensómetros profundos
- Convergencias y nivelación de clave en el túnel



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Ejecución de tramo central

- Tramo de 70 m
- Falla subparalela al contacto entre Arraiz y Ereza, al hilo de la excavación
- Cobertera superior a 30 m
- Q: 0,01-0,2
- Numerosas edificaciones en la vertical



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Sostenimiento en tramo central

- Sostenimiento Tipo II, sin patas de elefante
- Estabilidad de la clave: paraguas sucesivos de 15 m y solape de 3 m



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

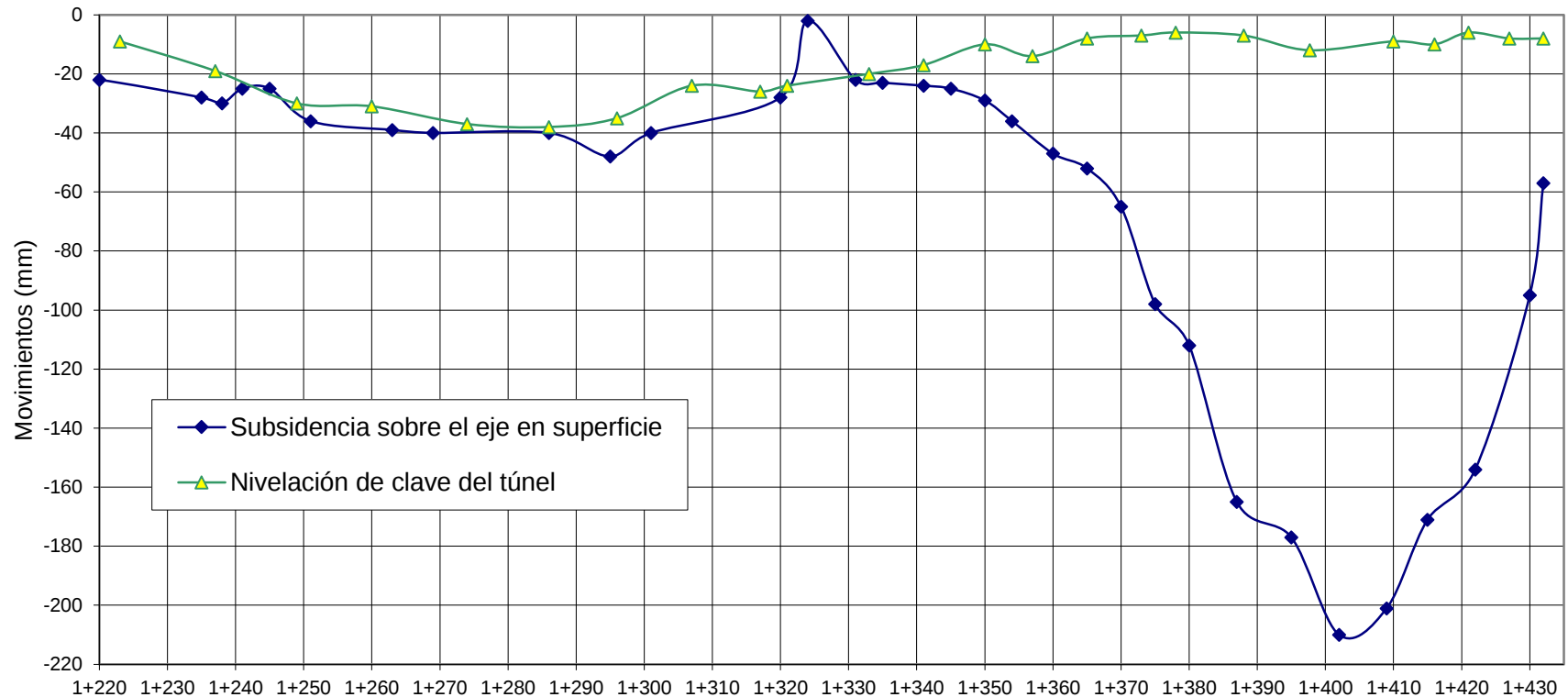
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Monitorización de tramo central

- Hitos de nivelación sobre el eje
- Secciones transversales de subsidencias
- Secciones de extensómetros profundos e inclinómetros

- Secciones de regletas de edificios
- Convergencias y nivelación de clave en el túnel
- Extensómetros de interior

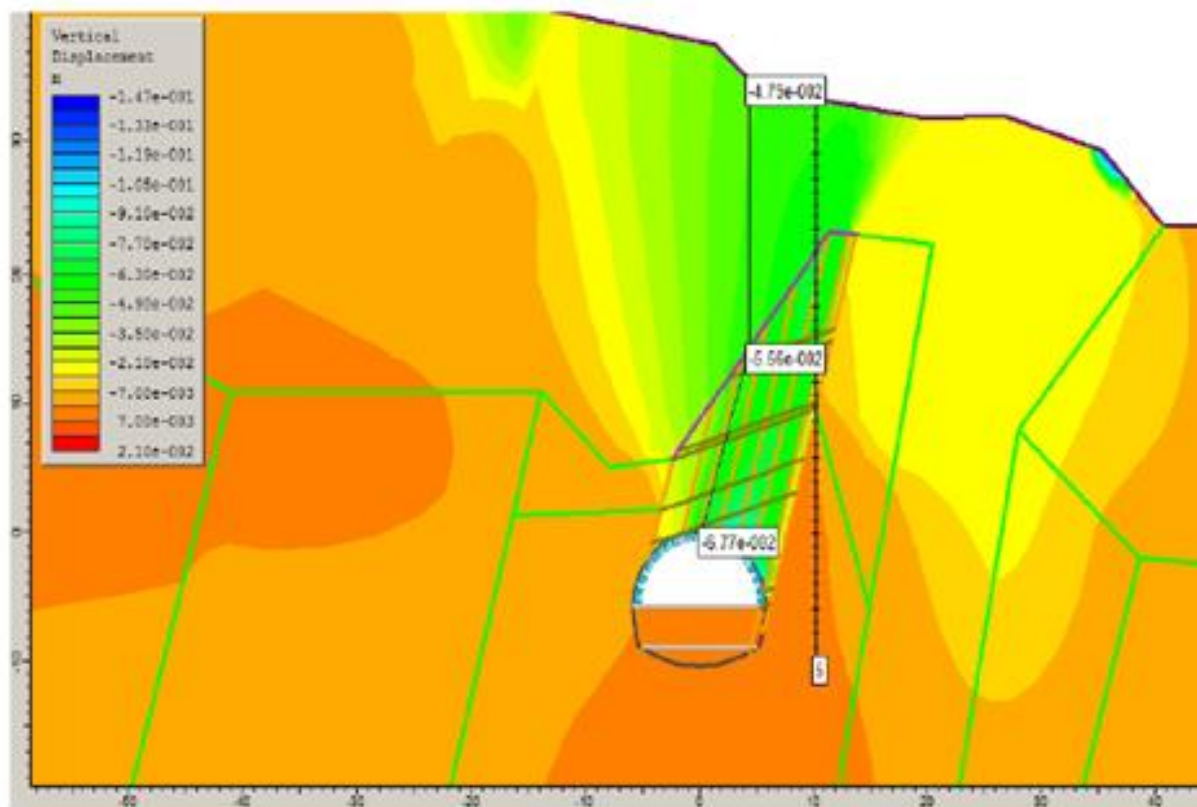


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Comprobación numérica en obra

A partir de los datos geológicos estructurales recopilados se realizó en obra una comprobación numérica. Se comprobó la gran influencia de la red estructural sobre las subsidencias en superficie

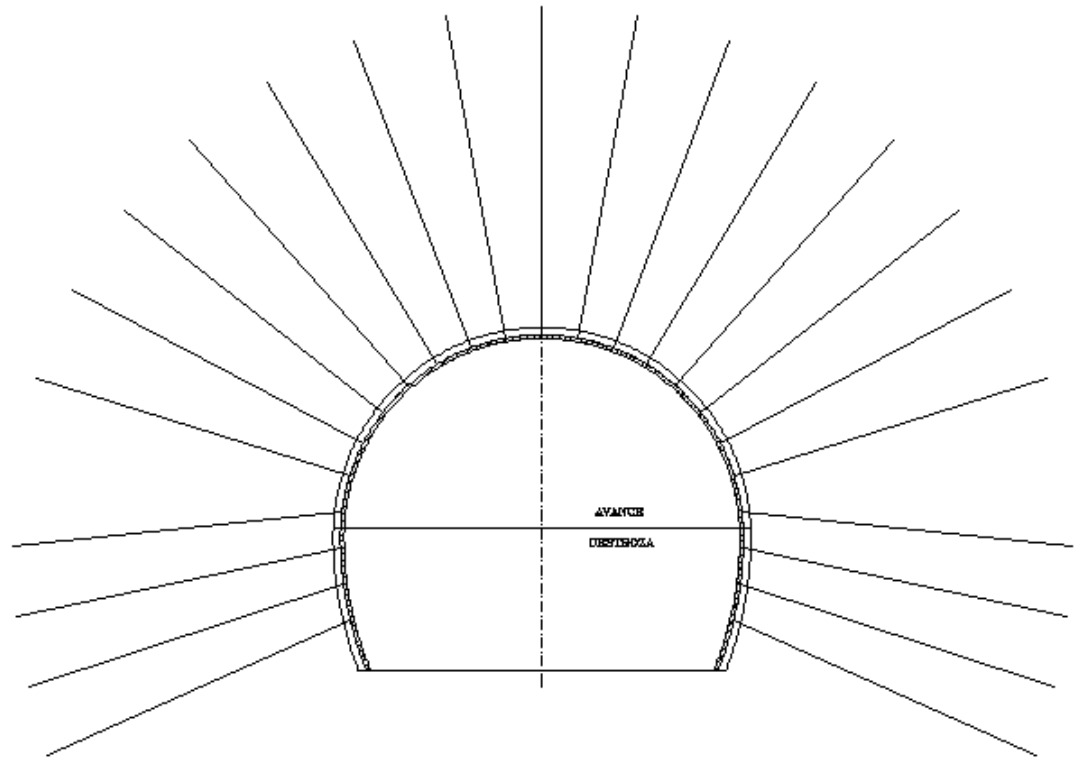


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Refuerzo del tramo central

- Autoperforantes en Avance de 9 m en malla de 1,0 x 1,0 m
- Recalce del Avance con micropilotes
- Pernos $\varnothing$ 32 en Destroza de 9 m en malla de 1,0 x 1,0 m tesados a 20 t



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Refuerzo del tramo central



REFUERZO EN AVANCE

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Refuerzo del tramo central



RECALCE DEL AVANCE

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Refuerzo del tramo central



REFUERZO EN DESTROZA

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE OBRA

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Unidad de Asistencia Técnica



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Unidad de Control Geotécnico y Túneles

Seguimiento de las excavaciones y de los sostenimientos

- Seguimiento de las litologías aparecidas.
- Seguimiento de la red estructural del macizo rocoso.
- Seguimiento hidrogeológico.
- Clasificación y valoración del macizo rocoso.
- Selección de sostenimientos, refuerzos y tratamientos especiales a ejecutar en cada momento.

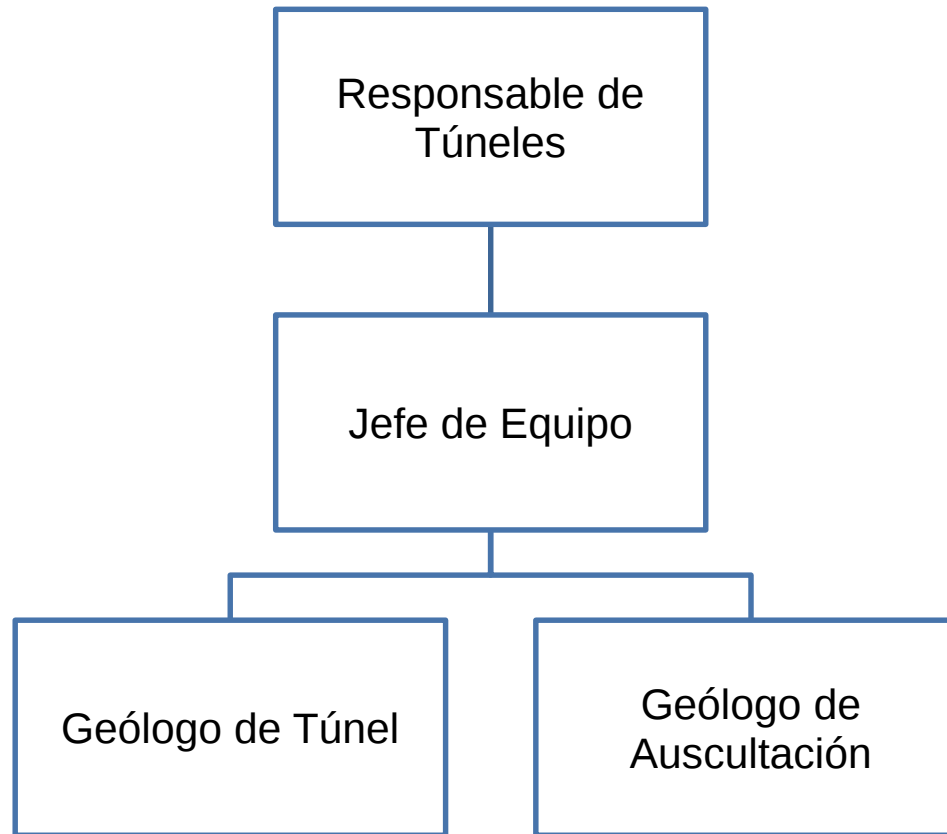
Seguimiento del comportamiento del túnel ya ejecutado

- Seguimiento de la auscultación e instrumentación instalada.
- Mantenimiento de información en la página web
- Análisis de las desviaciones detectadas respecto al comportamiento esperado.
- Seguimiento del estado del sostenimiento ya ejecutado.
- Seguimiento y análisis de las modificaciones aparecidas (litologías, fenómenos estacionales, sobreexcavaciones, perímetro de excavación, etc.)

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Equipo de Control Geotécnico y Túneles



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

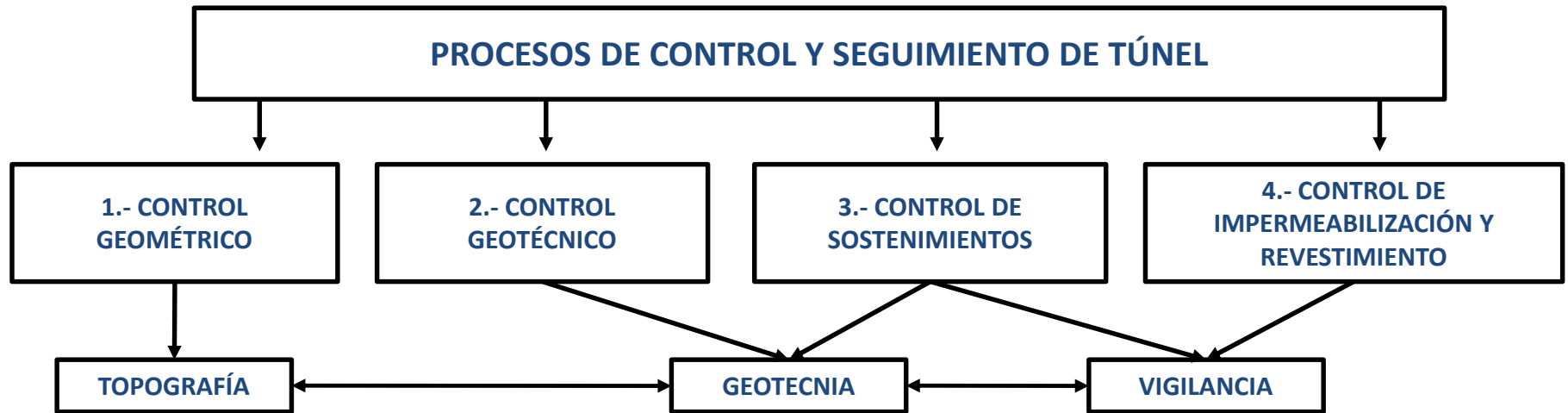
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

SEGUIMIENTO GEOTÉCNICO Y MONITORIZACIÓN

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO





El Control y Seguimiento de un túnel debe concebirse de una forma global, abarcando todos los aspectos que intervienen en la ejecución del túnel e implicando a distintas especialidades de la Unidad de Asistencia Técnica.

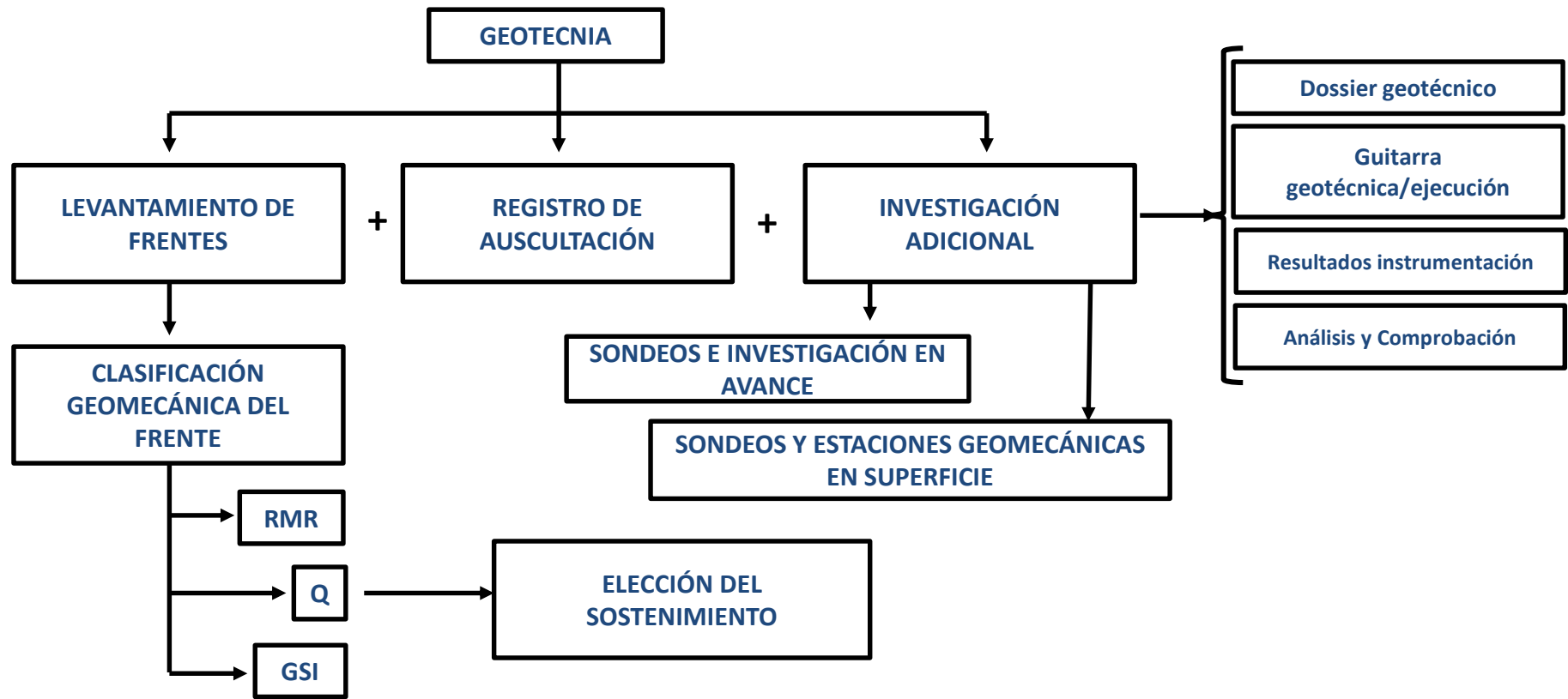
Para que se pueda otorgar la conformidad final del túnel ejecutado, deben alcanzarse todos los objetivos de control:

- Control geométrico
- Control geotécnico
- Control cuantitativo
- Control cualitativo

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Metodología de seguimiento geológico y geotécnico



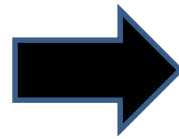
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Aspectos geotécnicos relevantes y específicos a controlar

ASPECTOS RELEVANTES DEL TÚNEL:

- Entorno urbano
- Escasa cobertera (6 a 43 m)
- Alteraciones cársticas
- Tectonización y estructura del macizo
- Frentes mixtos: muy alterado en clave y muy competente en solera



ASPECTOS ESPECÍFICOS:

- Seguridad y afección a edificaciones
- Estabilidad del perímetro del túnel
- Estabilidad del frente de excavación
- Control de asientos de la excavación
- Cierre de la sección de excavación

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

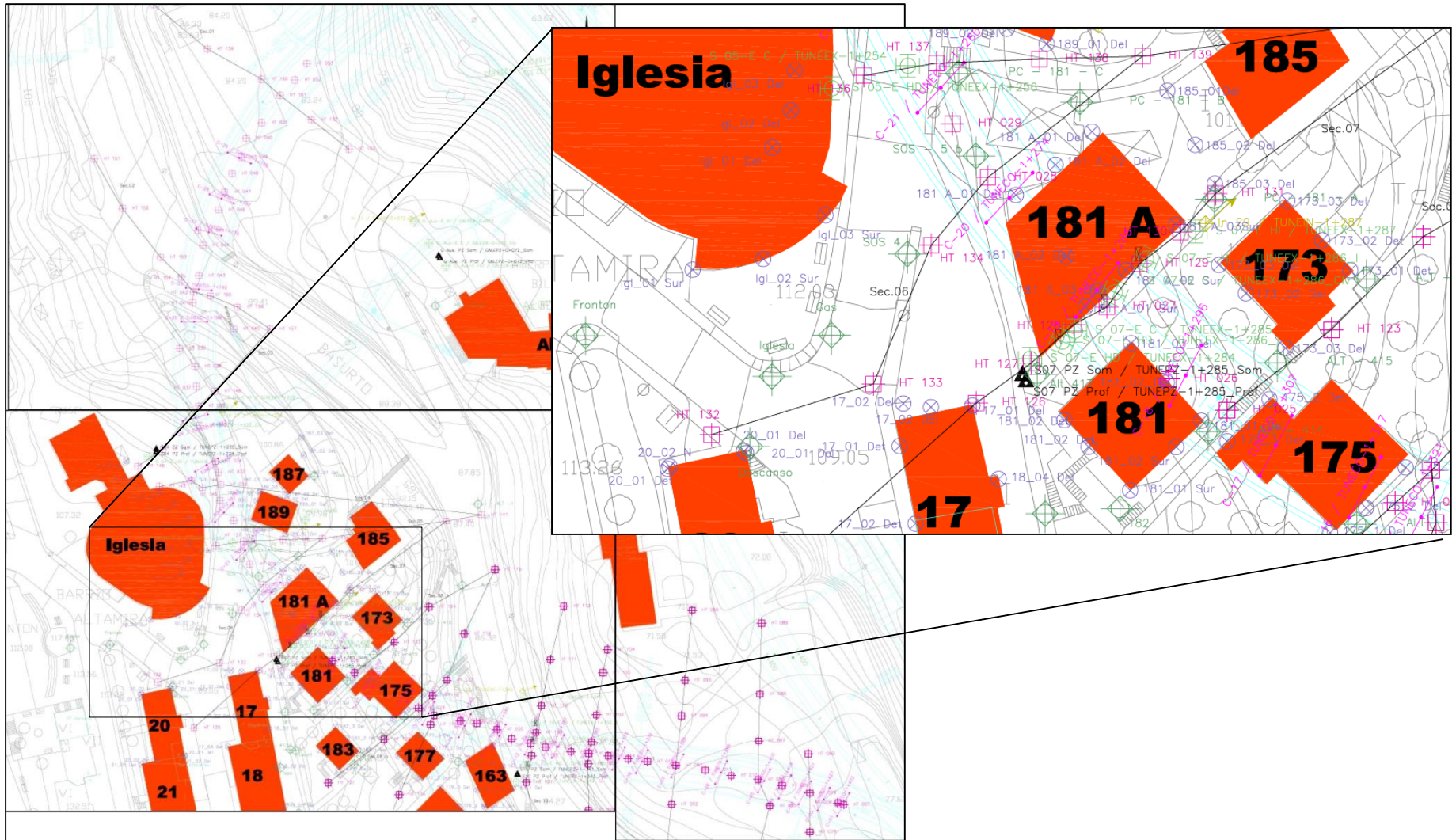
MONITORIZACIÓN

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Monitorización de superficie y de túnel



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización de superficie

- Hitos de subsidencias sobre el eje del túnel (52)
- Secciones transversales de subsidencia (14x7)
- Extensómetros profundos (5x3)
- Inclínómetros (11)
- Piezómetros abiertos (10)
- Regletas de nivelación de edificios (55)

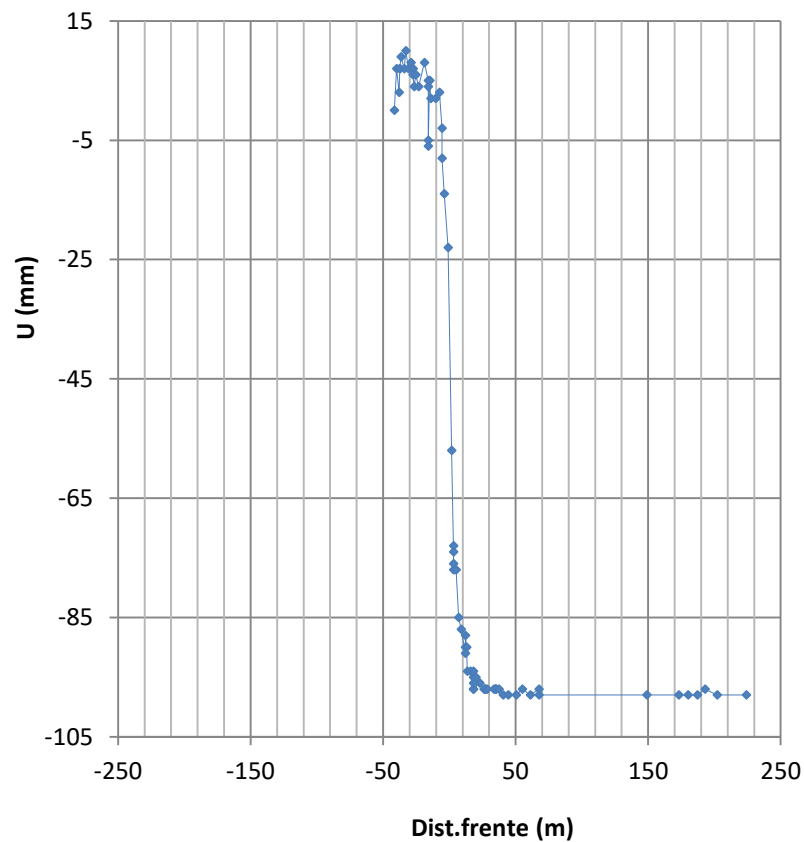
PLANO DE SITUACIÓN: 106421N25															
															
ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de las Sondas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo:</td> <td>SS42SV30</td> </tr> <tr> <td>Fabricante:</td> <td>SSGEO</td> </tr> <tr> <td>Resolución:</td> <td>0.05mm</td> </tr> <tr> <td>Diapófono:</td> <td>Doble escalonamiento</td> </tr> <tr> <td>Nº serie:</td> <td>S070486</td> </tr> <tr> <td>Calibración:</td> <td>Octubre 2008</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de las Sondas		Modelo:	SS42SV30	Fabricante:	SSGEO	Resolución:	0.05mm	Diapófono:	Doble escalonamiento	Nº serie:	S070486	Calibración:	Octubre 2008
Datos Técnicos de las Sondas															
Modelo:	SS42SV30														
Fabricante:	SSGEO														
Resolución:	0.05mm														
Diapófono:	Doble escalonamiento														
Nº serie:	S070486														
Calibración:	Octubre 2008														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de Unidad Lectora 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fabricante:</td> <td>SSGEO</td> </tr> <tr> <td>Modelo:</td> <td>Nadie</td> </tr> <tr> <td>Config. tubo:</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Archivos lectura:</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de Unidad Lectora 1		Fabricante:	SSGEO	Modelo:	Nadie	Config. tubo:	16	Archivos lectura:	40				
	Datos Técnicos de Unidad Lectora 1														
	Fabricante:	SSGEO													
	Modelo:	Nadie													
	Config. tubo:	16													
Archivos lectura:	40														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de Unidad Lectora 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fabricante:</td> <td>SSGEO</td> </tr> <tr> <td>Modelo:</td> <td>Archivos</td> </tr> <tr> <td>Config. tubo:</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Archivos lectura:</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de Unidad Lectora 2		Fabricante:	SSGEO	Modelo:	Archivos	Config. tubo:	16	Archivos lectura:	40					
Datos Técnicos de Unidad Lectora 2															
Fabricante:	SSGEO														
Modelo:	Archivos														
Config. tubo:	16														
Archivos lectura:	40														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de Cable 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longitud:</td> <td>50 m</td> </tr> <tr> <td>Graduación:</td> <td>500 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de Cable 1		Longitud:	50 m	Graduación:	500 mm									
Datos Técnicos de Cable 1															
Longitud:	50 m														
Graduación:	500 mm														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de Cable 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longitud:</td> <td>100 m</td> </tr> <tr> <td>Graduación:</td> <td>500 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de Cable 2		Longitud:	100 m	Graduación:	500 mm									
Datos Técnicos de Cable 2															
Longitud:	100 m														
Graduación:	500 mm														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Datos Técnicos de la Instalación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordenada X:</td> <td>823313</td> </tr> <tr> <td>Coordenada Y:</td> <td>4701024</td> </tr> <tr> <td>Profundidad:</td> <td>22.5 m</td> </tr> <tr> <td>Orientación:</td> <td>N33.0 E</td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>08/04/2010</td> </tr> <tr> <td>Altura sobre del tubo:</td> <td>5 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos Técnicos de la Instalación		Coordenada X:	823313	Coordenada Y:	4701024	Profundidad:	22.5 m	Orientación:	N33.0 E	Fecha:	08/04/2010	Altura sobre del tubo:	5 cm	
Datos Técnicos de la Instalación															
Coordenada X:	823313														
Coordenada Y:	4701024														
Profundidad:	22.5 m														
Orientación:	N33.0 E														
Fecha:	08/04/2010														
Altura sobre del tubo:	5 cm														
OBSERVACIONES															

FICHA DE INSTALACIÓN DE EQUIPO

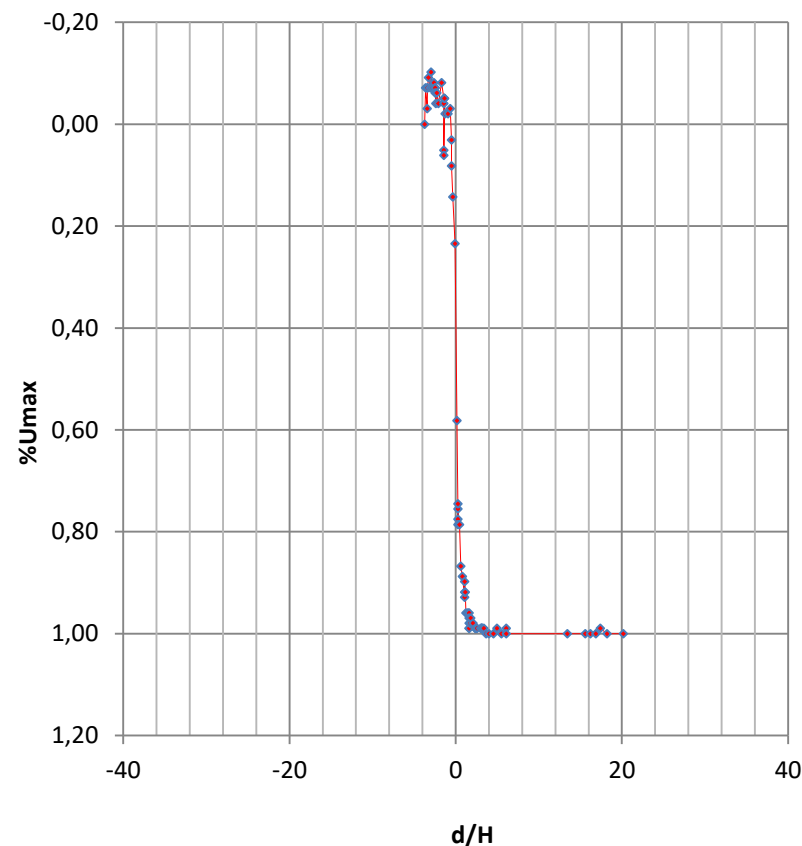
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Hitos de subsidencia sobre el eje del túnel



ASIENTO vs. DISTANCIA AL FRENTE

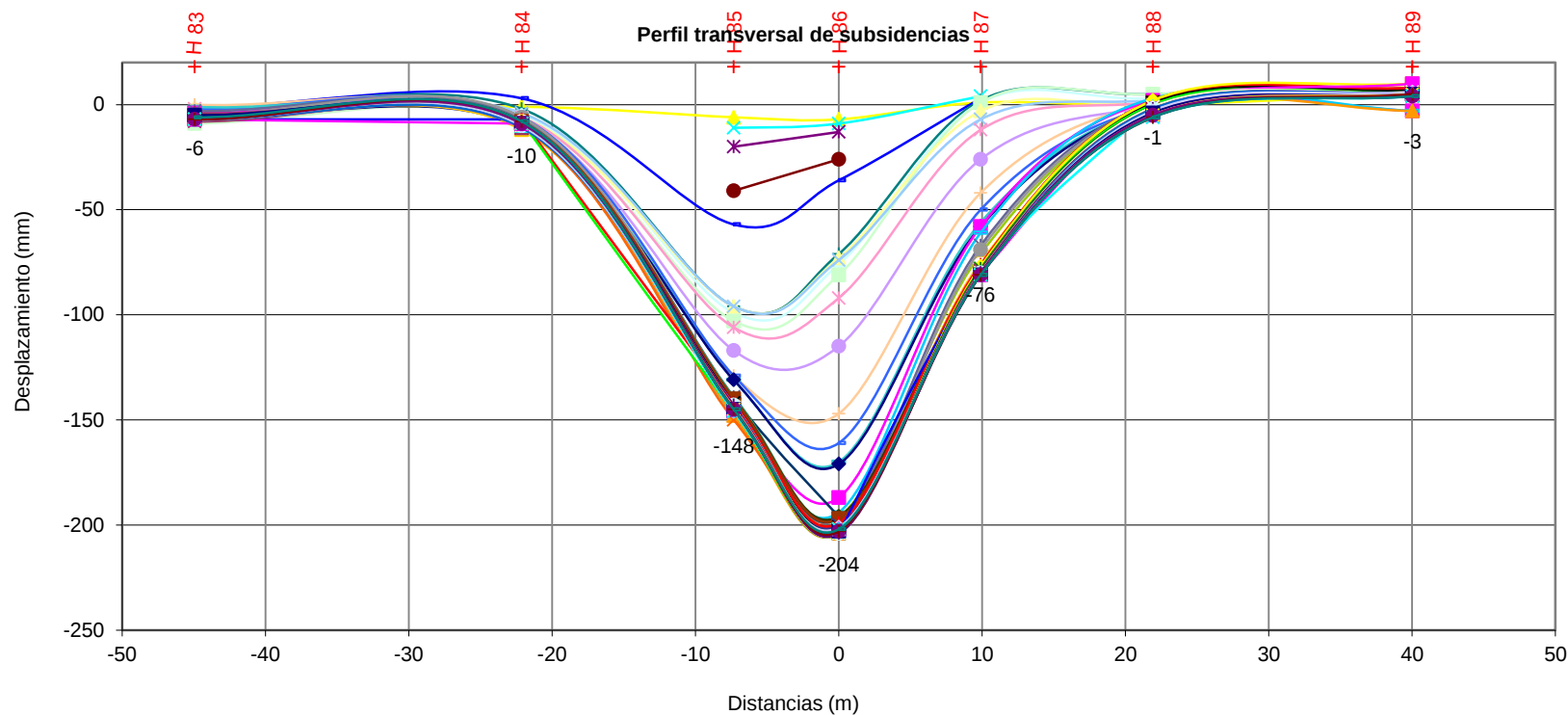


PORCENTAJE Umax vs. d/H

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Secciones transversales de subsidencia

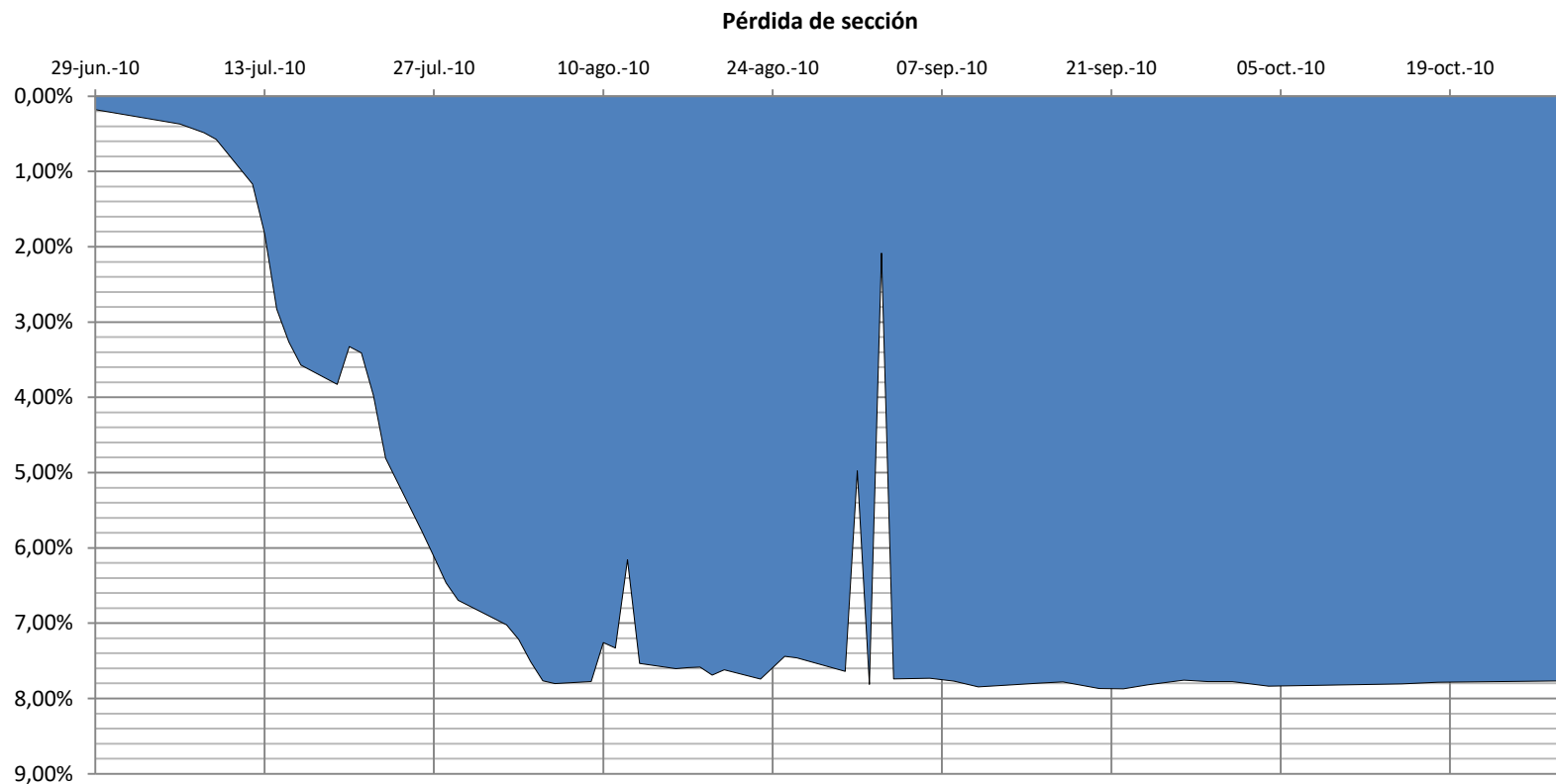


CUBETA DE SUBSIDENCIAS

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Secciones transversales de subsidencia

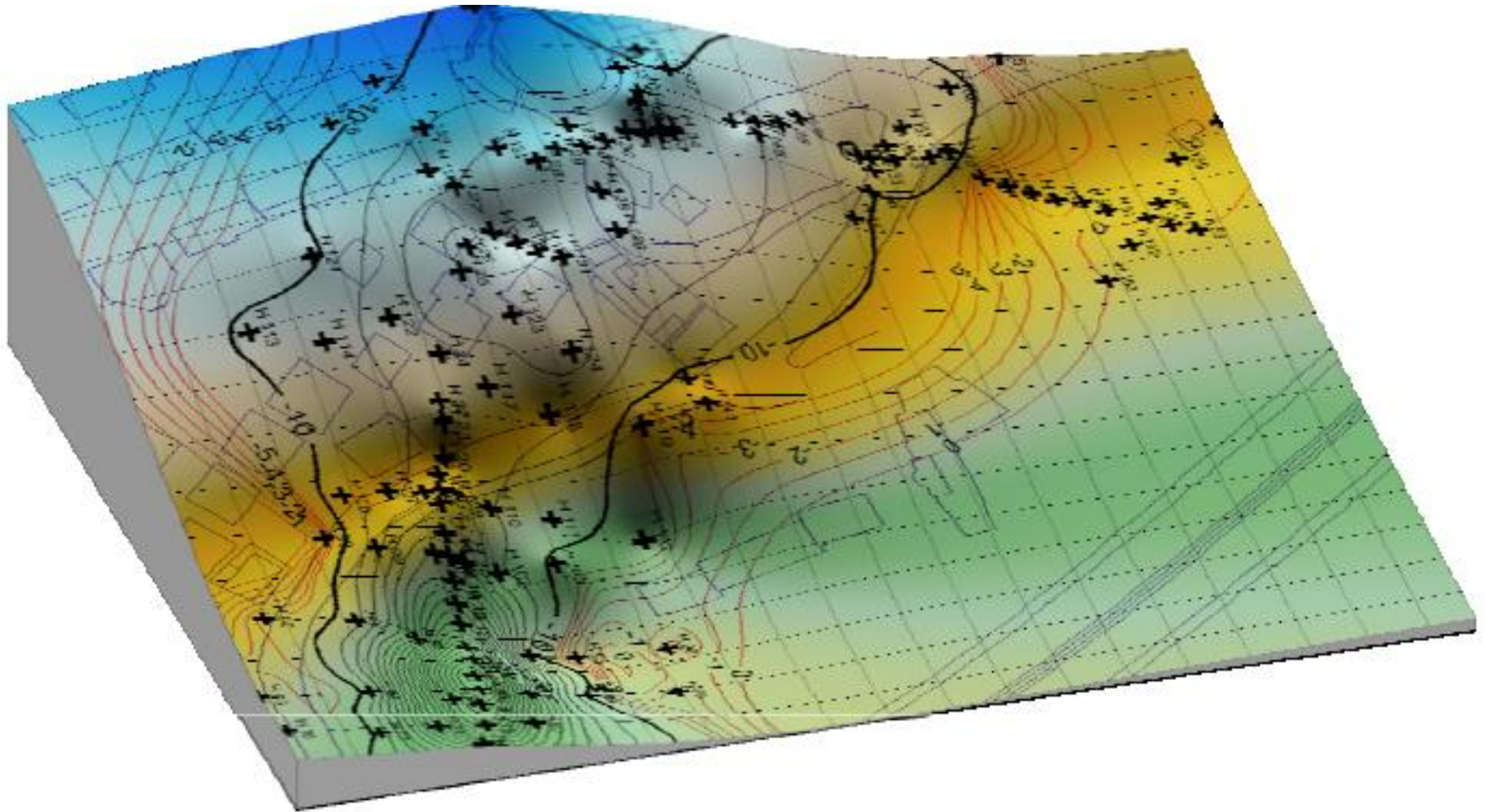


PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE SECCIÓN

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

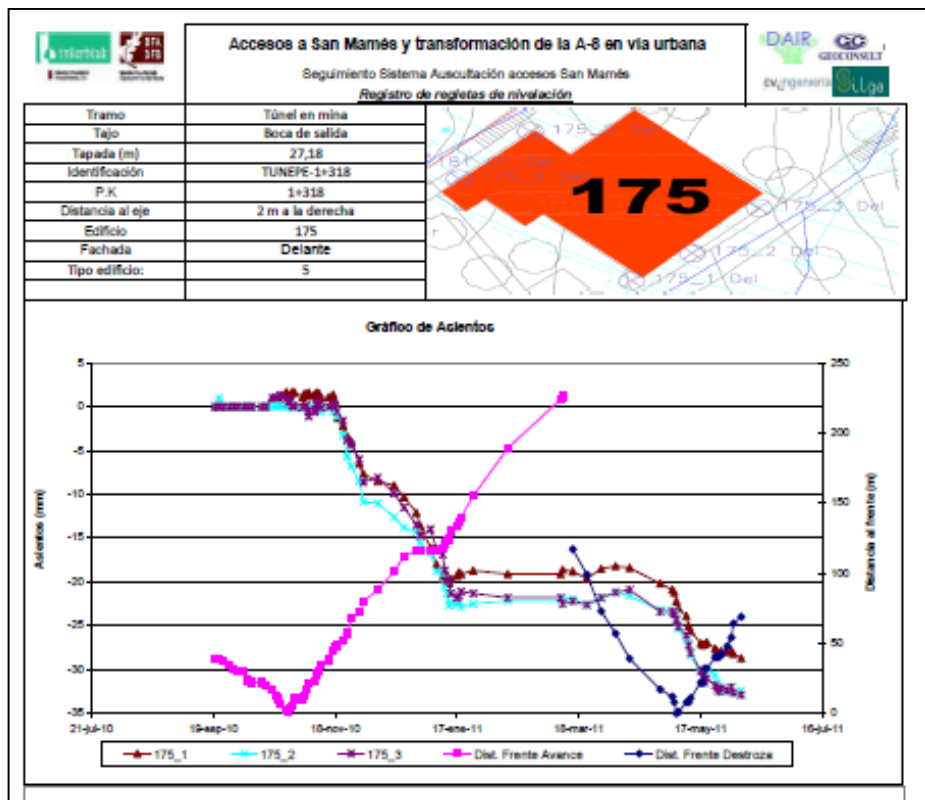
Extensión de cubeta de subsidencia



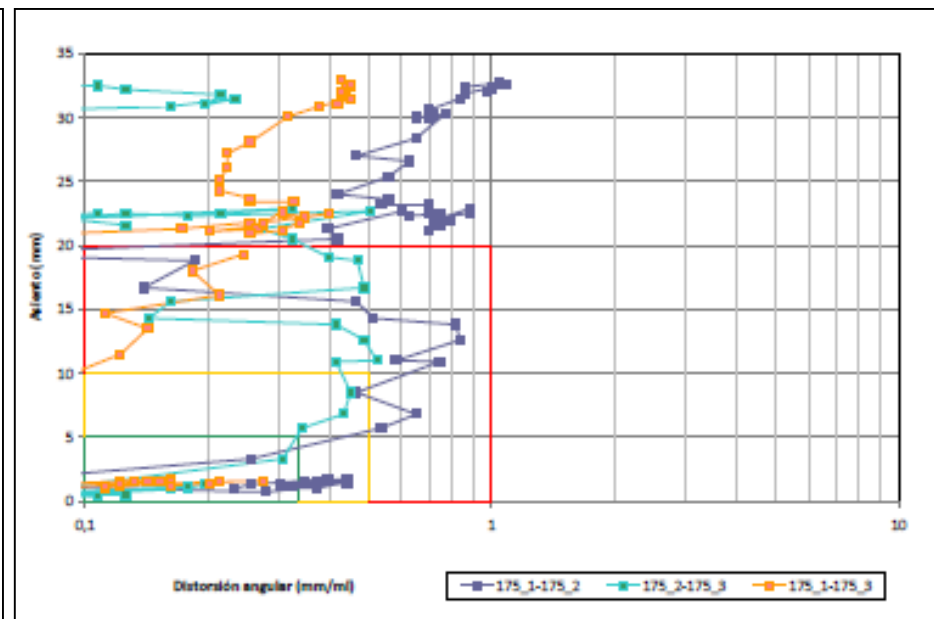
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Regletas de nivelación de edificios

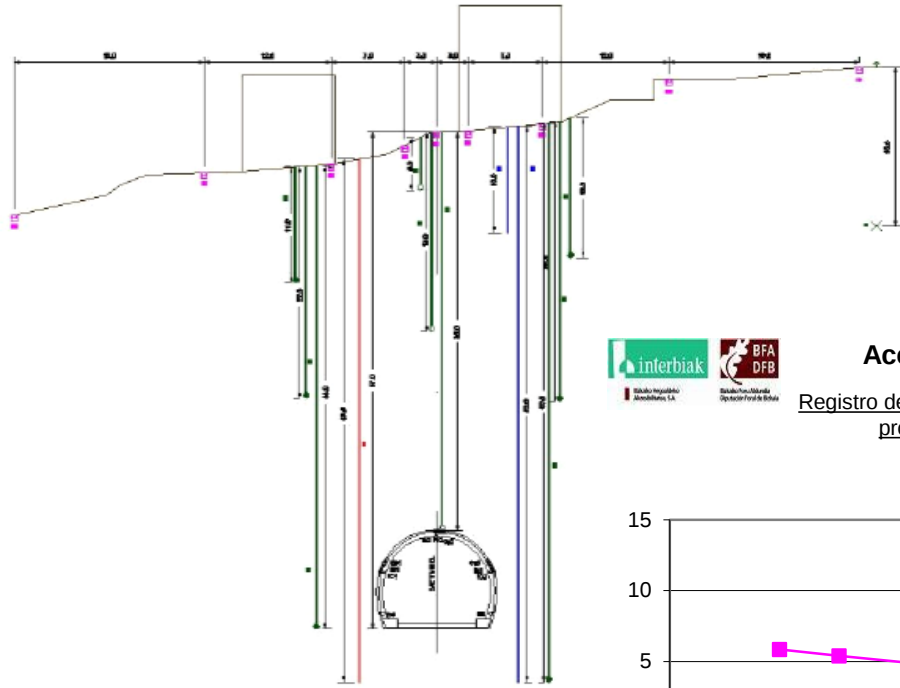


ASIENTOS EN REGLETAS



ASIENTOS vs. DISTORSIÓN ANGULAR

Extensómetros profundos



DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD



Accesos a San Mamés y transformación de la A-8 en vía

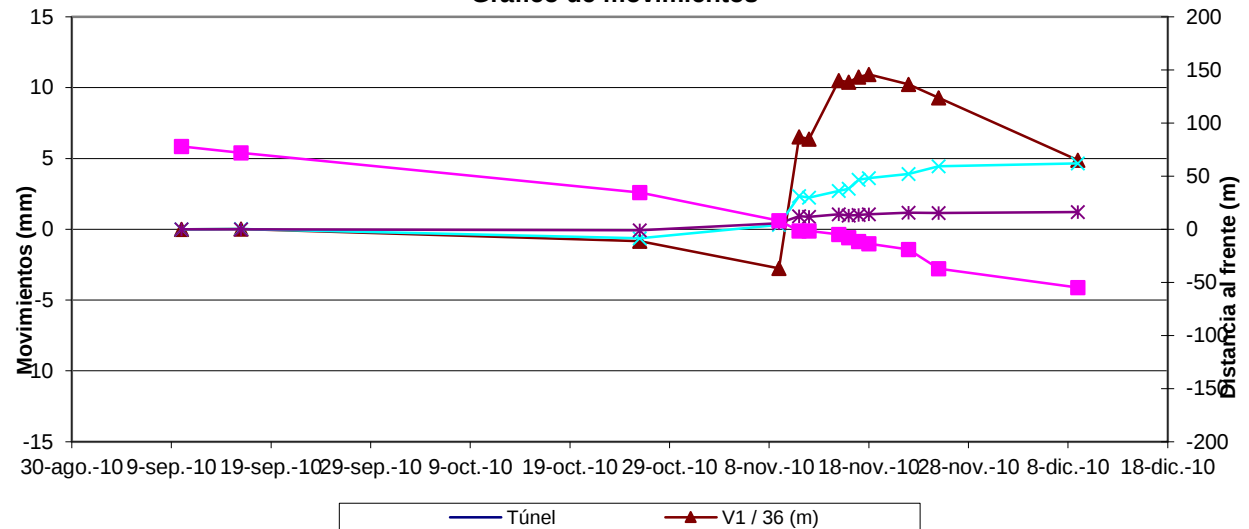
Registro de extensómetro
profundo

Tramo: Túnel en mina
Tajo: Boca de salida
P.K.: 1+285

Fecha de instalación: 01-
06-10



Gráfico de movimientos

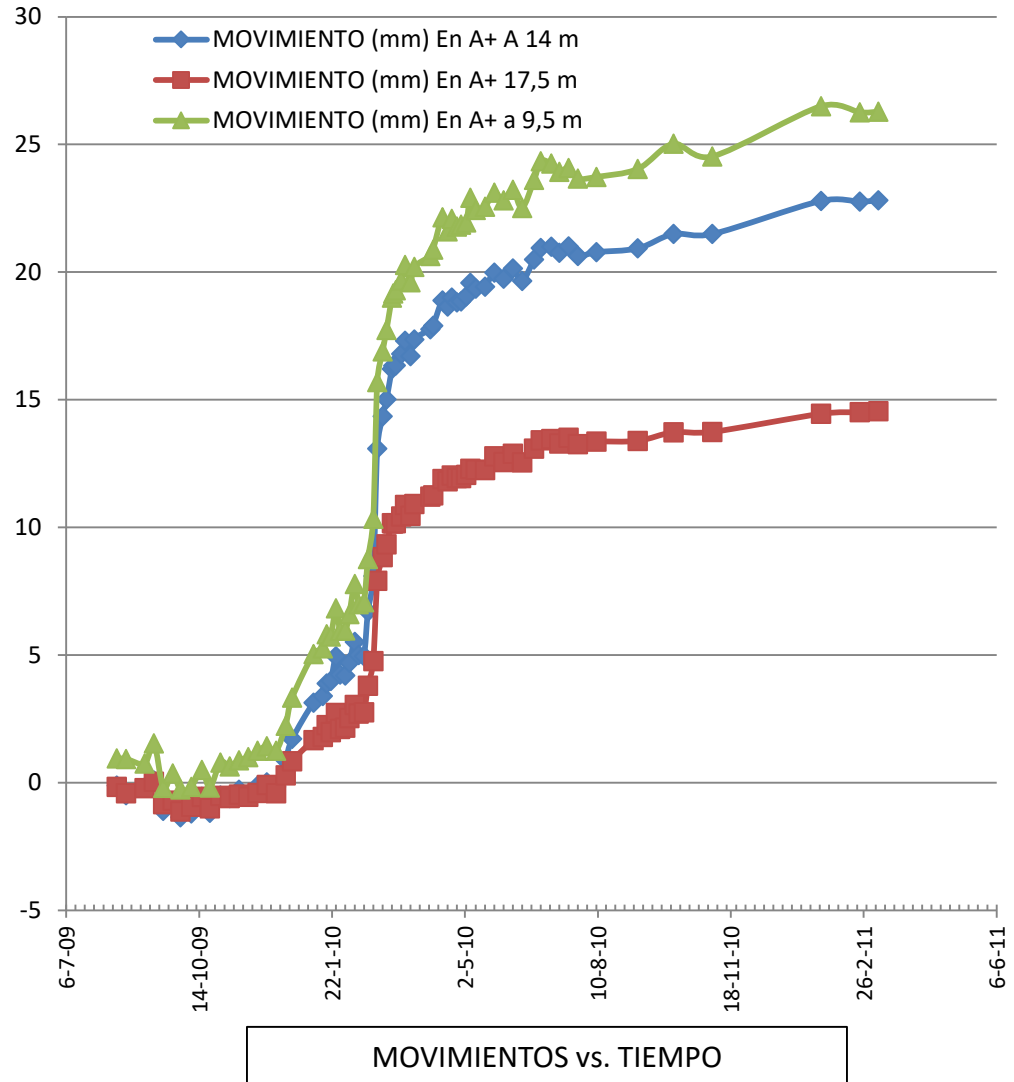
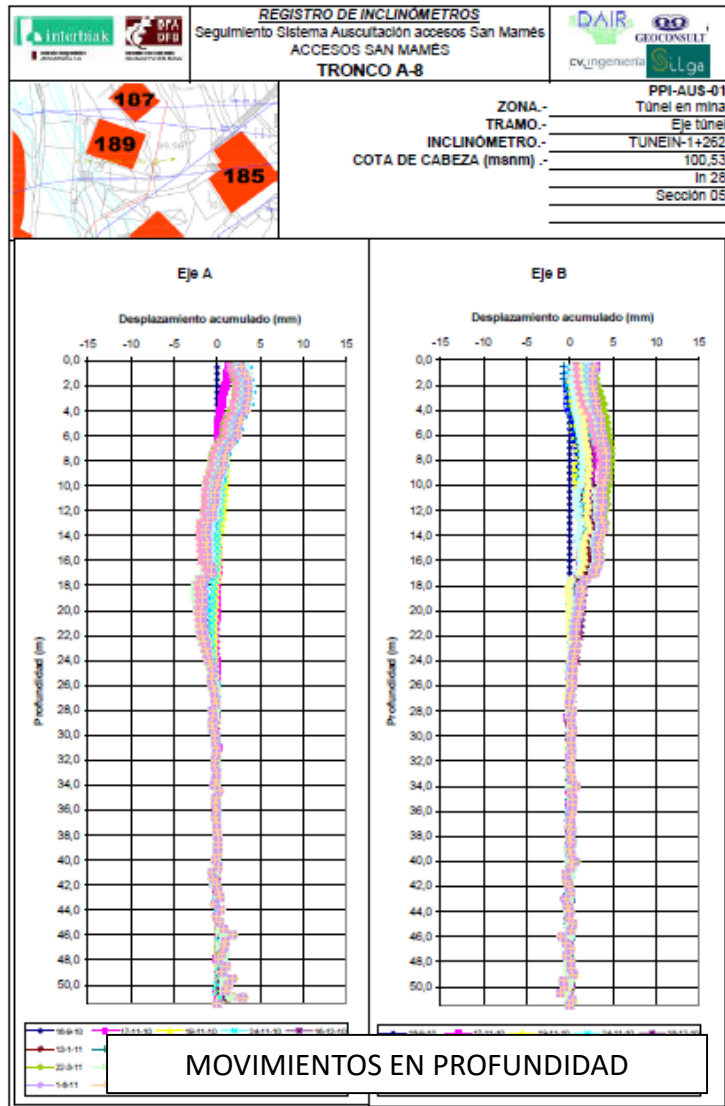


SECCIÓN DE EXTENSÓMETROS PROFUNDOS

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO



Inclinómetros



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización del túnel

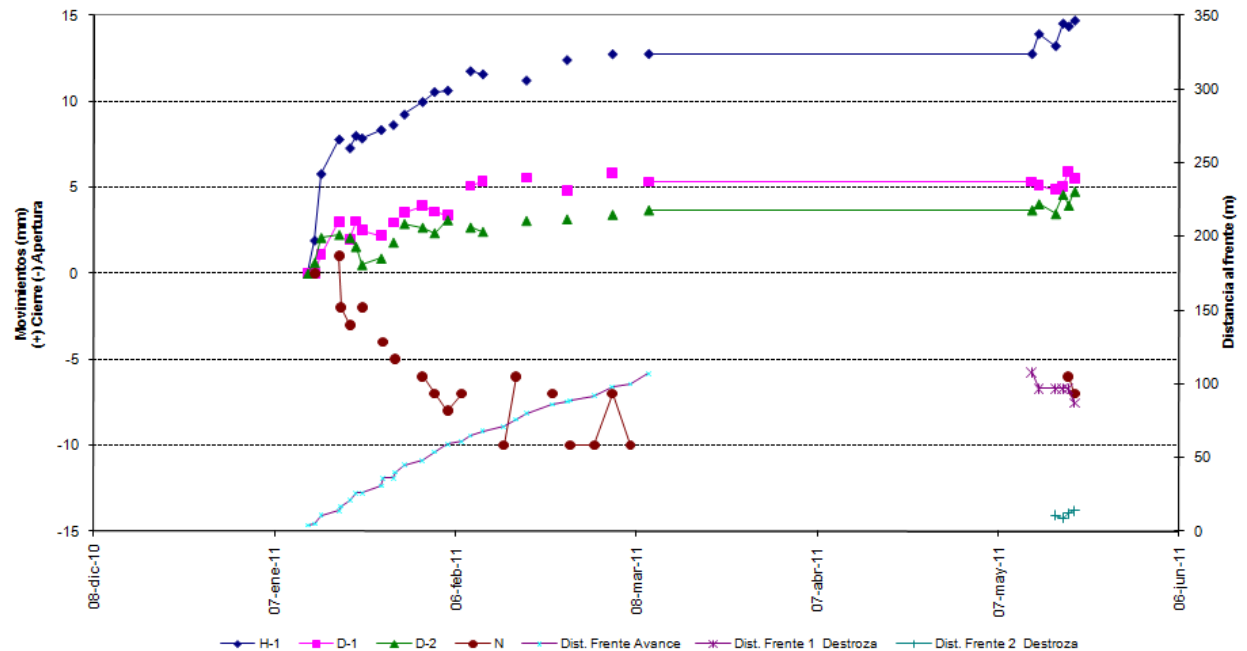
- Convergencias y nivelación de clave (24)
- Extensómetros de varillas de tres puntos (4x3)
- Células de presión total (4x6)



ACCESOS A SAN MAMÉS
TÚNEL EN MINA

BOCA: SALIDA
FASE: AVANCE

CONVERGENCIA: C-025
P.K.: 1+199
ÍNDICE RMR: 57
SOSTENIMIENTO: ST-II
TAPADA: 31'8

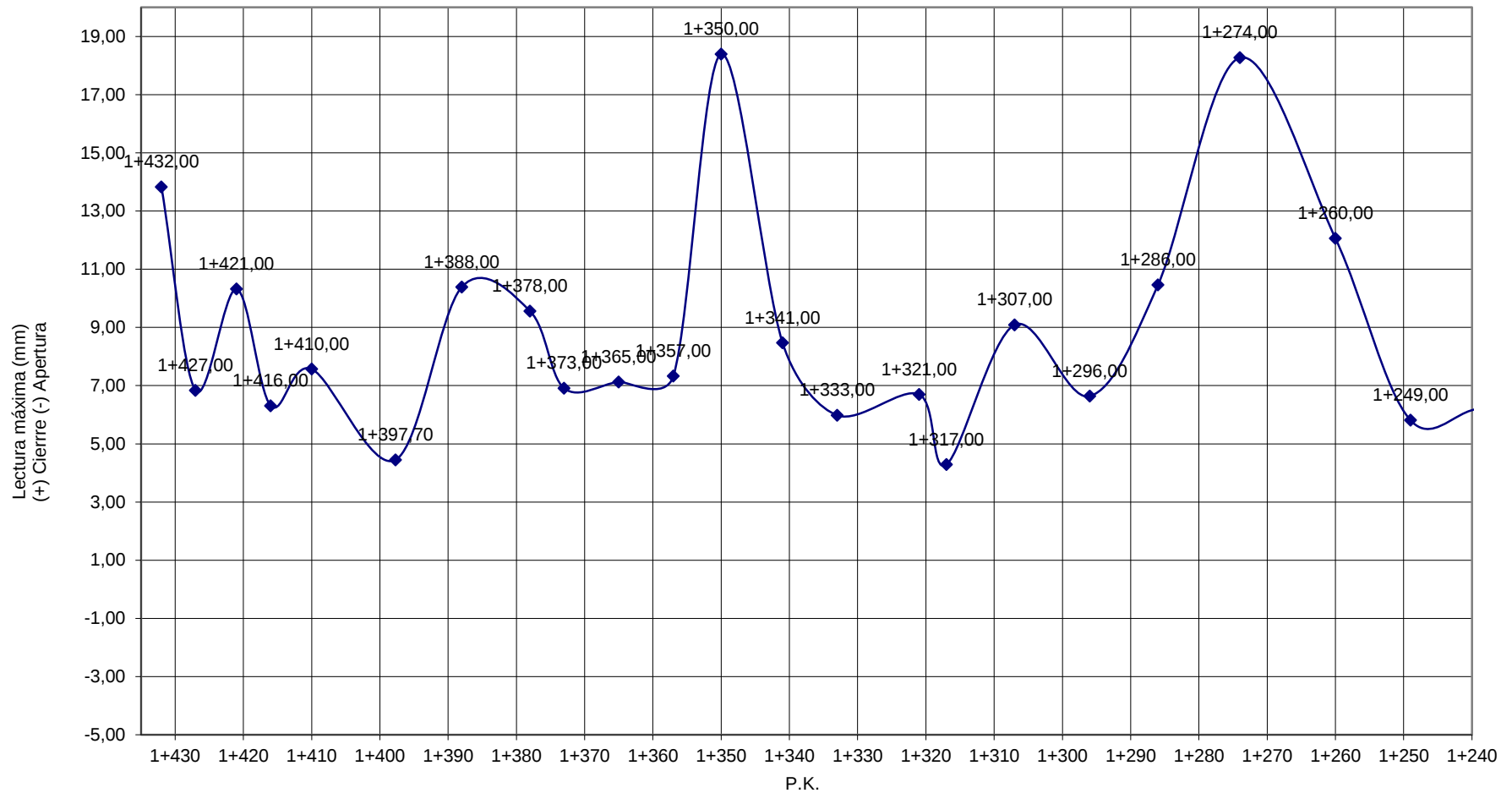


CONVERGENCIAS Y NIVELACIÓN
DE CLAVE

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Convergencias

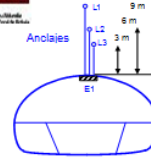
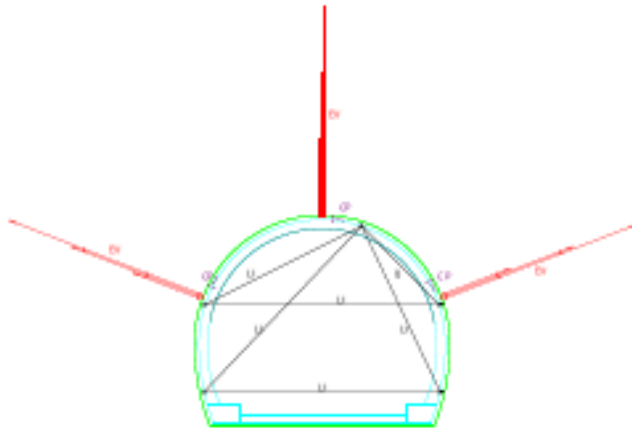


RESUMEN DE CONVERGENCIAS MÁXIMAS

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Secciones intensivas de auscultación



Accesos a San Mamés y transformación de la A-8 en vía urbana

Registro de extensómetro de interior
TUNEEX-1+350
Sección 10_Clave

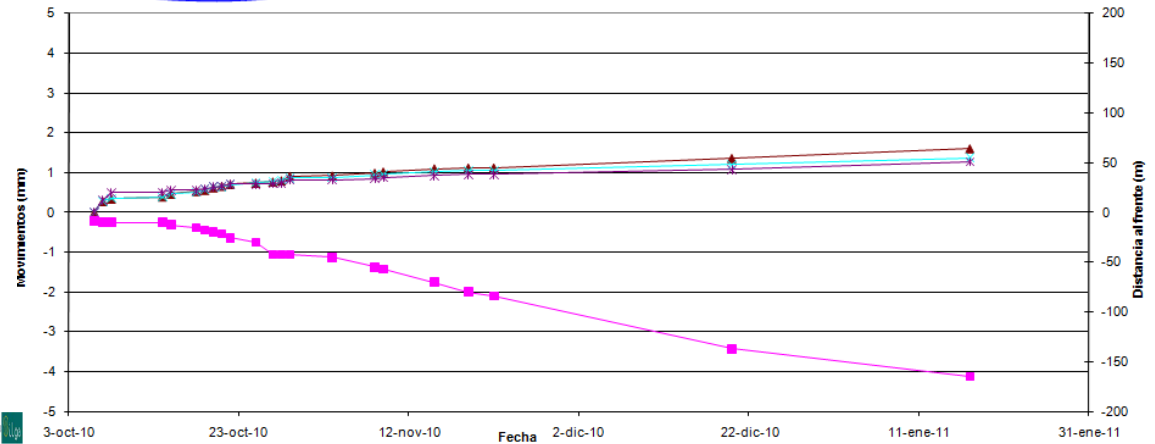
Tramo: Túnel en mina
Taig: Boca de salida

Fecha de instalación:
06-10-10

Visto en sentido de P.K. crecientes



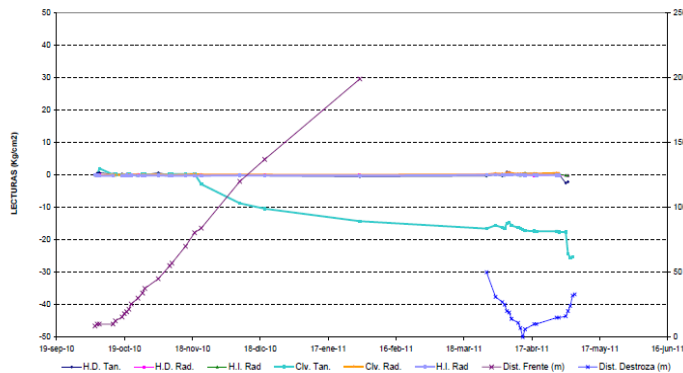
Gráfico de movimientos



ACCESOS A SAN MAMÉS
TUNEL EN MINA

BOCA: SALIDA
FASE: AVANCE+DESTROZA

Células de carga Sección 10
P.K.: 14+350
INDICE RMR: 27
SOSTENIMIENTO: ST-II
TAPADA: 20



DESPLAZAMIENTOS EN EXTENSÓMETRO DE CLAVE

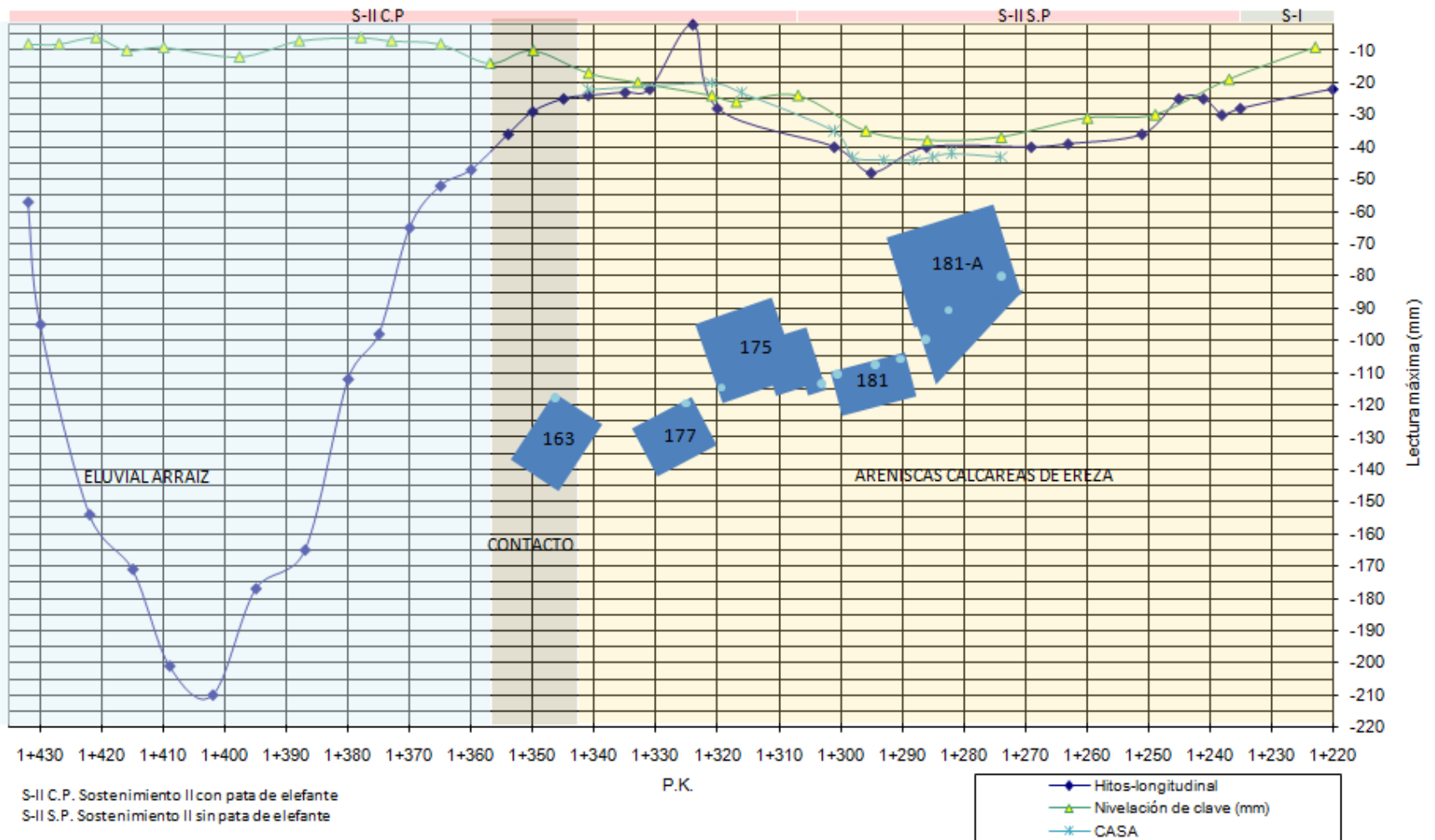
TENSIONES EN CÉLULAS DE CARGA

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO



Análisis combinado de auscultación



COMBINACIÓN DE SUBSIDENCIAS, NIVELACIÓN DE CLAVE Y ASIENTOS EN EDIFICIOS

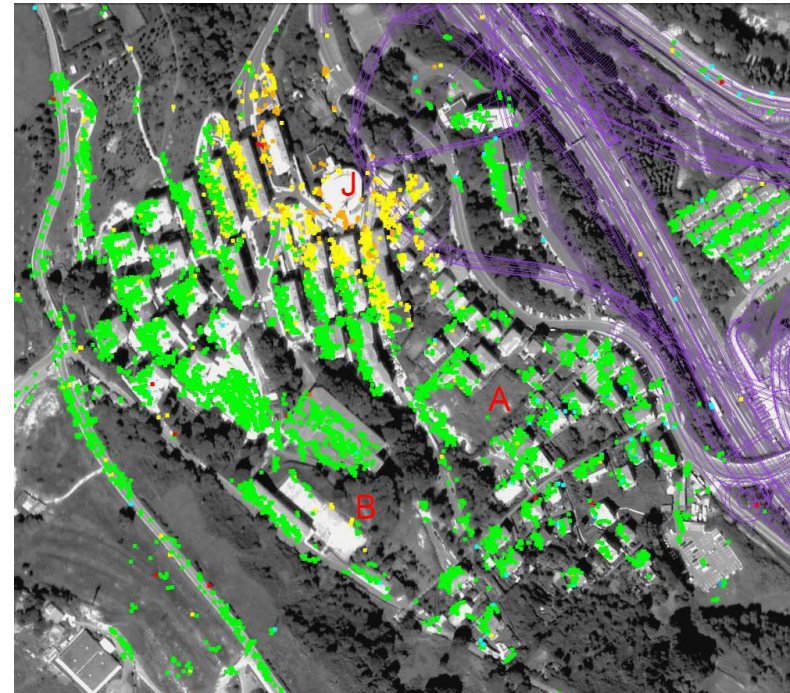
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización con RADAR satélite

Imágenes de satélite TerraSAT-X para detección de velocidades de desplazamiento del terreno:

- Permite obtener un registro histórico anterior al inicio de la obra
- Permite confirmar la extensión de los movimientos obtenidos por auscultación clásica
- Permite seguir teniendo medidas a largo plazo, una vez finalizada la obra



REFLECTORES EN ZONA DE OBRA

SEGUIMIENTO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Seguimiento geotécnico y estructural

Objetivos:

- Confirmar la naturaleza, estructura y calidad del macizo rocoso respecto a lo esperado
- Selección de sostenimientos en función del terreno
- Comprobar que se mantienen las hipótesis de proyecto
- Anticipar posibles desviaciones
- Si se precisa, ajustar la ejecución a los cambios aparecidos

Metodología:

- Levantamiento de frentes
- Investigación por delante del frente
- Análisis y comprobaciones en obra

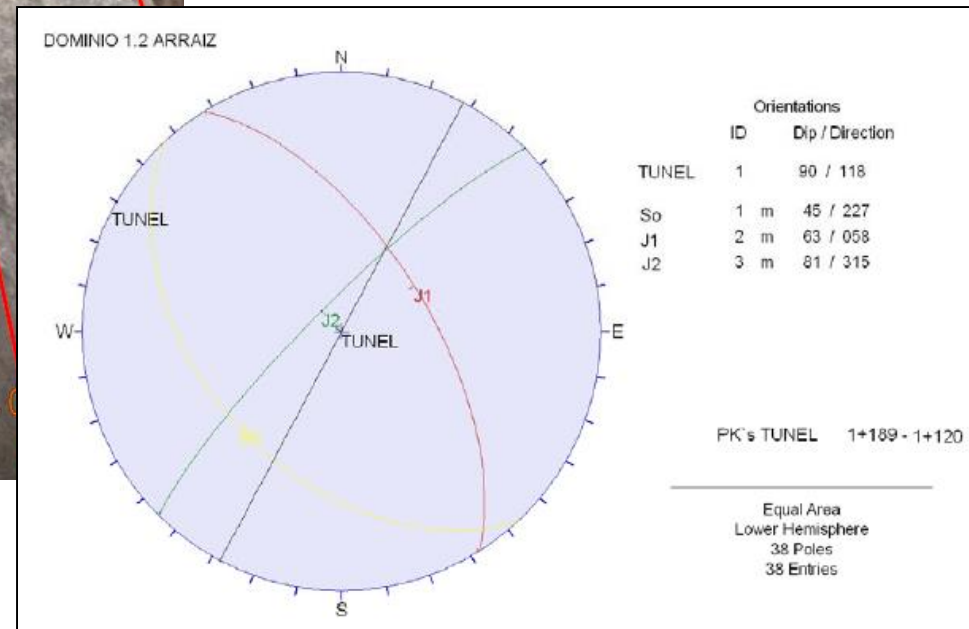
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Estructura del macizo rocoso



MAPEO DE LAS ESTRUCTURAS EN EL FRENTE



TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DISCONTINUIDADES

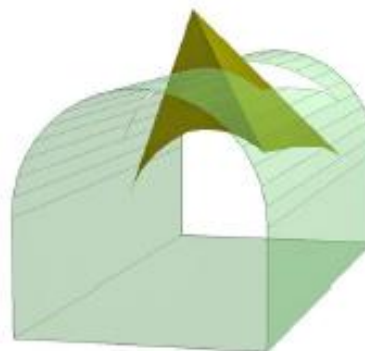
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

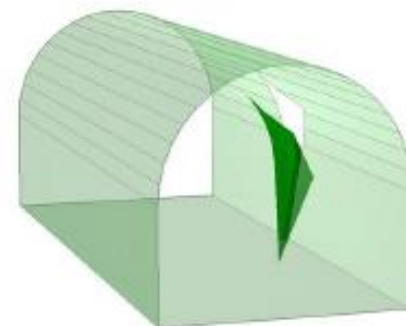
Control estructural del macizo rocoso



SEGUIMIENTO DE RED DE FRACTURACIÓN



Roof fall



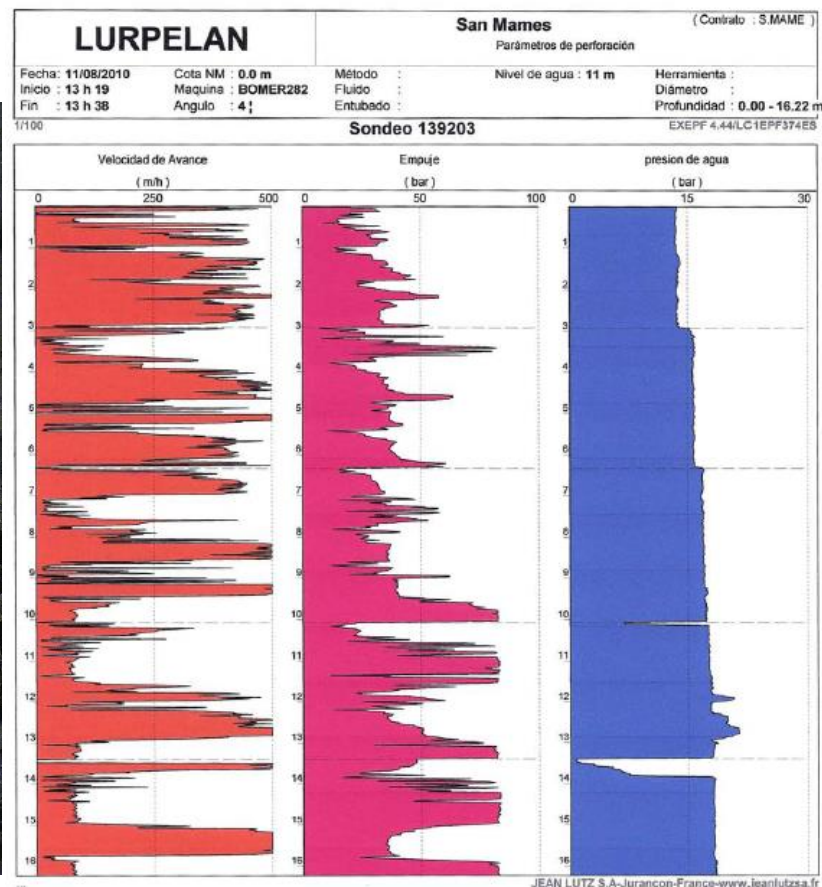
Sidewall wedge

COMPROBACIÓN DE CUÑAS

Investigación por delante del frente

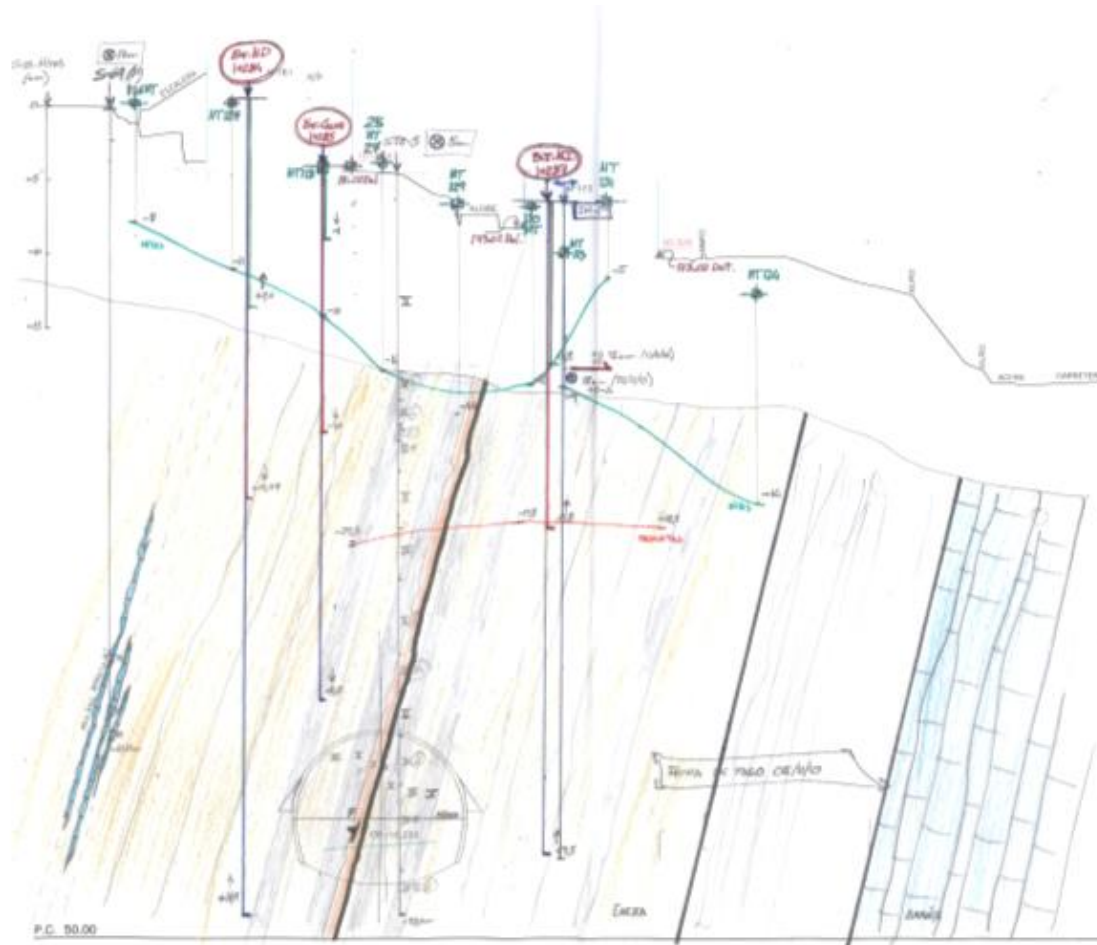


SONDEOS EN EL FRENTE



REGISTRO DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN

Análisis y comprobaciones en obra

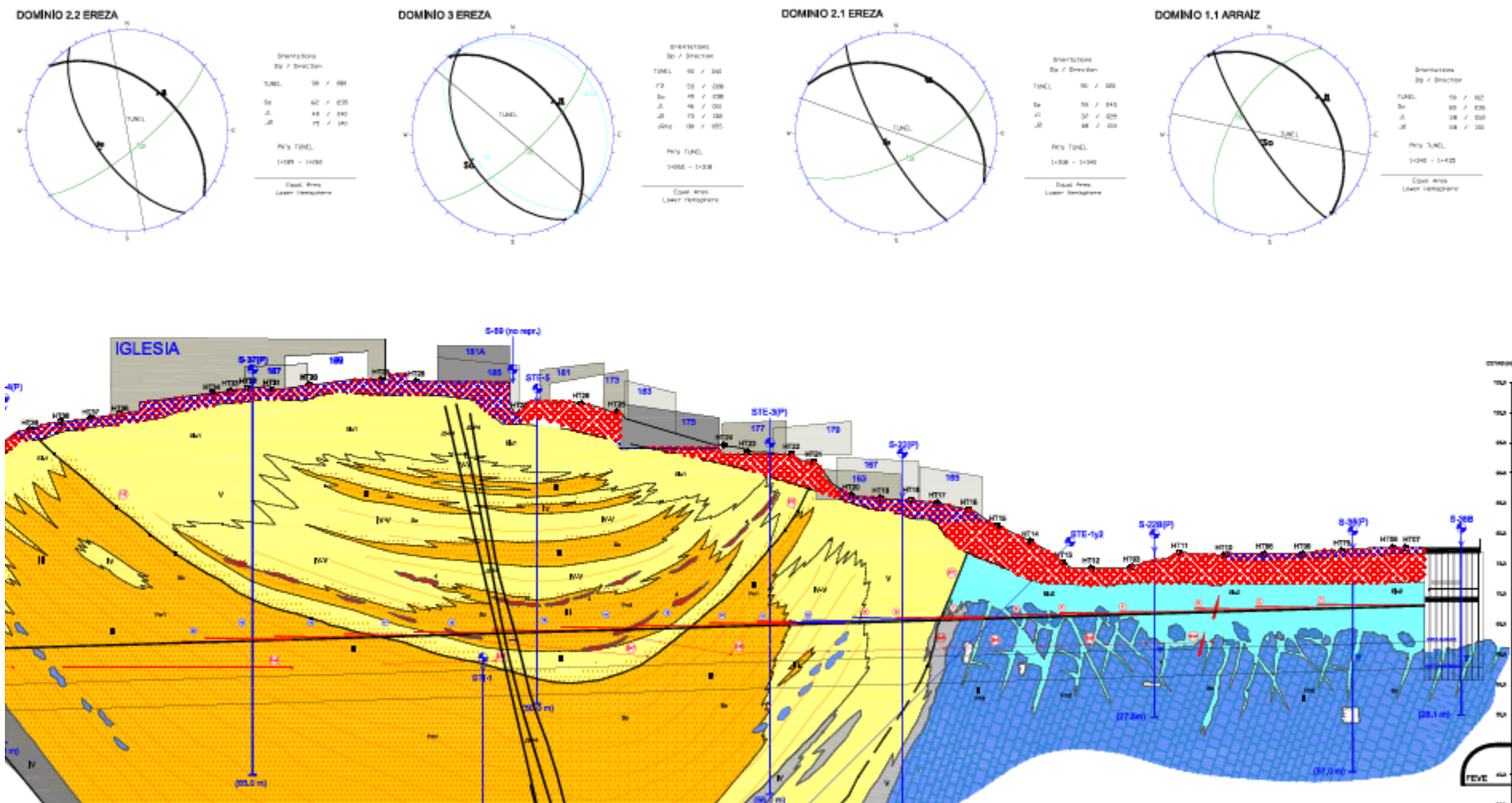


ANÁLISIS GEOLOGÍCO DE DETALLE

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

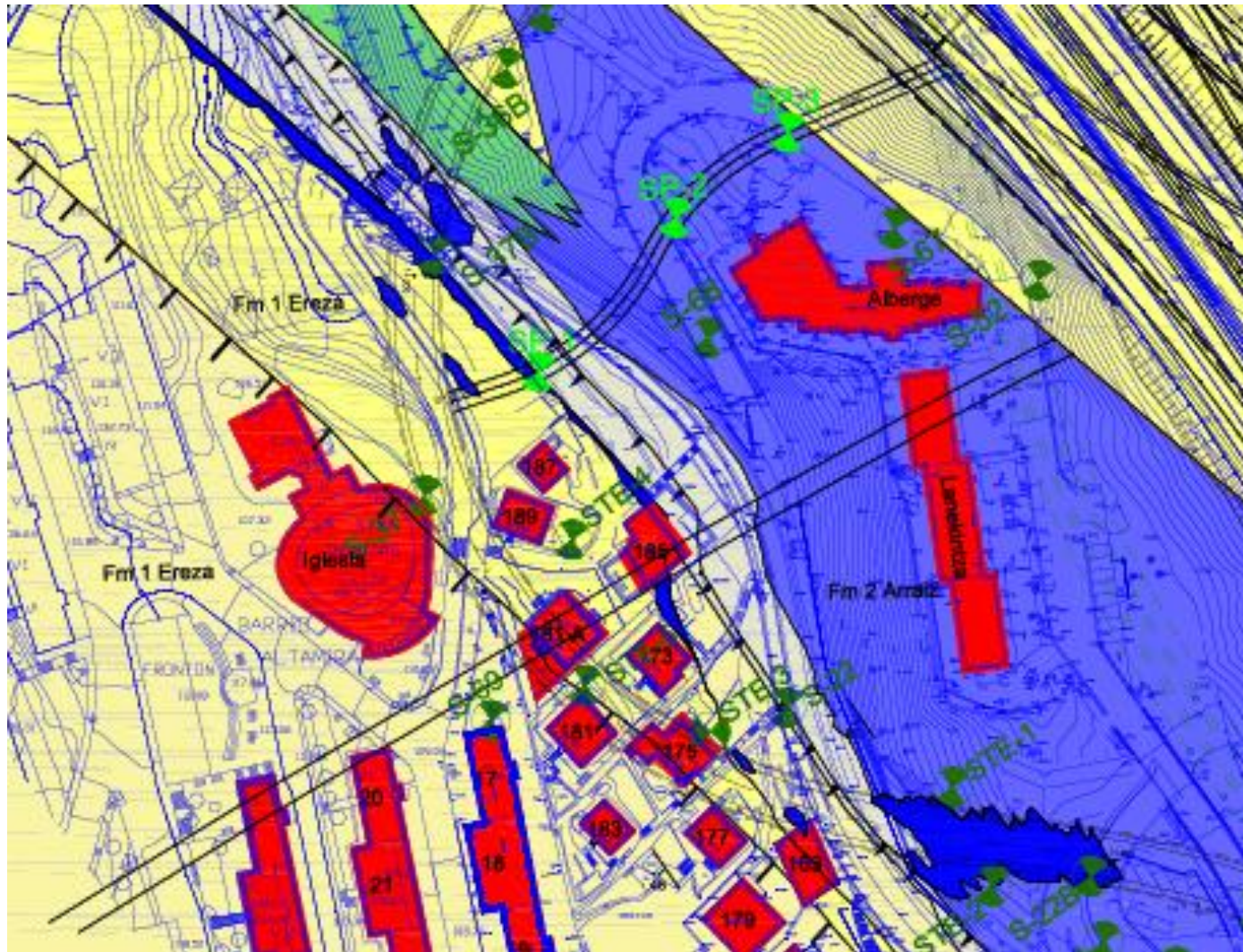
Análisis y comprobaciones en obra



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Análisis y comprobaciones en obra



PLANTA GEOLÓGICA
DEFINITIVA

Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LOS MACIZOS ROCOSOS

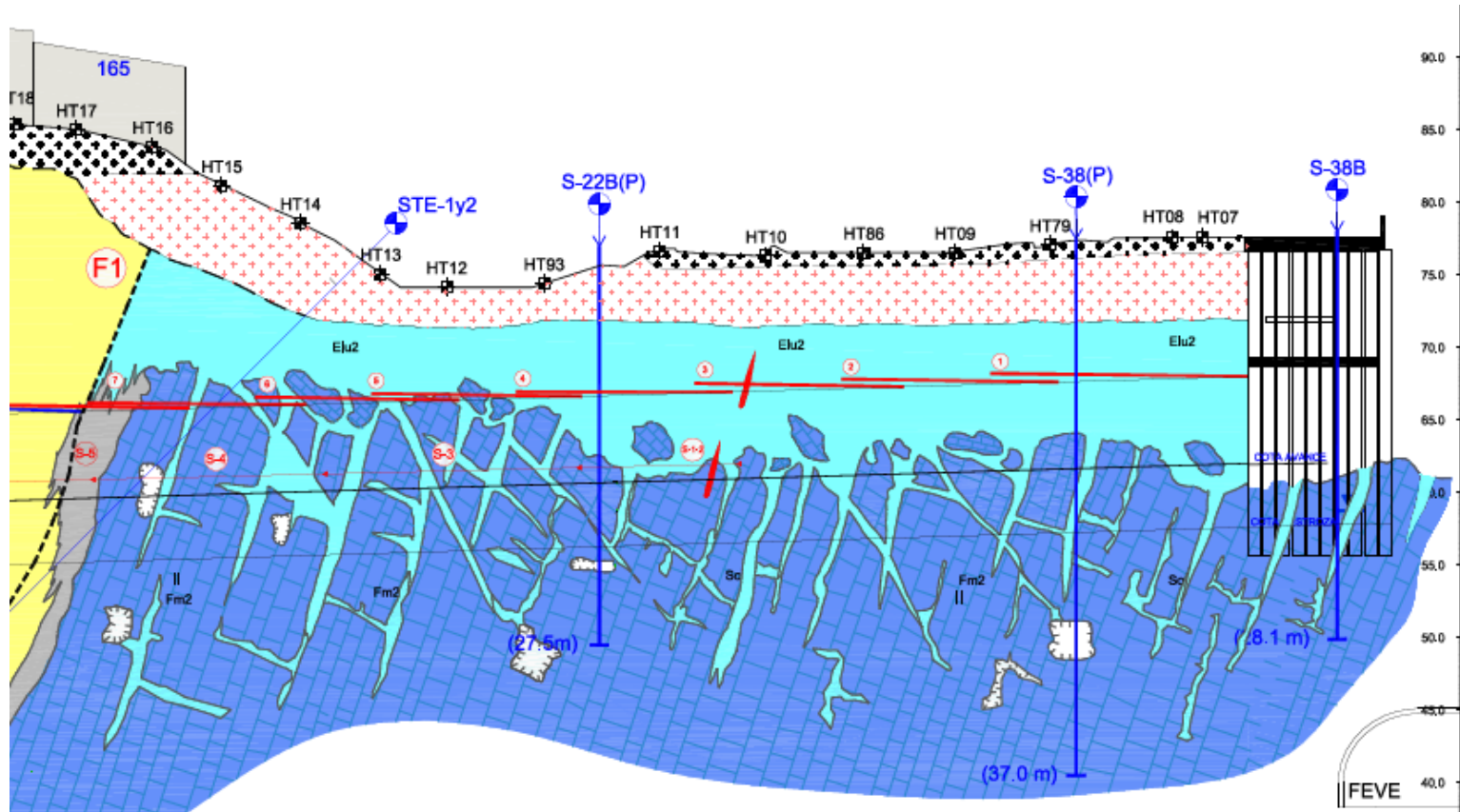
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO



Tramo carstificado con escasa cobertura

- Tramo inicial de 78 m
- Sin edificaciones
- Escasa cobertura (0,65 D) compuesta por un material totalmente alterado (G.A. IV-V) y rellenos



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Tramo carstificado con escasa cobertura

- Arcillas de carstificación en toda la clave del túnel (GM V-VI) con bloques de caliza embebidos
- Solera de caliza sana (GM I-II)
- RMR: <15 a 40



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

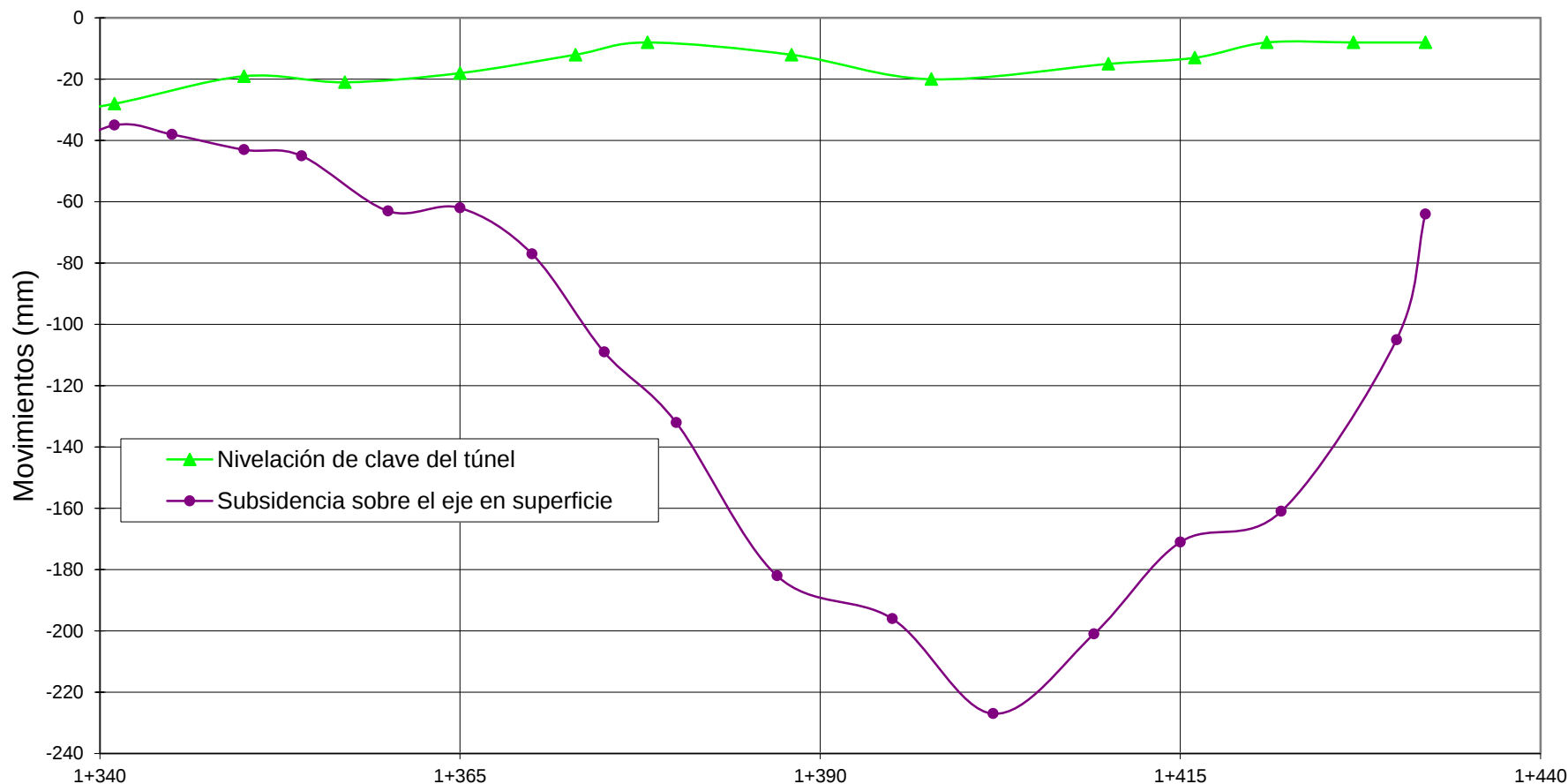
JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Bizkaia
interbiak

Monitorización tramo carstificado

Asientos en superficie: 60 -230 mm

Nivelación de clave: 10-30 mm



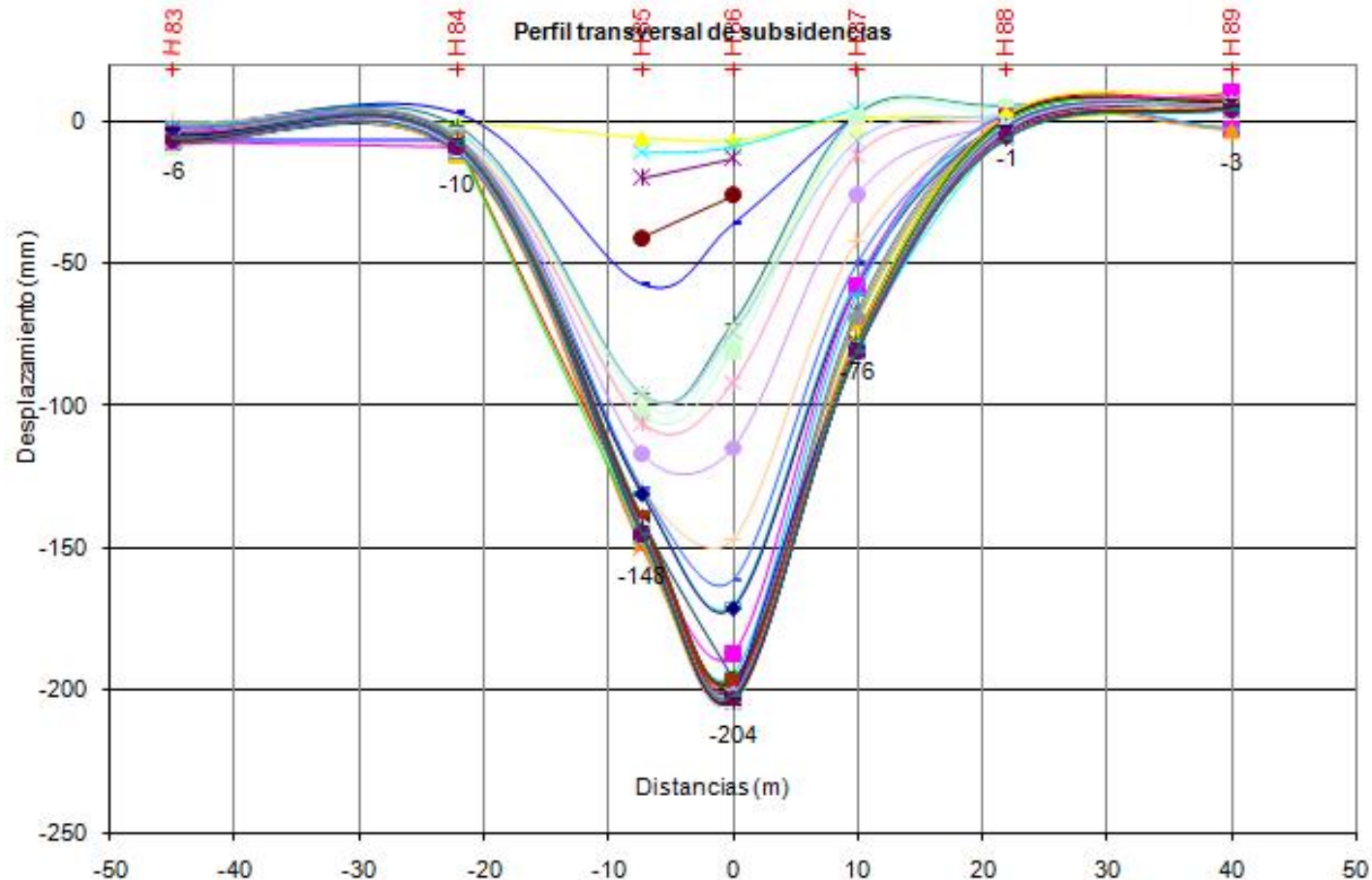
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo carstificado

Pérdidas de volumen: 2,3% -7,8%

i/D: 0,8-1,0

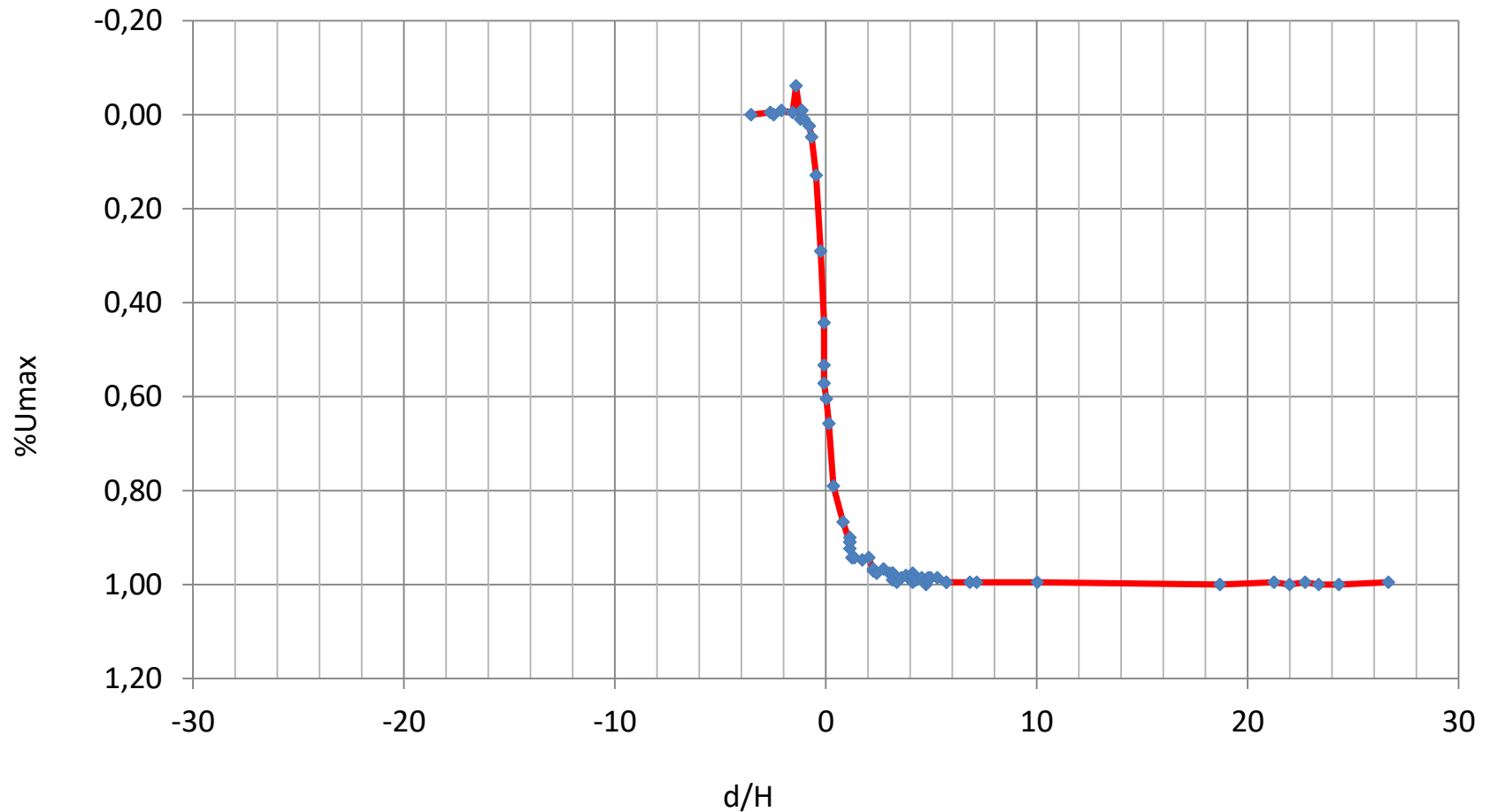


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo carstificado

Subsidencia al paso por la vertical = 50%



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Afecciones en tramo carstificado

Formación de grietas
de tracción



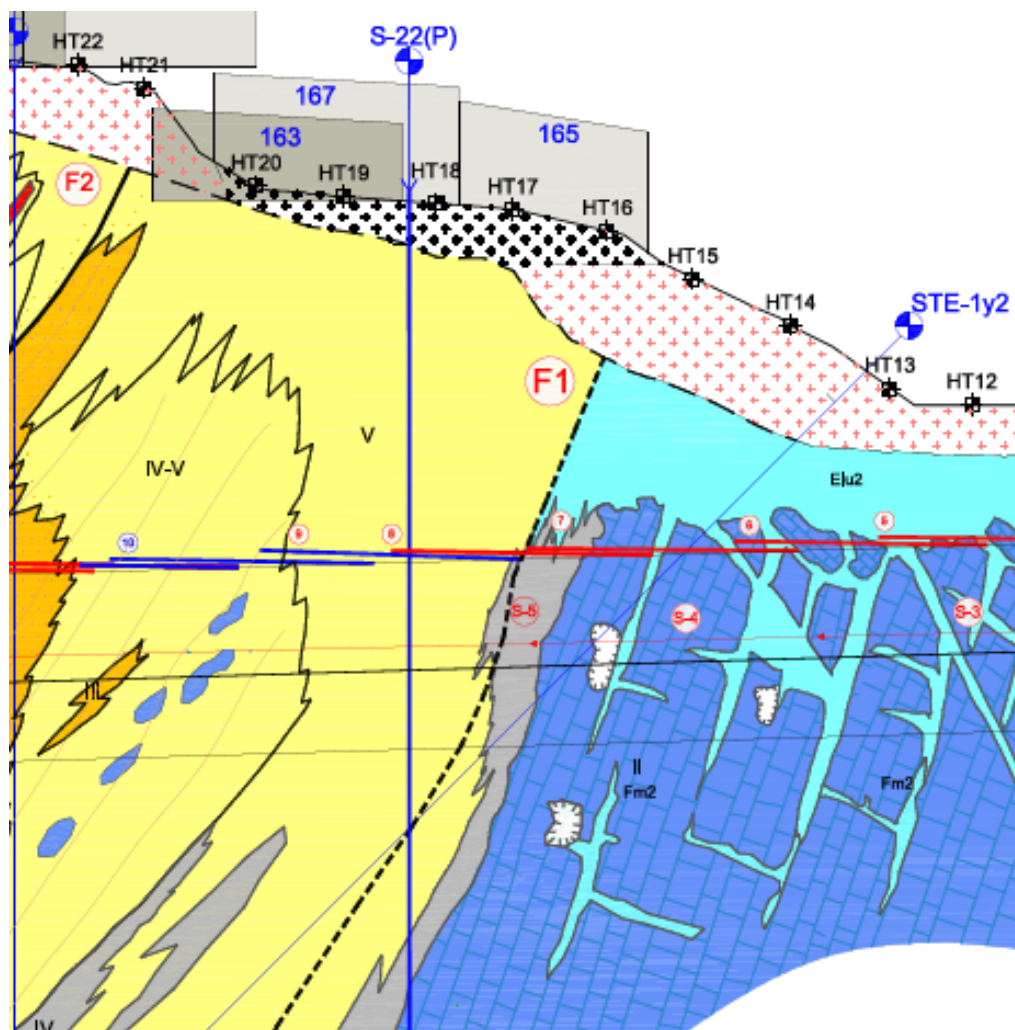
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Tramo de paso de falla

- Contacto entre calizas de formación Arraiz y areniscas y limolitas de Ereza
- Cobertera 1,7 D
- Con edificaciones próximas



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Tramo de paso de falla

- Contacto tectonizado entre formación Arraiz y Ereza
- Arcillas arenosas de alteración de areniscas de Ereza
- RMR: 18 a 24



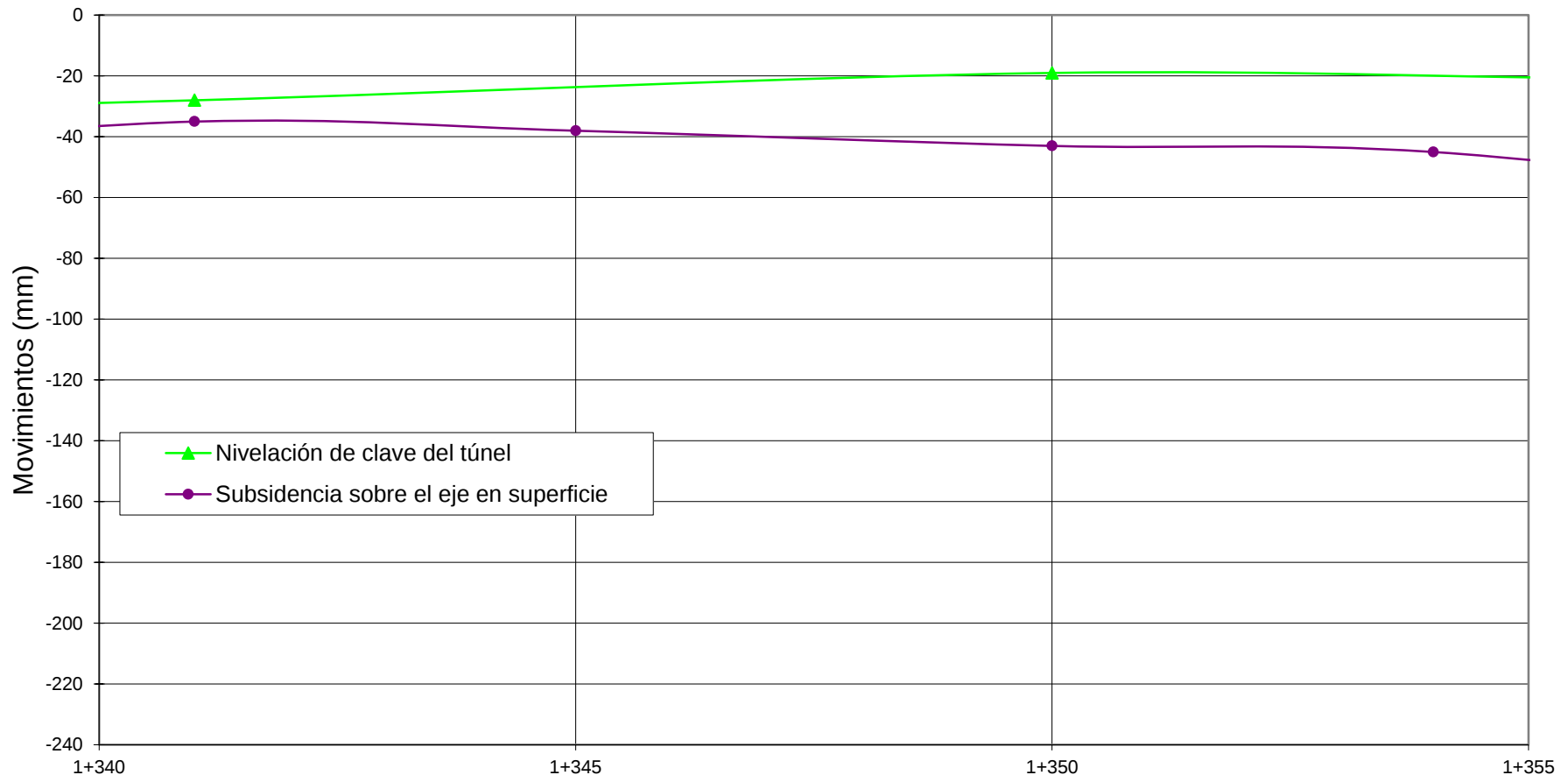
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo de falla

Asientos en superficie: 35-40 mm

Nivelación de clave: 15-30 mm



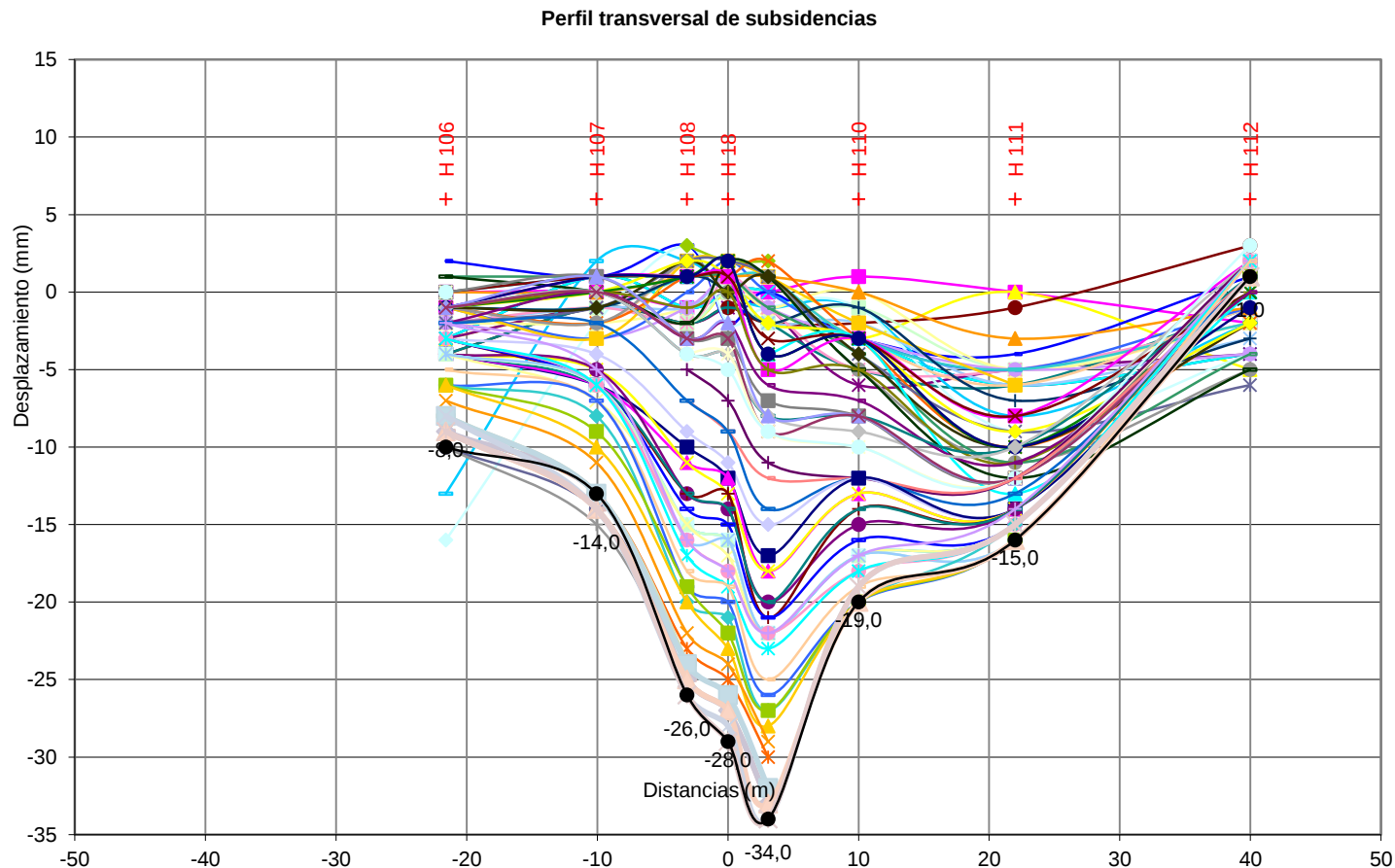
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo de falla

Pérdidas de volumen: 1,5%

i/D: 1,2

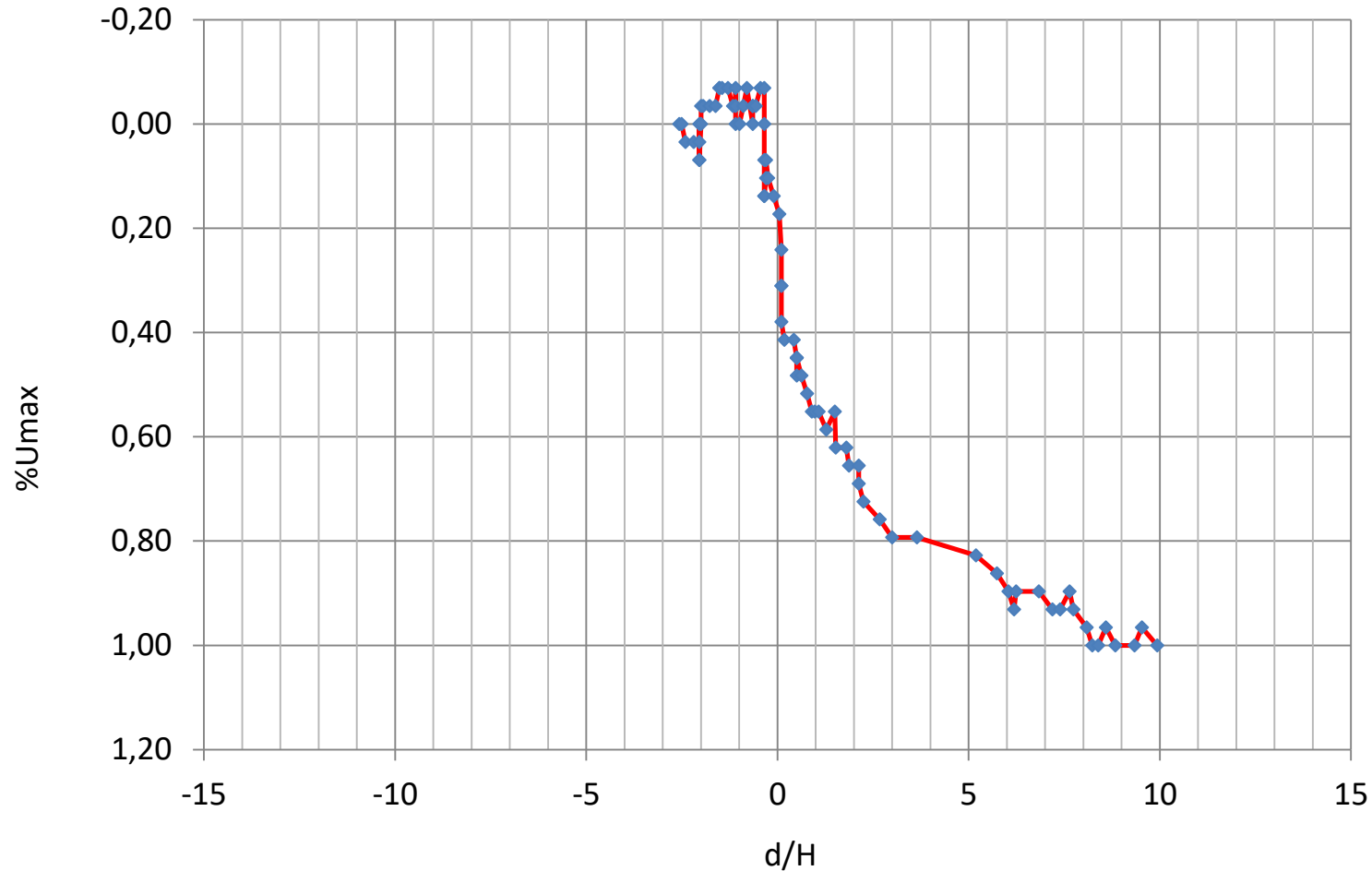


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo de falla

Subsidencia al paso por la vertical = 30%



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Afecciones en tramo de falla

Fisuras en carretera de Kastrejana y adoquinado de aceras



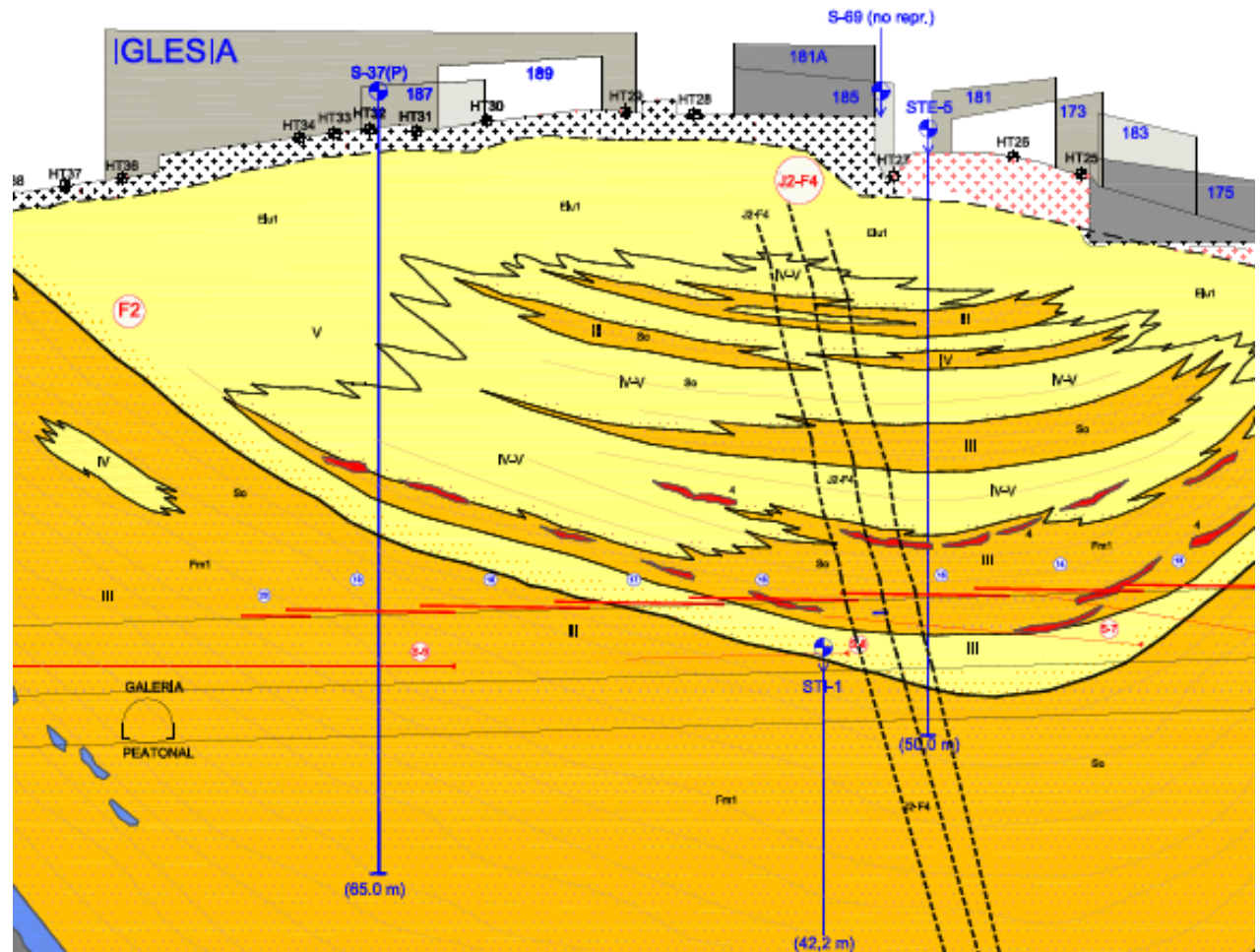
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Tramo central

- Falla subparalela al contacto entre Arraiz y Ereza, al hilo de la excavación
- Cobertera superior a 30 m (3,4D-5,1D)
- Numerosas edificaciones en la vertical



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Tramo central

- Areniscas calcáreas y limolitas de la formación Ereza
- Areniscas frecuentemente alteradas en bancos decimétricos a métricos
- RMR: 35 a 65 con tramos tectonizados de 18 a 30



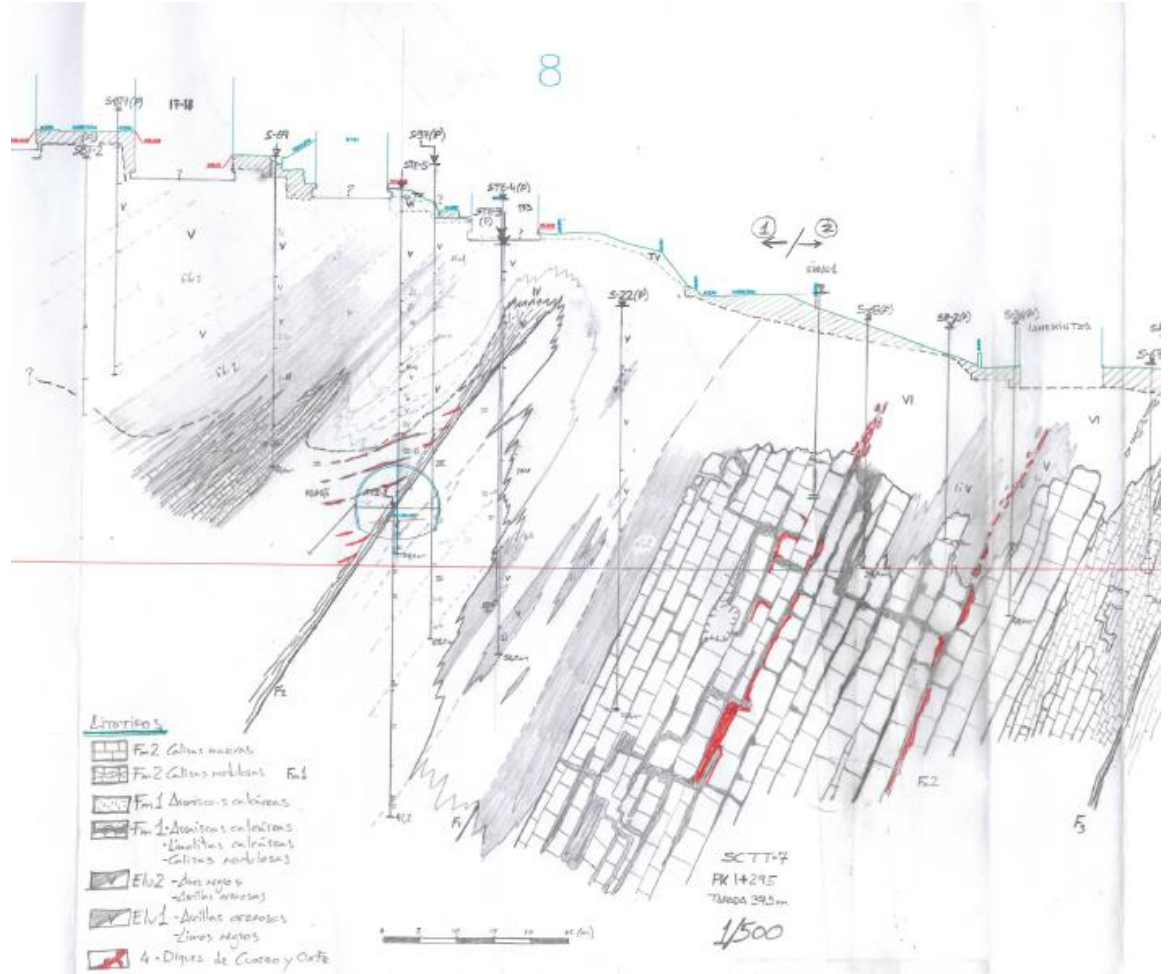
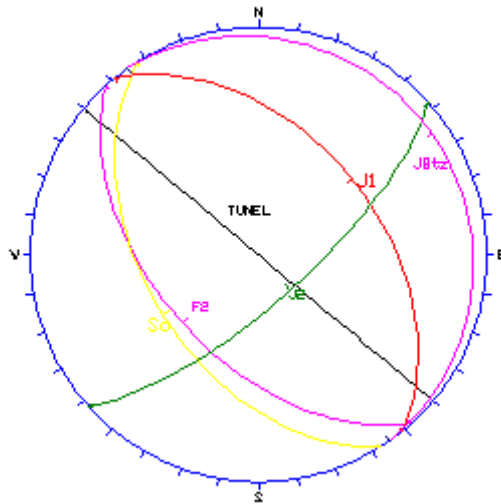
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak

Tramo central

- Compartimentación por una falla al hilo del trazado, subparalela al contacto entre Ereza y Arraiz



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO



Monitorización tramo central

Asientos en superficie: 20-50 mm Nivelación de clave: 10-40 mm Regletas de nivelación: 20-45 mm



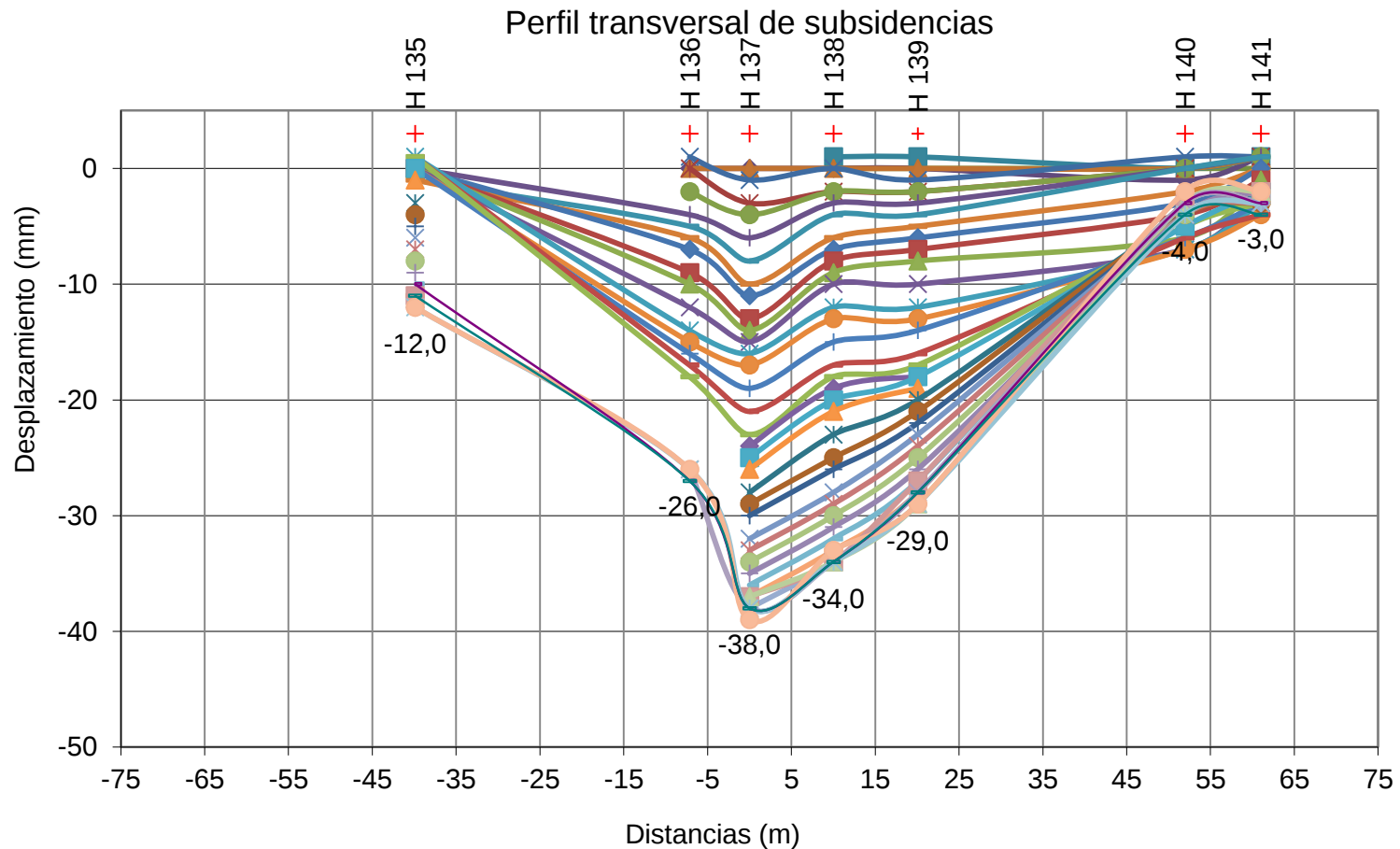
Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo central

Pérdidas de volumen: 3,5%

i/D: 2-2,5

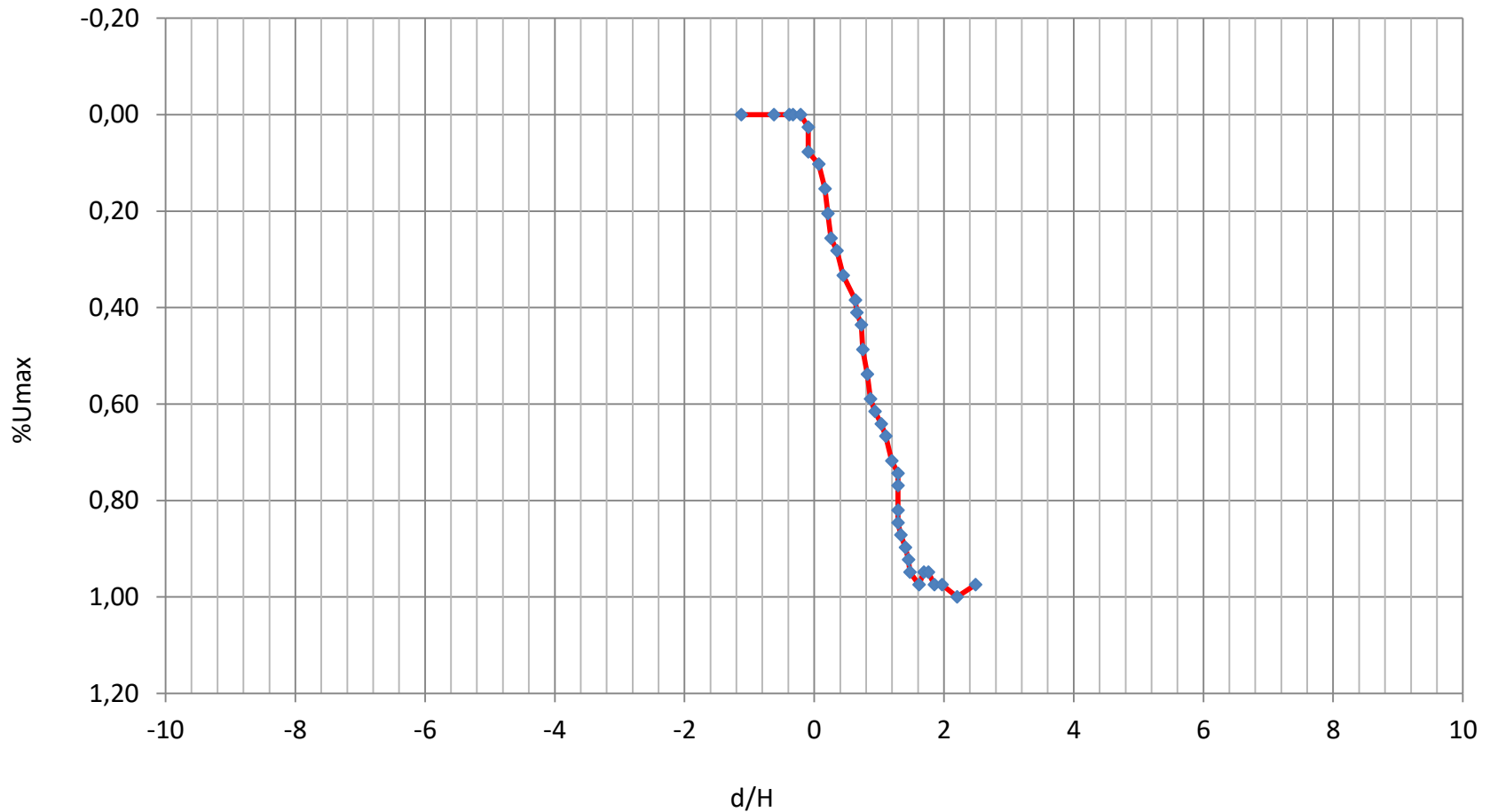


Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Monitorización tramo central

Subsidencia al paso por la vertical = 5-20%



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

Afecciones en tramo central

Muy Ligeros a Ligeros, reparados con pequeñas obras de albañilería o redecoración



Bilbao, 24 de Noviembre de 2016

JORNADA TÉCNICA TÚNELES EN PAÍS VASCO

 **Bizkaia**
interbiak