

ANEJO N°2

Geología y geotecnia

Índice

1 Introducción	1
1.1 Objetivos y alcance	1
1.2 Metodología	1
1.3 Información utilizada	2
2 Encuadre geológico	3
2.1 Tectónica	4
2.2 Geomorfología	5
2.3 Sismicidad	5
2.4 Hidrogeología	5
3 Geología de la zona	6
3.1 Estratigrafía y litología	6
3.1.1 Complejo Urgoniano C15	6
3.1.2 Recubrimiento Cuaternario	6
3.2 Tectónica	7
3.3 Geomorfología	7
3.4 Hidrogeología	7
3.5 Riesgos geológicos	7
3.5.1 Riesgos geológicos asociados a arroyada y avenidas de agua	7
3.5.2 Riesgos asociados a deslizamientos	7
3.5.3 Riesgos asociados a la sismicidad	8
3.5.4 Agresividad de los suelos por sulfatos	8
4 Características geotécnicas de los materiales	9
4.1 Sustrato cretácico (C1)	9
4.2 Recubrimiento cuaternario	9
4.2.1 Depósitos eluvio-coluviales	9
4.2.2 Rellenos antrópicos (RA)	10
5 Geotecnia de las obras de tierra	11
5.1 desmontes	11
5.1.1 Criterios generales	11
5.1.2 Estudio particularizado	12
5.2 Rellenos	13

5.2.1 Criterios generales	13
5.2.2 Estudio particularizado de los rellenos	15
6 Geotecnia de las estructuras	18
6.1 Muro 1 0+127.5-0+225	18
6.2 Muro 2 0+425 – 0+570	18
7 Estudio de materiales	19
7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales	19
7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales	19
7.3 Necesidades de material	19
7.4 Estudio de procedencias	19
7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.	19
7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad.	20
7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares	20
7.5.1 Préstamos	20
7.5.2 Canteras	20

APÉNDICE Nº2.1: PLANOS
APÉNDICE Nº2.2: CAMPAÑA GEOTÉCNICA
APÉNDICE Nº2.3: ENSAYOS DE LABORATORIO
APÉNDICE Nº2.4: ESTUDIO TÚNEL DE EL BOQUETE

1 Introducción

En este anejo describimos las características geológicas del tramo de Bidegorri localizado entre Etxebarri y Basauri, anexo a la margen izquierda de la ría del Nervión.

El tramo discurre aprovechando una antigua plataforma ferroviaria de con dirección O-E, a lo largo de unos 1400 m, a través del término municipal de Basauri y Bilbao, en la provincia de Bizkaia.

El tramo estudiado tiene su origen en la Calle Larrazabal de Basauri y discurre paralelo a la margen izquierda de la ría del Nervión hasta el puente de la calle Santa Ana de Bolueta, ya en término municipal de Bilbao.



Figura 1 Situación de la zona de proyecto en el estado actual.

Así mismo, el objeto de este anejo es aportar la visión geotécnica sobre las obras a desarrollar y que se definen a lo largo del proyecto.

En este sentido se lleva a cabo un estudio de los materiales presentes a lo largo del trazado, el cual no varía su eje de forma relevante respecto al actual en todo su longitud y se proponen las mejoras necesarias para alcanzar un nivel de seguridad satisfactorio en cada uno de los puntos observados.

Se incluye además en el Apéndice nº2.4 un informe (elaborado por Euskontrol en Junio de 2020) que recoge el análisis del estado actual del túnel de El Boquete donde se analiza el estado funcional que presenta el citado túnel tras más de cincuenta años de abandono ya que se se proyecta integrar esta

estructura dentro del nuevo trazado del bidegorri que uniría las localidades de Bolueta (Bilbao) y Basauri.

1.1 Objetivos y alcance

El objetivo de este anejo es el de determinar las características geológicas de los terrenos por donde discurre la traza, principalmente:

- Litología de los materiales.
- Disposición estructural.
- Análisis y caracterización de discontinuidades.
- Aspectos geomorfológicos generales y aquellos con incidencia en la traza.
- Comportamiento hidrogeológico de los materiales. Formaciones acuíferas. Estimación de niveles freáticos.

En términos geotécnicos se analizan las características geotécnicas de los materiales atravesados y se efectúan recomendaciones acerca de las obras de tierra a ejecutar en este caso exclusivamente desmontes.

1.2 Metodología

Para la realización de este anejo se ha seguido la siguiente metodología:

- Recopilación, análisis y evaluación de la información geológica y geotécnica sobre la zona.
- Reconocimiento geológico en campo de los diversos materiales aflorantes, su litología y disposición estructural, plasmándose en una cartografía geológica a escala 1/500 de una franja alrededor de la traza.
- Determinación de las discontinuidades que afectan a los materiales. Estaciones de medida.
- Características geomorfológicas, con especial atención a aquellas que pueden afectar al trazado. - Reconocimiento de campo y estudio fotogeológico.
- Reconocimiento y delimitación de rellenos antrópicos.
- Hidrogeología de los materiales. Determinación de formaciones acuíferas. Estimaciones de niveles freáticos y afecciones al trazado.

En el apartado geotécnico se presenta la metodología de cálculo empleada para cada uno de los elementos de la obra. A partir de los datos tomados en campo y los reconocimientos geotécnicos efectuados se elaboran los cálculos necesarios para determinar la idoneidad de los elementos diseñados. De la misma forma se han utilizado datos cuyo origen se sitúa en proyectos de infraestructuras cercanas.

Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) — La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

1

1.3 Información utilizada

En primer lugar se ha consultado la información geológica general existente de la zona estudiada, básicamente los estudios realizados por el IGME y el ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España) dentro del plan MAGNA.

- Mapa Geológico del País Vasco 1/25.000. Hoja nº 61-IV “Basauri”. (1993).
- Mapa Geológico de España 1/50.000. Hoja nº 61 “Bilbao”. (1973).

Proyecto de Trazado de la bicipista del Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) — La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

2

2 Encuadre geológico

Desde el punto de vista de la geología regional, la zona objeto de este estudio pertenece a las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la Cuenca Vasco - Cantábrica.

El área estudiada se enmarca dentro del flanco sur del sinclinorio de Bilbao, originado durante la Orogenía Alpina. Concretamente en la unidad tectosedimentaria conocida como “Dominio de la plataforma alavesa”, dentro del sector de Amurrio - Karrantza. Esta Unidad se encuentra limitada al Norte por la Falla de Bilbao, mientras que al Sur el límite viene dado por el sinclinal de Miranda Treviño y su continuación hacia el NO.

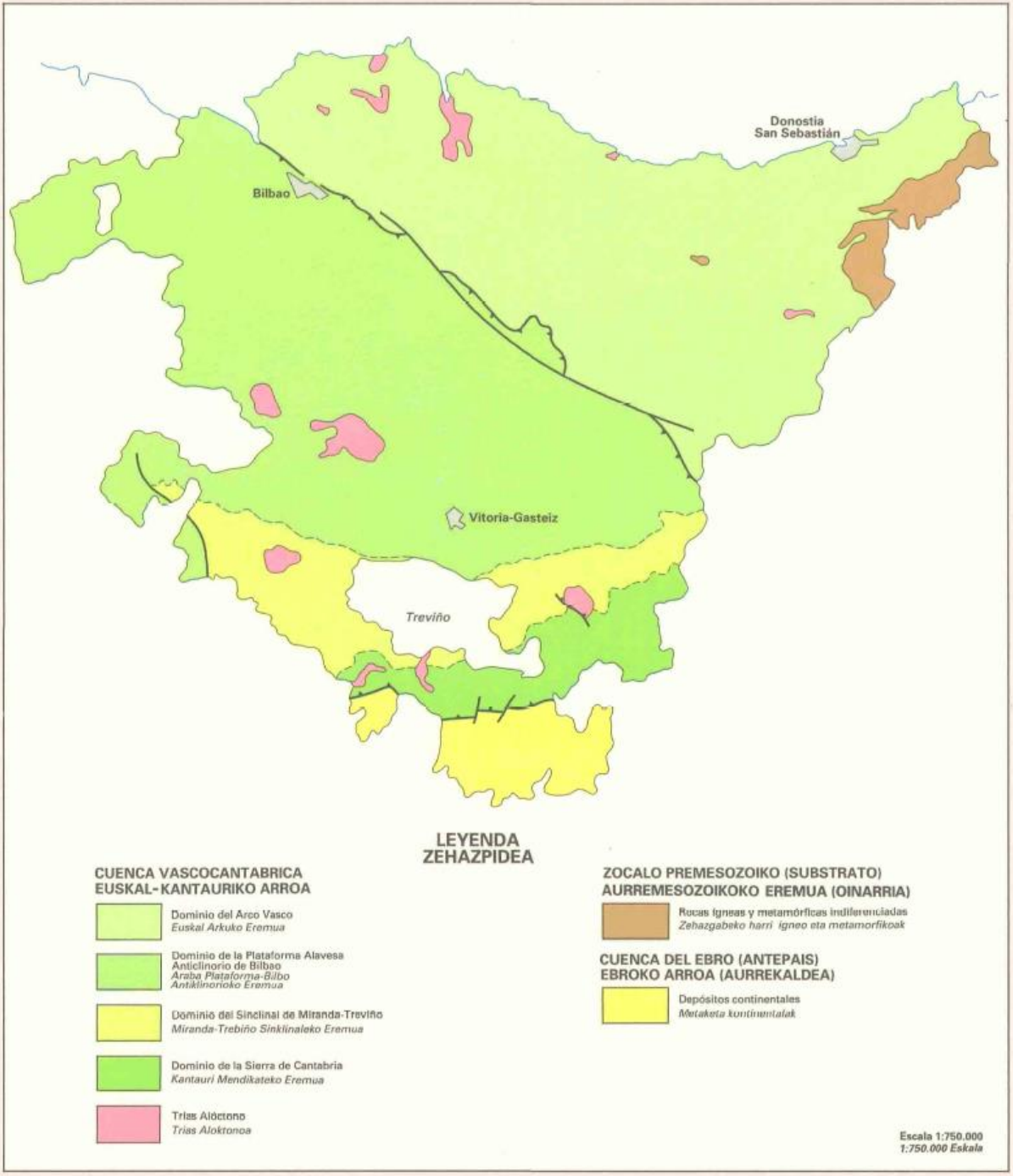


Fig 2: Esquema estratigráfico del País Vasco y situación del proyecto. (Mapa del EVE, escala 1:1.000.000).

Los materiales delimitados por estos accidentes tectónicos, de edad Cretácico Inferior (Albiense), pertenecen a la “Plataforma alavesa”, formado, en esta zona, por rocas detríticas del Complejo

Proyecto de Trazado de la bicipista del Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) — La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

Supraurgoniano y constituido principalmente por limolitas negras arenosas y areniscas, normalmente carbonatadas.

El ciclo Supraurgoniano representa el episodio terrígeno que cierra el ciclo marino somero arrecifal urgoniano y lo separa de los episodios flyschoides o de la sedimentación carbonatada extensiva en las grandes plataformas del Cretácico superior.

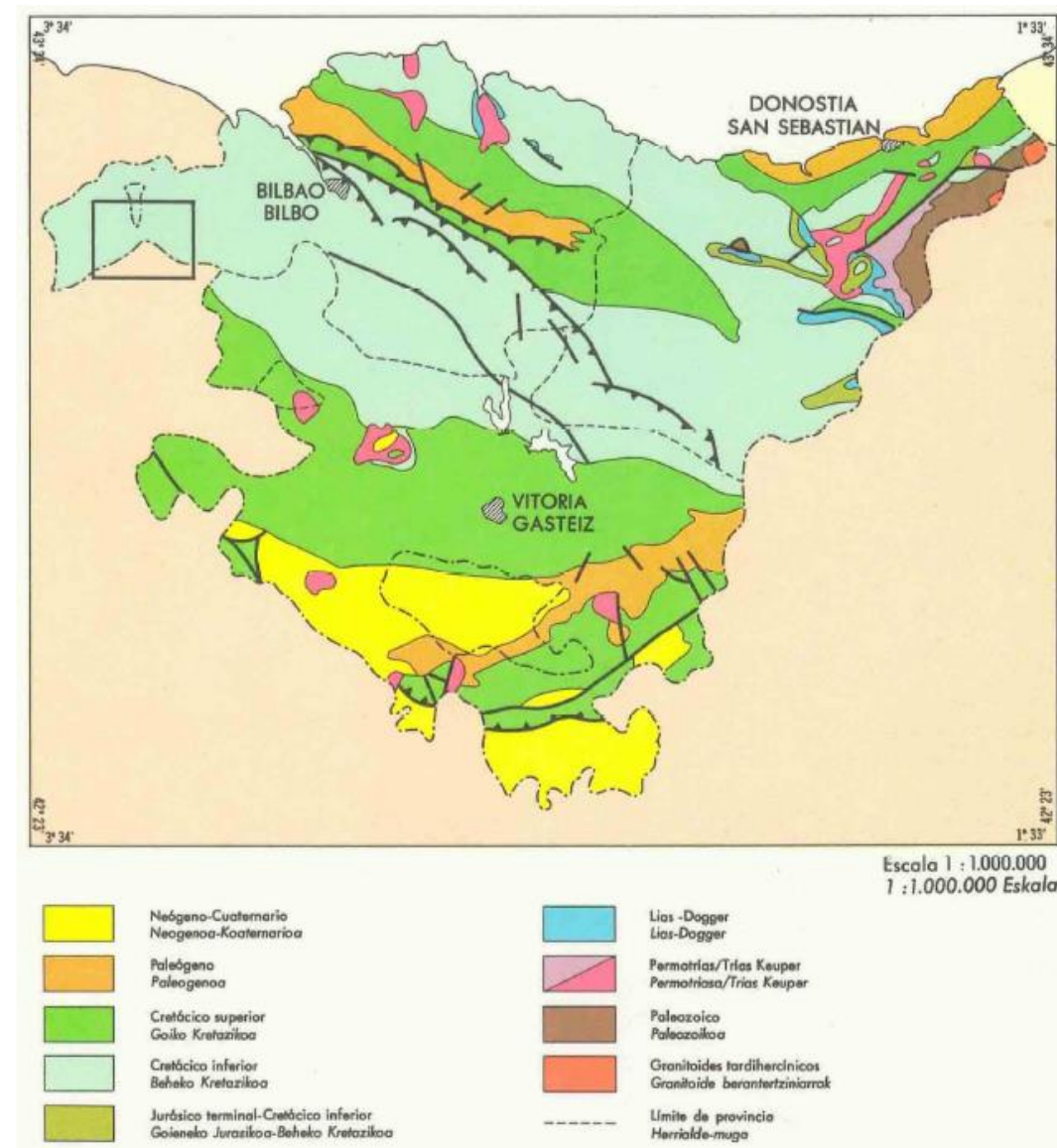


Fig 3: Esquema geológico regional (Mapa del EVE, escala 1:100.000)

Desde el punto de vista estructural, la Unidad de la plataforma alavesa, al igual que toda la Cuenca Vasco-Cantábrica, se caracteriza por presentar, al menos, tres fases de deformación debidas a los efectos de la Orogenia Alpina. La más importante de ellas, denominada como Fase I en la bibliografía

consultada, es la que genera casi la totalidad de las estructuras reconocibles a escala regional, predominando la dirección Noroeste - Sureste, N 120° a 130° E. Posteriormente se desarrollan, durante la Fase III, estructuras de rumbo ortogonal al descrito, N45°E, y que afectan a las directrices de la Fase I.

Sobre el substrato Cretácico, se han desarrollado diversos depósitos cuaternarios, con espesores poco importantes, consistentes en suelos de origen eluvial y por rellenos antropogénicos.

2.1 Tectónica

Estructuralmente, la zona de estudio se engloba dentro del Sector de Durango, enmarcado en la Unidad de Oiz. Las directrices estructurales principales son NO-SE. Al igual que en otras unidades, se contempla la división de esta gran área estructural en sectores que presentan características estructurales comunes y/o están diferenciados por accidentes de importancia. La principal estructura de la Unidad de Oiz, aparte de sus accidentes limitantes, es el Sinclinorio de Bizkaia, plegamiento de directriz NO-SE situado en la franja centro-meridional de esta región estructural.

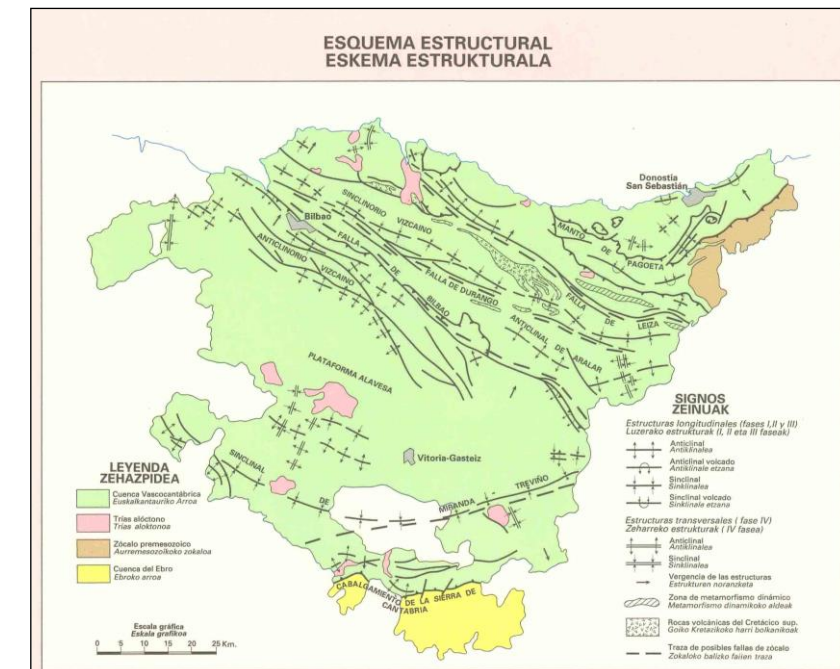


Fig 4: Esquema estructural del País Vasco (Mapa geológico del EVE, escala 1/1.000.000)

Proyecto de Trazado de la bicipista del Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) — La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

2.2 Geomorfología

2.3 Sismicidad

En el área estudiada, y de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02), Parte General y Edificación, actualmente en vigor, real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, el trazado se desarrolla por zonas de intensidad sísmica calificada como de sismicidad baja, con valores a_b / g inferiores a 0,04, y de K inferiores a 1,0. Siendo a_b la aceleración sísmica básica, valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años.

Por otro lado K es el coeficiente de contribución, que tiene en cuenta la influencia, en la peligrosidad sísmica de cada punto, de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma. Según la norma, no es preceptivo considerar la influencia de los fenómenos sísmicos en las obras y servicios situados en las zonas de dicho grado de sismicidad.



Fig. 5. Mapa Sísmico de España.

2.4 Hidrogeología

Desde el punto de vista hidrogeológico regional, el área de estudio se enmarca dentro de la cuenca Norte, que ocupa la casi totalidad de la cornisa cantábrica. De los diversos sistemas acuíferos localizados dentro del sector vasco de esa cuenca solamente la Unidad Hidrogeológica de Oiz, que se desarrolla sobre materiales detríticos, se localiza próxima a la zona de estudio, aunque sin afectar a las obras previstas.

Desde el punto de vista práctico, las únicas zonas que tienen establecido un nivel piezométrico estable son los depósitos aluviales. Estos materiales son permeables por percolación, presentan un nivel freático sub-superficial. Es probable también, la existencia de cierto flujo en el contacto entre los materiales eluviales situados sobre las laderas y la roca sana durante los periodos de fuertes lluvias.

3 Geología de la zona

3.1 Estratigrafía y litología

A continuación se detallan las características de cada de las unidades reconocidas a lo largo del trazado estudiado:

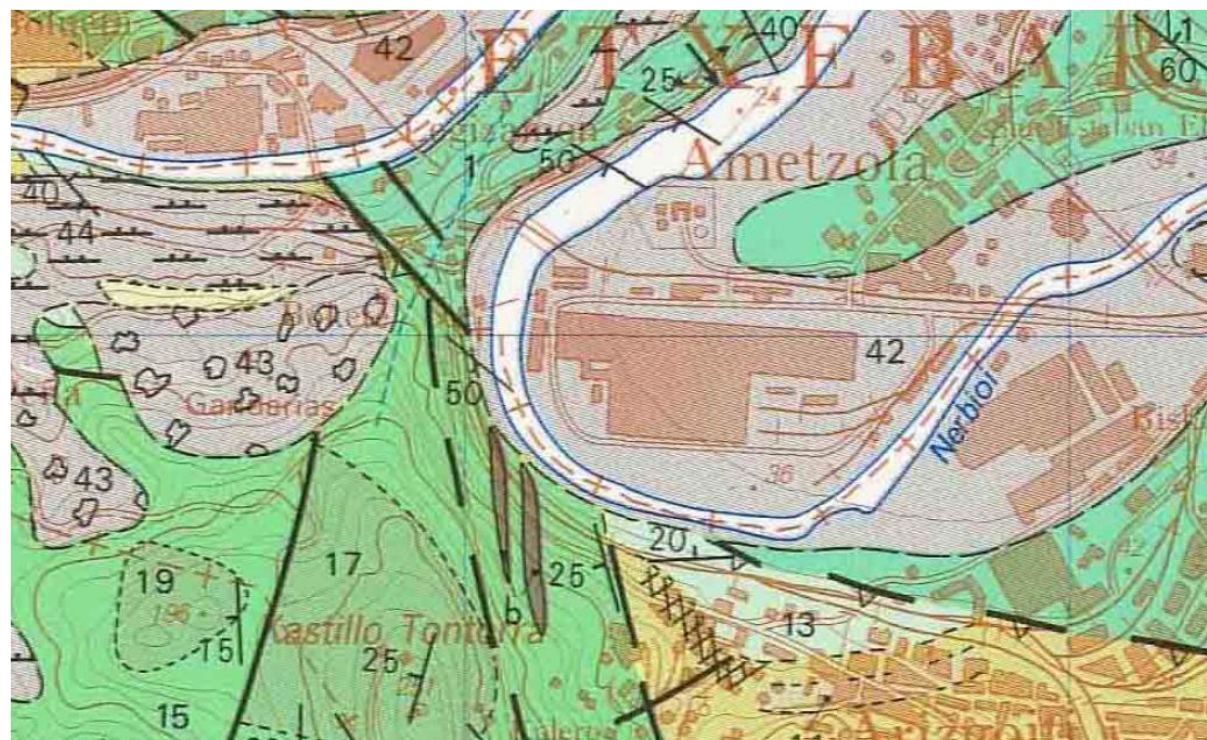


Fig 6: Extracto de la hoja 61-IV Basauri de la cartografía geológica 1:25.000 del EVE (1993)

3.1.1 Complejo Urgoniano C15

Formado por limolitas calcáreas con pasadas de areniscas de origen turbidítico, de edad Aptiense. Dentro de esta unidad, aparecen diques de rocas volcánicas de carácter lenticular.

3.1.2 Recubrimiento Cuaternario

Atendiendo a su génesis y litología diferenciamos entre:

1.- Depósitos eluvio-coluviales. Ocupan una parte del tramo. Se encuentran constituidos por materiales limo arcillosos en el que ocasionalmente pueden aparecer cantos de diverso tamaño tapizando la superficie del sustrato rocoso.

Proviene de la meteorización del macizo rocoso en ocasiones con un pequeño transporte facilitado por la pendiente de la ladera. Los materiales de tamaño de grano superior presentan bordes angulosos lo que revela la ausencia o limitación del transporte.

Estos materiales tapizan la ladera izquierda del trazado, mezclados con niveles de rellenos antrópicos.

2.- Depósitos aluviales Se sitúan en las márgenes de la ría, por debajo del trazado y no están atravesados por el presente proyecto..

3.- Rellenos antrópicos. Formados por materiales de variada granulometría constituyen los principales rellenos de la actual plataforma sobre la que se ubicará la senda ciclable, así como depósitos existentes en la ladera izquierda, producto de derrames y vertidos.

3.2 Tectónica

La zona del trazado está afectada por dos sistemas de fracturas con dirección N-S y NO-SE. Siguiendo la dirección N-S aparecen de manera local filones de rocas volcánicas próximas al trazado.

A lo largo de la otra dirección predominante NO-SE aparecen fallas de carácter regional, tanto intraformacionales, como fallas que ponen en contacto los materiales del Cretácico Superior con los del Inferior.

Los buzamientos observados en la zona del proyecto son homogéneos con direcciones de buzamiento hacia el suroeste e inclinaciones medias de 50°-60°.

3.3 Geomorfología

La zona se encuentra situada en la ladera del lado erosivo de un meandro de la Ría del Nervión, en una zona con fuerte pendiente, dominada por los procesos de inestabilidad de laderas.

Parte de la zona del trazado está afectada por un deslizamiento de suelos coluvio-eluviales, que ponen de manifiesto los condicionantes geotécnicos existentes debidos al espesor y disposición de suelos de alteración existentes.

3.4 Hidrogeología

A efectos prácticos tanto el macizo rocoso, compuesto por una alternancia de lutitas y niveles de areniscas, como los depósitos eluviales principalmente limo arcillosos pueden considerarse como impermeables.

Solamente, con carácter estacional puede esperarse un cierto flujo de agua en el contacto suelo/roca en el que las discontinuidades pueden encontrarse abiertas y con capacidad transmisiva a favor de la pendiente.

No se espera, dada la escasa entidad de las obras a ejecutar, modificaciones de importancia en el comportamiento hidrogeológico del macizo afectado, no afectándose aprovechamientos actuales

3.5 Riesgos geológicos

3.5.1 Riesgos geológicos asociados a arroyada y avenidas de agua

La zona objeto de este proyecto se caracteriza por presentar un relieve con una fuerte pendiente.

La superficie de la ladera se encuentra tapizada por una cobertura vegetal continua hasta el cauce del río Nervión lo cual ayuda a evitar arroyadas difusas, en este sentido la ladera se encuentra bien protegida frente a la erosión.

El cauce del Nervión en esta zona se encuentra en la zona exterior de un meandro en el cual se pueden producir fenómenos de erosión fluvial, sin embargo se tiene constancia de que esta zona ha sido objeto de trabajos, al menos en parte, durante el año 1983.



Fotografía aérea de la zona 1983

3.5.2 Riesgos asociados a deslizamientos

Existen varias zonas en las que se han localizado cicatrices de antiguos deslizamientos tales como la que se encuentra entre los PK 0+470 y 0+520 en el cual se hundió la antigua plataforma del ferrocarril.

La ladera sobre el río Nervión presenta una elevada pendiente y los materiales más superficiales pueden considerarse como suelos en su mayor parte y por lo tanto pueden llegar a producirse deslizamientos superficiales.

3.5.3 Riesgos asociados a la sismicidad

De acuerdo a lo establecido en la Normativa Sísmica Española (NCSE-02) el tramo a estudiar se encuentra por debajo de una aceleración sísmica de 0.04g y por tanto no sería obligatorio el cumplimiento de la Norma Sismorresistente.

3.5.4 Agresividad de los suelos por sulfatos

Los resultados obtenidos en los análisis químicos de sulfatos indican un bajo porcentaje en los materiales pertenecientes al sustrato rocoso (0.1%) así como en los materiales cuaternarios (0.4%).

4 Características geotécnicas de los materiales

Las características geotécnicas de los materiales se han deducido a partir los ensayos de laboratorio realizados en la campaña geotécnica.

4.1 Sustrato cretácico (C1)

Los materiales cretácicos constituyen el sustrato rocoso en toda la zona de estudio, con afloramientos rocosos en la zona del túnel. En el resto del trazado están tapizados por cobertura vegetal o rellenos y apenas se

Esta unidad rocosa se ha detectado en los todos los sondeos mecánicos realizados en la campaña de campo realizada para el proyecto citado en septiembre de 2018.

Para la caracterización de las areniscas y limolitas sanas se han llevaron a cabo cuatro (4) ensayos de resistencia a compresión simple, con una RCS media de 5.25 Mpa. Estos resultados parecen muy bajos para la unidad considerada y de hecho la mayoría de las roturas se producen a través de los planos de discontinuidad, en concreto la estratificación.

Los resultados de los ensayos realizados para esta unidad se incluyen a continuación:

PUNTO RECONCIMIENTO	Muestra	Prof, Superior	Prof. inferior	Long, muestra	Unidad geotécnica	Humedad	Densidad aparente	RCS rocas
		m	m	m		%	kN/m3	MPa
S-2	TP-1	11.80	12.3	0.5	C1	1.49	27.2	23.9

Resultados ensayos de la formación del Cretácico Superior (C1)

La resistencia a compresión simple se ha revelado como media, con un valor de 23.92, la densidad aparente es de 2.72 gr/cm3 y una humedad de 1.49%.

4.2 Recubrimiento cuaternario

4.2.1 Depósitos eluvio-coluviales

Esta unidad está compuesta por materiales de variada granulometría, así aparecen desde limos y arcillas de baja a media plasticidad que presentan cantidades variables de arena, ML y CL, según la clasificación de Casagrande; a gravas arcillosas, GC.

Según los trabajos realizados, aparece localizada sobre el sustrato rocoso subyacente (C1).

En el proyecto objeto de estudio, se encuentra presente a lo largo de todo el tramo. Su potencia varía entre 1 y 4 m.

Las calicatas mecánicas realizadas para el proyecto de referencia aportan información sobre su excavabilidad, que resulta ser fácil; sin presencia de agua y con paredes verticales estables a corto plazo.

A continuación, se incluye una tabla con los resultados de los ensayos en las muestras alteradas tomadas en los sondeos mecánicos realizados:

Granulometrías:

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	unidad geotécnica	Tipo de suelo (USCS)	GRANULOMETRIA POR TAMIZADO						
		m	m	m			tamiz 63	tamiz 20	tamiz 10	tamiz 5	tamiz 2	tamiz 0.4	tamiz 0.08
S-1	MI-1	4.50	5.10	0.60	ELUVIAL	CL	100	92.0	85.0	78.9	73.3	66.0	53.4
S-1	SPT-1	5.10	5.70	0.60	ELUVIAL								

Plasticidad

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	unidad geotécnica	Tipo de suelo (USCS)	LÍMITES DE ATTERBERG		
		m	m	m			L.L. %	L.P. %	I.P. %
S-1	MI-1	4.50	5.10	0.60	ELUVIAL	CL	32.9	21.8	11.1
S-1	SPT-1	5.10	5.70	0.60	ELUVIAL				

Otras características:

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	Densidad aparente	Humedad	Materia orgánica	Sulfatos	ACIDEZ BAUMANN - GULLY
		m	m	m	t/m3	%	%	%	ml/kg
S-1	MI-1	4.50	5.10	0.60			0.26	0.005	16
S-1	SPT-1	5.10	5.70	0.60	2.07	17.3			

Proyecto de Trazado de la biciista del Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) – La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

Están constituidos por limos y arcillas con algo de gravas con cantos calcáreos subangulosos.

En base a la experiencia sobre este tipo de materiales se ha optado por los siguientes valores para los parámetros de cálculo: una densidad aparente de 2.22 g/cm³; un ángulo de rozamiento interno medio (Ø) de 34.7° y una cohesión(c) de 0.26 kg/cm².

El ensayo tipo SPT realizado en los materiales eluviales muestra un valor de 12.

4.2.2 Rellenos antrópicos (RA)

Se encuentran presentes a lo largo de todo el tramo actual bajo la plataforma del trazado. Dado que la plataforma actual es una vía férrea se trata de rellenos compactados y consolidados.

Se trata de gravas heterométricas, subangulosas de caliza y limolita con bastante arena y bastantes limos y arcillas.

Se han efectuado los siguientes ensayos de laboratorio:

Granulometrías:

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	unidad geotécnica	Tipo de suelo (USCS)	GRANULOMETRIA POR TAMIZADO						
		m	m	m			tamiz 63	tamiz 20	tamiz 10	tamiz 5	tamiz 2	tamiz 0.4	tamiz 0.08
S-2	SPT-1	1.50	2.10	0.60	RELLENO	GC	100	82.8	57.0	46.6	36.2	26.0	20.4

Plasticidad

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	unidad geotécnica	Tipo de suelo (USCS)	LÍMITES DE ATTERBERG		
		m	m	m			L.L.	L.P.	I.P.
S-2	SPT-1	1.50	2.10	0.60	RELLENO	GC	23.6	16.4	16.4

Otras características:

Sondeo	Muestra	Profundidad Superior	Profundidad inferior	Longitud muestra	Densidad aparente	Humedad	Materia orgánica	Sulfatos	ACIDEZ BAUMANN - GULLY
		m	m	m	t/m3	%	%	%	ml/kg
S-2	SPT-1	1.50	2.10	0.60			0.60		

El ensayo SPT realizado en esta unidad mostró un resultado de 34

Debido a que no se dispone de ensayos específicos los siguientes parámetros se asignan en función de la experiencia en materiales similares y su relación con las características del material obtenidas en los resultados de los ensayos realizados

- Densidad aparente: 20 kN/m³
- Cohesión: 5 kPa
- Ángulo de rozamiento: 32°

Estos materiales son aprovechables para su uso como núcleo de rellenos dentro de la propia obra siempre se encuentren en la vertical de la plataforma del trazado. Los que se encuentran en el talud hacía el cauce, por debajo del trazado y conforman los espaldones de la plataforma actual, deberán ser objeto de estudio detallado en fase de obra para poder determinar su posible reutilización. Dado, que existe la posibilidad de que se trate de rellenos de mala calidad geotécnica, ya que era costumbre habitual depositar este tipo de materiales en los espaldones y zonas externas de los taludes de relleno.

5 Geotecnia de las obras de tierra

5.1 desmontes

En un estudio de desmontes deben tenerse en consideración muchos aspectos (estabilidad, refuerzo, excavabilidad, impacto ambiental, trazado, reutilización de materiales, expropiaciones, etc.), generalmente relacionados entre sí y por tanto difíciles de estudiar por separado.

La valoración de cada uno de estos factores no es sencilla, ya que tanto la toma de datos, como los parámetros geotécnicos, están condicionados por variaciones locales, que impiden lograr los grados de precisión que se alcanzan en otros tipos de estudios y proyectos de obra civil. Por ello, al margen de los errores admitidos, la decisión final depende en gran medida de la experiencia y el buen juicio ingenieril.

En este apartado se estudiarán los aspectos geotécnicos de los desmontes, es decir, los relacionados con su estabilidad, eventuales medidas de refuerzo y excavabilidad. Otros aspectos, como los medioambientales, de trazado, y de reutilización de materiales, se analizarán en otros apartados.

En primer lugar se expondrán de manera breve los "criterios generales básicos" que se aplicarán a los diferentes aspectos de este estudio, especialmente en lo relativo a las secciones tipo, diseño de taludes de excavación, cálculos de estabilidad, recomendaciones constructivas de refuerzo, protección y drenaje, excavabilidad, caracterización del fondo de desmonte y recomendación de las medidas oportunas en caso necesario (saneos).

Se ha considerado el estudio particularizado de aquellos desmontes con una altura superior a los 5 m. En el caso de aquellos de inferior altura se ha determinado la idoneidad de su excavación con una pendiente 3(H):2(V).

El análisis detallado de cada desmonte del trazado incluirá los siguientes apartados:

- Situación y datos geométricos
- Trabajos de reconocimientos realizados
- Características geológicas del terreno a excavar
- Análisis de estabilidad
- Excavabilidad
- Fondo de desmonte
- Drenaje
- Recomendaciones constructivas

5.1.1 Criterios generales

Tal y como se verá en los cálculos de estabilidad, las pendientes de los taludes inventariados garantizan la estabilidad global.

El diseño de la sección tipo de los desmontes se realizará siguiendo los criterios de las normas en vigor y tomando en consideración las observaciones realizadas en los diferentes reconocimientos efectuados sobre los taludes existentes. En concreto, se estudiarán y definirán los siguientes aspectos:

- Inclinaciones de los taludes de desmonte.
- Refuerzos y sostenimientos.

A continuación se describen los criterios y consideraciones más importantes a tener en cuenta en cada uno de ellos.

5.1.1.1 INCLINACIÓN DE LOS TALUDES DE DESMONTE

Para la determinación de la pendiente de los taludes de desmonte se han empleado básicamente criterios de estabilidad, recomendando pendientes implicando una afección aceptable garanticen la estabilidad a largo plazo.

5.1.1.2 REFUERZOS Y SOSTENIMIENTOS

En los casos en que la estabilidad del talud se sitúe en una posición comprometida, se deberán aplicar medidas de sostenimiento.

5.1.1.3 MEDIDAS PARA EVITAR LA DEGRADACIÓN DE LOS TALUDES POR EROSIÓN

Algunos de los terrenos excavados son susceptibles de sufrir degradación por la granulometría que presentan, por lo que se hace necesario proponer una serie de medidas para evitar dicha degradación.

- La primera de ellas es el diseño de un adecuado drenaje de los taludes mediante cunetas de recogida de aguas.
- La segunda es la adopción de inclinaciones de talud poco elevadas.

5.1.1.4 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

El método de cálculo a aplicar depende de la naturaleza intrínseca del terreno donde potencialmente puede desarrollarse la inestabilidad.

La excavación de los desmontes se realizará, además de en suelos (depósitos cuaternarios con distintos grados de cementación, rellenos antrópicos, etc), en una alternancia de estratos de diferente composición y comportamiento (calcarenitas y margas y areniscas, conglomerados y limos) por lo que, dada la heterogeneidad que presenta el medio, se ha considerado como la mejor aproximación posible para el cálculo de la estabilidad el mecanismo de rotura propio de un suelo.

Proyecto de Trazado de la bicipista del Nervión. Tramo: Bolueta (Bilbao) — La Basconia (Basauri)

Anejo nº2: Geología y Geotecnia

En los taludes en terrenos tipo suelo y/o rocas muy alteradas, las roturas se producen a través de su masa. Se ha observado en numerosos casos analizados que la superficie de deslizamiento se asemeja a la cara cóncava de una concha, de modo que, en un perfil paralelo a la dirección del movimiento, la sección de esta superficie es circular.

Este tipo de deslizamiento se produce en terrenos homogéneos, sin direcciones predominantes de fracturación y en los que el tamaño de las partículas de suelo es muy pequeño en comparación con las dimensiones del talud. Los métodos de cálculo de estabilidad que actualmente se aplican están basados en estas observaciones.

En este estudio, se aplica el "Método de Bishop", que es un método bidimensional que divide el terreno en rebanadas o dovelas y estudia el equilibrio en cada una de ellas. El problema es hiperestático, por lo que es necesario hacer una simplificación que permita su resolución. La simplificación de Bishop consiste en suponer que las fuerzas en las caras laterales son horizontales.

Sólo se satisface el equilibrio de momentos y no el de fuerzas horizontales. Como resultado del cálculo se obtiene el factor de seguridad (FS) en el círculo de rotura escogido. Como el FS aparece de modo implícito en las ecuaciones del método, su valor debe obtenerse mediante un proceso iterativo que converge rápidamente. El Método de Bishop presenta errores máximos del 7%, siendo los más habituales de un 2%.

Para definir un desmonte estable deberá partirse del coeficiente de seguridad, es decir, de la relación entre las fuerzas resistentes y la fuerza que sería necesaria para mantener en equilibrio la masa a deslizar. Los coeficientes de seguridad exigidos son 1,1 para taludes en situación accidental de sismo y 1,5 para taludes definitivos.

En este caso se realizará un análisis de estabilidad en base a los parámetros otorgados a cada unidad, considerando la mayor altura de los desmontes en los cuales aparecerá.

Para realizar este estudio se utilizará el programa comercial SLIDE (versión 6.0), desarrollado por el Rock Engineering Group de la Universidad de Toronto, bajo la dirección del profesor Evert Hoek. Este programa calcula el equilibrio plástico que se da en un círculo de rotura preestablecido. Los datos que requiere el programa son:

- Cohesión, ángulo de rozamiento y peso específico de los terrenos.
- Geometría del talud. Es posible adaptar la geometría prácticamente sin limitaciones, así como considerar distintos terrenos, cada uno de ellos con su geometría y propiedades.
- Es posible considerar un nivel freático de geometría libre.

En definitiva, el programa calcula en una malla de centros de círculos dada por el proyectista, el factor de seguridad de los posibles círculos que resultan de variar el radio en cada uno de los centros. Así es posible disponer de una representación de isóneas de factores de seguridad (lugar geométrico de los centros de los círculos de rotura), solventándose en parte la limitación del método de Bishop de tener que prefijar el círculo de rotura a priori.

5.1.2 Estudio particularizado

El trazado no presenta grandes desmontes y todos ellos serán excavados bien sobre rellenos antrópicos, bien sobre depósitos eluvio-coluviales. Por ello de forma genérica se ha determinado un talud de excavación en suelos: 3(H):2(V), bien extendido en obras de este tipo y con este tipo de materiales.

El desmonte de mayor altura es el situado entre los PK 1+040 y 1+090, con una altura máxima de 3.70 m.

5.1.2.1 DESMONTE 1+040 – 1+090

Descripción general

El desmonte empieza en el PK. 1+040 y acaba en el 1+090. La altura máxima del desmonte es de 3.70 m en el PK 1+080 margen derecha.

Trabajos realizados

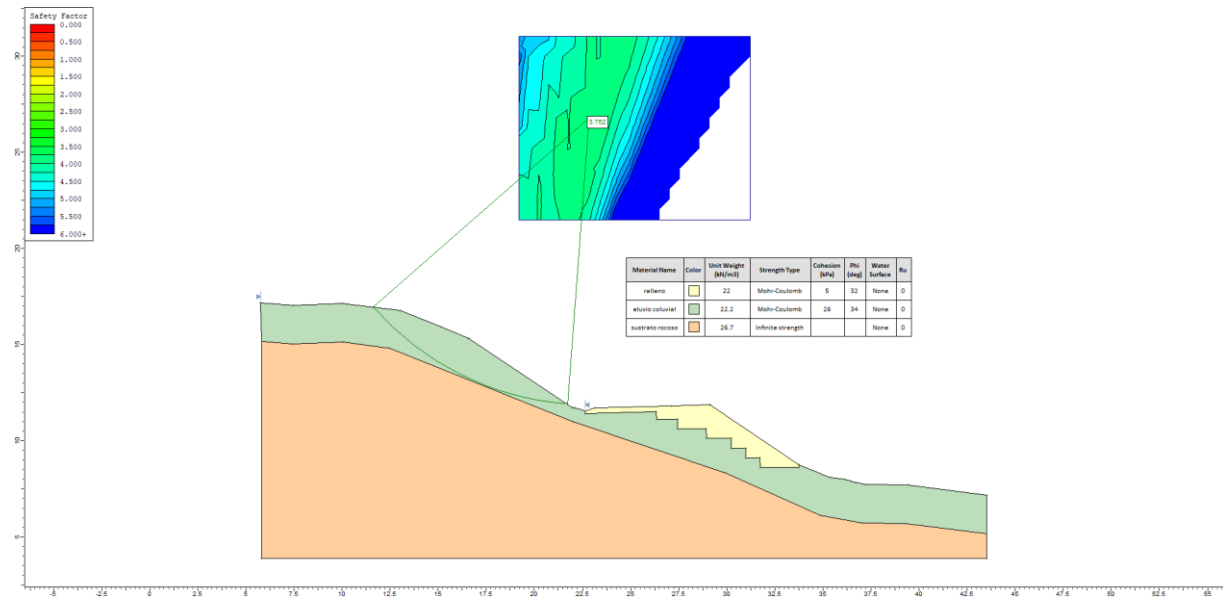
Para caracterizar desde el punto de vista geotécnico no ha sido posible realizar sondeos ni calicatas sin embargo existen varios afloramientos rocosos a lo largo del actual desmonte así como en los accesos a la edificación limítrofe.

Características geotécnicas del terreno a excavar

El espesor de suelos eluvio-coluviales es de alrededor de 3 m a lo largo de gran parte del desmonte. Bajo este primer nivel aparece el macizo rocoso M(II-III)

Análisis de estabilidad

La altura máxima de este desmonte es de 3.70 m, excavándose en materiales pertenecientes a la unidad de depósitos eluvio-coluviales y las lutitas del complejo supraurgoniano. La pendiente de excavación ha sido diseñada con valor 2(V):3(H).



El resultado del cálculo del factor de seguridad para este desmante es superior a 3.

Excavabilidad

Los materiales más superficiales podrán excavarse mediante métodos mecánicos convencionales, mientras que la parte correspondiente al macizo rocoso deberá ser excavada mediante el uso de martillos hidráulicos.

Fondo de desmante

El fondo de desmante se estima que se encontrará en roca en la mitad interna y en suelos en la mitad exterior..

Reutilización

Se empleará el material para su uso en núcleo de terraplén.

Conclusiones y recomendaciones constructivas

Los taludes proyectados son estables. Se propone una inclinación de 3H:2V en todo el desmante.

El desmante será excavado por medios convencionales en la parte más superficial mientras que se requerirá el uso de martillos hidráulicos en la zona ocupada por el macizo rocoso.

Se empleará el material excavado de la zona del macizo rocoso del desmante en el núcleo de los terraplenes.

5.1.2.2 DESMONTE SALIDA TÚNEL 1+022 – 1+028

A fin de evitar una excavación laminar sobre el macizo rocoso del desmante izquierdo de salida del túnel se ha propuesto la ejecución de un murete de altura reducida (inferior a 0.50 m).

La excavación se efectuará con una pendiente vertical que posteriormente será rellenada con el hormigón correspondiente al murete.

Vista la elevada pendiente en algunas zonas de este mismo desmante, en la que no existen síntomas de inestabilidad por intersecciones de discontinuidades, no se considera necesario introducir elementos de sostenimiento adicionales.

5.2 Rellenos

En los apartados que se desarrollan a continuación se presentan los aspectos generales del diseño y cálculo de los rellenos del proyecto, teniendo en cuenta los datos geológicos y geotécnicos que ha proporcionado la investigación realizada.

El cuadro general de los rellenos a realizar en el trazado es el siguiente:

De PK	A PK	h _{max}
0+010	0+070	7.25
0+230	0+430	5.3
0+580	0+870	3.3

5.2.1 Criterios generales

5.2.1.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

De acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores, los materiales para la formación de los rellenos podrán proceder de cantera (mayor parte), o de las excavaciones del macizo rocoso de la traza. Sus parámetros geotécnicos más importantes, de cara a la realización de un Estudio de Rellenos, se indican a continuación:

	Densidad aparente t/m³	Cohesión efectiva (kPa)	A. Roz. Efectivo (°)
Terraplén	1.90	5	32
Pedraplén	1.90	0	55

Rellenos tipo pedraplén

A efectos de materiales se tomará como descripción de material tipo pedraplén lo especificado en el PG-3, artículo 331.4:

En general, serán rocas adecuadas para pedraplenes las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas resistentes, sin alteración apreciable, compactas y estables frente a la acción de los agentes externos y, en particular, frente al agua.

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, según NLT 255, sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al 2 por 100 (2 %). También podrán utilizarse ensayos de ciclos de humedad-sequedad, según NLT 260, para calificar la estabilidad de estas rocas, si así lo autoriza el Director de las Obras.

El material para pedraplenes deberá cumplir las siguientes condiciones granulométricas:

- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz 20 UNE será inferior al treinta por cien (30 %).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz 0,080 UNE será inferior al diez por cien (10 %).
- El tamaño máximo será como mínimo de cien milímetros (100 mm) y como máximo de novecientos milímetros (900 mm).

Las condiciones anteriores corresponden al material compactado. Las granulometrías obtenidas en cualquier otro momento de la ejecución sólo tendrán valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones que puedan producirse en el material durante la construcción.

La curva granulométrica total una vez compactado el material se recomienda que se encuentre dentro del huso siguiente:

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
220	50-100
55	25-50
14	12,5-25

El contenido de peso de partículas con forma inadecuada será inferior al 30 por 100. A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$(L + G) / 2 \geq 3E$$

donde:

- L (longitud) = Separación máxima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.
- G (grosor) = Diámetro del agujero circular mínimo por el que puede atravesar la partícula.

- E (espesor) = Separación mínima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.

Los valores de L, G, y E, no deben ser necesariamente medidos en tres direcciones perpendiculares entre sí.

Cuando el contenido en peso de partículas de forma inadecuada sea igual o superior al 30 por 100 sólo se podrá utilizar este material cuando se realice un estudio especial, aprobado por el Director de las Obras, que garantice un comportamiento aceptable.

Rellenos tipo terraplén

Se trata de rellenos tipo todo-uno habituales en la provincia de Bizkaia

5.2.1.2 MATERIALES SOBRE LOS QUE APOYARÁN LOS RELLENOS

Tras la realización de los saneos correspondientes, en aquellos puntos del trazado en los que se ha considerado preciso, los materiales que servirán de apoyo a los rellenos se corresponderán en todos los casos a suelos eluvio-coluviales.

En parte los rellenos a ejecutar se apoyan sobre el relleno actual de la vía, por lo que se considera necesario ejecutar un cajeo de la parte exterior de los rellenos actuales.

Los principales parámetros geotécnicos de los materiales indicados se resumen en el siguiente cuadro.

Unidad geotécnica	Densidad aparente (t/m.3)	Módulo de deformación E(MPa)	Cohesión efectiva (KPa)	A. Roz. Efectivo (°)
Qeluvial	22.2	30 - 40	26	34

5.2.1.3 TRATAMIENTO Y PREPARACIÓN DEL CIMIENTO

Las consecuencias de la preparación y el tratamiento de la cimentación pueden ser más importantes que las derivadas de la propia obra de terraplenado, sobre todo en las zonas con espesores de terrenos poco competentes o en zonas mal drenadas, así como en zonas puntuales con fuerte pendiente. En consecuencia, debe prestarse una especial atención a la ejecución del cimiento.

Se deberán contemplar los siguientes criterios con carácter general:

- En todas las zonas de apoyo se procederá al desbroce del terreno, excavación y extracción de la vegetación y de la tierra vegetal que deberá reservarse para su posterior utilización.
- Una vez retirada la tierra vegetal, se procederá la retirada de todos aquellos materiales que presenten una insuficiente capacidad portante, procediendo a su recolocación si presentan las características requeridas para un cimiento de terraplén, o bien a su sustitución por materiales que sí cumplan dichas características.

En el presente proyecto, los materiales que serán saneados, de forma general, en el apoyo de los rellenos, son los siguientes:

- Depósitos aluviales. Son los materiales que aparecen de continua por todo el trazado.
- Rellenos antrópicos. Estos materiales aparecen de forma más puntual, si bien, también se detectan a lo largo de todo el trazado. Se trata en general de materiales flojos y heterogéneos que deberán ser llevados a relleno de sobrantes en todos los casos.

No se han detectado zonas con drenaje deficiente.

La geometría del escalonado se corresponderá con banquetas horizontales de ancho igual o mayor de 3m, separadas por taludes 1H:2V de altura variable según lo requiere el terreno, pero con alturas siempre inferiores a 1,5m.

Cumpliendo con las condiciones de saneo y tratamiento del cimientto anteriores y teniendo en cuenta que las alturas de rellenos previstas son siempre inferiores a 8m, se considera que el terreno sobre el que apoyarán los rellenos presentes en la traza proporciona un apoyo conveniente.

5.2.1.4 TALUDES Y ESTABILIDAD

Se han proyectado los rellenos con dos pendientes diferentes:

- 3(H):2(V). Ejecutado con materiales tipo terraplén
- 1(H):1(V) Ejecutado con materiales tipo pedraplén

En los materiales tipo suelo es habitual y adecuado utilizar métodos de cálculo basados en la teoría del equilibrio límite.

El coeficiente de seguridad mínimo exigido en los taludes en relleno, en la hipótesis estática, es 1,5 (valor habitualmente considerado en este tipo de cálculos), y que debe cumplirse para un rango razonable de variación de la cohesión de los materiales y, en su caso, para un rango razonable de variación de la posición de un posible nivel freático.

5.2.2 Estudio particularizado de los rellenos

A continuación se estudia de forma particularizada aquellos rellenos de altura superior a los 7 m. Aquellos rellenos de altura inferior se entiende que tienen unas características en cuanto a estabilidad o asientos mejores que los de mayor tamaño, a la vista de las características geotécnicas del tramo.

5.2.2.1 RELLENO 0+010 – 0+070

Datos geométricos generales

El relleno empieza en el PK. 0+010 y acaba en el 0+070 del eje principal. La altura máxima del relleno es de 7.25 m en el PK 0+020.

Reconocimientos efectuados:

- No se han realizado reconocimientos adicionales

Columna tipo

Los materiales del cimientto tienen una naturaleza variada: Rellenos antrópicos asociados a la antigua plataforma del ferrocarril, con una potencia variable y los materiales eluvio-coluviales producto de la alteración de la roca (1.50 m). A partir de este nivel aparece el macizo rocoso sano M(II) compuesto por lutitas con niveles finos de areniscas.

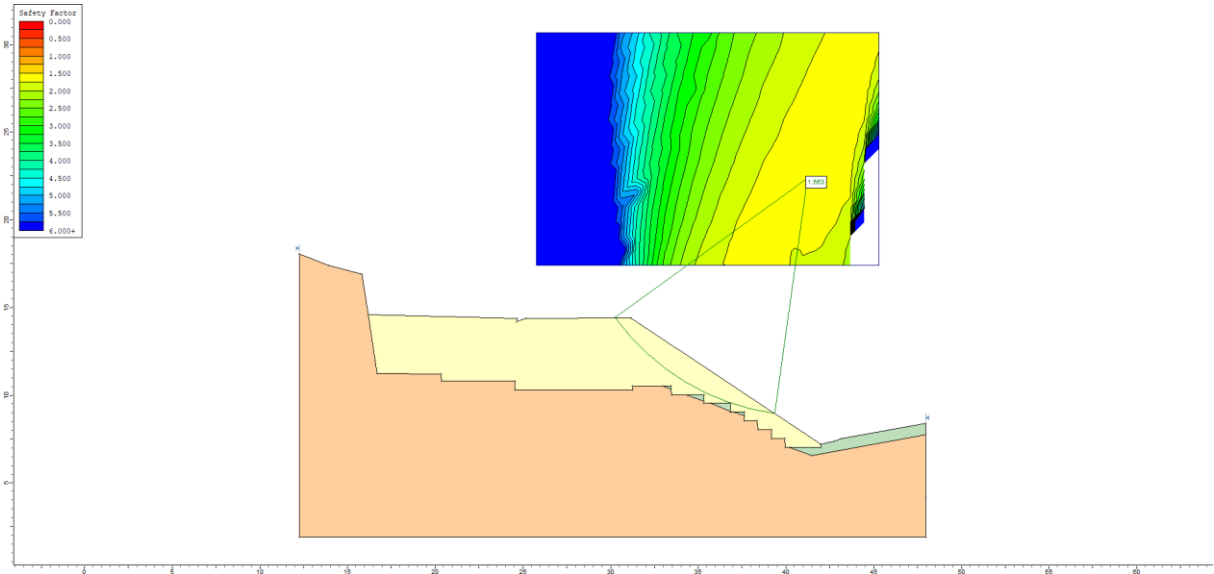
No se espera la presencia de nivel freático en la zona de influencia del relleno.

Análisis de estabilidad

Se ha efectuado un análisis de la estabilidad mediante el método del equilibrio límite teniendo en cuenta los valores para los materiales implicados que se muestran en la tabla:

	Densidad (kN/m3)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Depósitos eluvio-coluviales	22.2	26	34
Macizo rocoso	27	>>	>>
Terraplén	19	5	35
Pedraplén	19	0	55

La geometría recomendada para el talud del relleno es 3H:2V, se considera de gran importancia escalonar y sanear al relleno actual para que el apoyo se produzca con la mayor componente vertical posible



El resultado del cálculo indica un factor de seguridad superior a 1.50

Estimación de asiento

Dadas las características de los materiales que conformarán el relleno no se espera que estos presenten grandes asientos y estos serán prácticamente inmediatos.

Por lo que respecta a los asientos del cimiento tampoco se esperan asientos importantes debido a la consolidación previa.

5.2.2.2 RELLENO 0+230 – 0+430

Datos geométricos generales

El relleno empieza en el PK. 0+230 y acaba en el 0+430 del eje principal. La altura máxima del relleno es de 5.30 m en el PK 0+290.

Reconocimientos efectuados:

- No se han realizado reconocimientos adicionales

Columna tipo

Los materiales del cimiento tienen una naturaleza variada: Rellenos antrópicos asociados a la antigua plataforma del ferrocarril, con una potencia variable y los materiales eluvio-coluviales producto de la alteración de la roca (1.50 m). A partir de este nivel aparece el macizo rocoso sano M(II) compuesto por lutitas con niveles finos de areniscas.

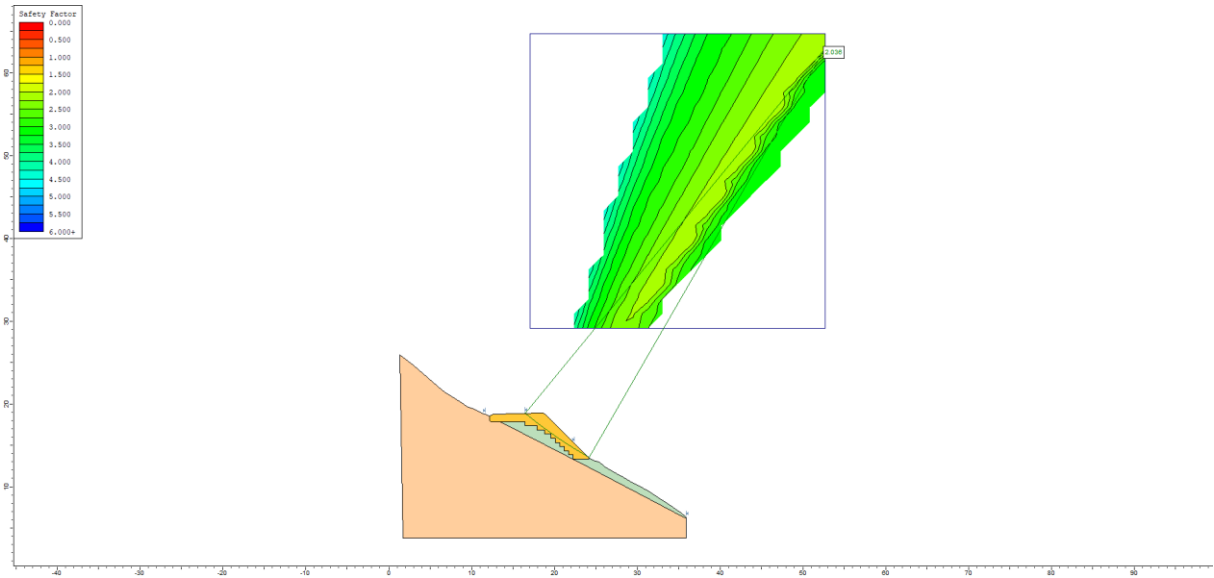
No se espera la presencia de nivel freático en la zona de influencia del relleno.

Análisis de estabilidad

Se ha efectuado un análisis de la estabilidad mediante el método del equilibrio límite teniendo en cuenta los valores para los materiales implicados que se muestran en la tabla:

	Densidad (kN/m3)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Depósitos eluvio-coluviales	22.2	26	34
Macizo rocoso	27	>>	>>
Terraplén	19	5	35
Pedraplén	19	0	55

La geometría recomendada para el talud del relleno es 3H:2V, se considera de gran importancia escalonar y sanear al relleno actual para que el apoyo se produzca con la mayor componente vertical posible



El resultado del cálculo indica un factor de seguridad superior a 2.0

Estimación de asiento

Dadas las características de los materiales que conformarán el relleno no se espera que estos presenten grandes asientos y estos serán prácticamente inmediatos.

Por lo que respecta a los asientos del cimiento tampoco se esperan asientos importantes debido a la consolidación previa.

5.2.2.3 RELLENO 0+580 – 0+870

Datos geométricos generales

El relleno empieza en el PK. 0+580 y acaba en el 0+870 del eje principal. La altura máxima del relleno es de 3.30 m en el PK 0+810.

Reconocimientos efectuados:

- Se han utilizado los datos procedentes del sondeo S-1

Columna tipo

Los materiales del cimiento tienen una naturaleza variada: Rellenos antrópicos asociados a la antigua plataforma del ferrocarril, con una potencia variable y los materiales eluvio-coluviales producto de la alteración de la roca (2.50 m). A partir de este nivel aparece el macizo rocoso sano M(II) compuesto por lutitas con niveles finos de areniscas.

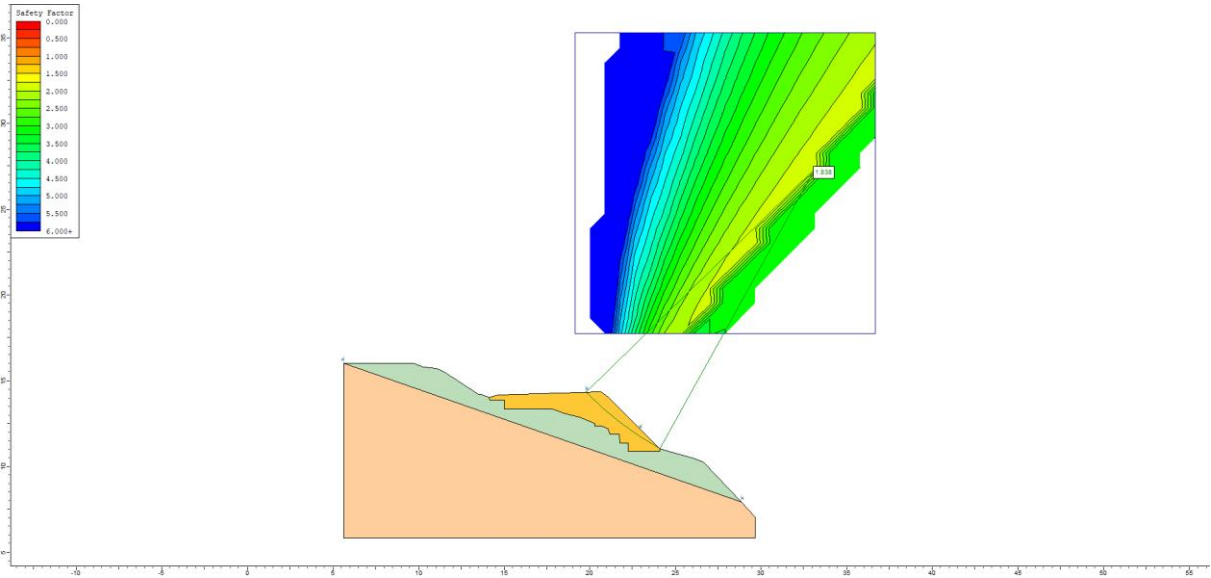
No se espera la presencia de nivel freático en la zona de influencia del relleno.

Análisis de estabilidad

Se ha efectuado un análisis de la estabilidad mediante el método del equilibrio límite teniendo en cuenta los valores para los materiales implicados que se muestran en la tabla:

	Densidad (kN/m3)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Depósitos eluvio-coluviales	22.2	26	34
Macizo rocoso	27	>>	>>
Terraplén	19	5	35
Pedraplén	19	0	55

La geometría recomendada para el talud del relleno es 3H:2V con zonas de pendiente 1 (H):1 (V), se considera de gran importancia escalonar y sanear al relleno actual para que el apoyo se produzca con la mayor componente vertical posible



El resultado del cálculo indica un factor de seguridad superior a 1.80

Estimación de asiento

Dadas las características de los materiales que conformarán el relleno no se espera que estos presenten grandes asientos y estos serán prácticamente inmediatos.

Por lo que respecta a los asientos del cimiento tampoco se esperan asientos importantes debido a la consolidación previa.

6 Geotecnia de las estructuras

Se ha previsto la ejecución de dos muros a lo largo del trazado proyectado:

6.1 Muro 1 0+127.5-0+225

En esta zona la potencia de suelos eluviales se estima en2.50 m sobre la que aparece un relleno laminar que se extiende desde la plataforma superior hasta el margen del río.

Se ha previsto ejecutar un muro de escollera de 5.20 m de altura con un espesor en su parte superior de 1.50 m.

En estas condiciones la escollera podría cimentarse sobre los materiales eluviales con una carga admisible superior a 0.25 MPa.

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS				
MÉTODO DE BRINCH HANSEN				
PROYECTO: BIDEGORRI BILBAO-BASAURI				
ESTRUCTURA: MURO 1				
APOYO: ZAPATA				
SITUACIÓN: PK 0+127.5 - 0+225				
FORMACION GEOLOGICA: DEPÓSITOS ELUVIALES				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN				
(B) ANCHO CIMENTACION	2.25	m		
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACION	2.7	m		
(L) LONGITUD	97	m		
RELACION D/B	1.20			
RELACION L/B	43.11			
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO				
	PLAZO			
	CORTO	LARGO		
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION	18.00	22.20	kN/m³	
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL	18.00	22.20	kN/m³	
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN	48.60	59.94	kN/m³	
COHESION	0.00	26	kPa	
ANGULO DE ROZAMIENTO	34.70	20.00	º	
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO				
	Nc	5.14	14.83	
	Nq	32.08	6.40	
	Ny	32.28	3.93	
COEFICIENTES DE FORMA				
	sc	1.14	1.00	
	sq	1.14	1.00	
	sy	1.00	1.00	
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD				
	dc	11.94	1.00	
	dq	1.54	1.00	
	dy	1.00	1.00	
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE				
Qh (Carga de hundimiento)	3399.87	867.45	kPa	
FACTOR DE SEGURIDAD	3.00	3.00		
Qadm (Carga admisible)	###	289.15	kPa	
	11.33	2.89	kp/cm²	
	1.13	0.29	Mpa	

No se esperan asientos de consideración debido a la escasa potencia de suelos bajo la cota de cimentación.

6.2 Muro 2 0+425 - 0+570

Este muro de una longitud total de 145 m, con una altura máxima de 8.10 m y una anchura de 1.50 m en su parte superior ha sido diseñado con una escollera de bloques.

La cota de cimentación se encuentra ocupada por materiales con una potencia total de alrededor de 3 m.

En estas condiciones la carga admisible será superior a 0.25 MPa.

CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES SOBRE SUELOS				
MÉTODO DE BRINCH HANSEN				
PROYECTO: BIDEGORRI BILBAO-BASAURI				
ESTRUCTURA: MURO 2				
APOYO: ZAPATA				
SITUACIÓN: PK 0+425 - 0+570				
FORMACION GEOLOGICA: DEPÓSITOS ELUVIALES				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CIMENTACIÓN				
(B) ANCHO CIMENTACION	2.5	m		
(D) PROFUNDIDAD DEL PLANO DE CIMENTACION	2	m		
(L) LONGITUD	105	m		
RELACION D/B	0.80			
RELACION L/B	42.00			
CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO				
	PLAZO			
	CORTO	LARGO		
DENSIDAD DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION	18.00	22.20	kN/m³	
DENSIDAD DEL SUELO LATERAL	18.00	22.20	kN/m³	
SOBRECARGA DEL TERRENO A COTA DE CIMENTACIÓN	36.00	44.40	kN/m³	
COHESION	0.00	26	kPa	
ANGULO DE ROZAMIENTO	34.70	20.00	º	
COEFICIENTES DE CARGA DE HUNDIMIENTO				
	Nc	5.14	14.83	
	Nq	32.08	6.40	
	Ny	32.28	3.93	
COEFICIENTES DE FORMA				
	sc	1.15	1.00	
	sq	1.15	1.00	
	sy	1.00	1.00	
COEFICIENTES DE PROFUNDIDAD				
	dc	9.42	1.00	
	dq	1.36	1.00	
	dy	1.00	1.00	
RESULTADOS OBTENIDOS: CARGA ADMISIBLE				
Qh (Carga de hundimiento)	2529.20	778.91	kPa	
FACTOR DE SEGURIDAD	3.00	3.00		
Qadm (Carga admisible)	###	259.64	kPa	
	8.43	2.60	kp/cm²	
	0.84	0.26	Mpa	

No se esperan asientos de consideración debido a la escasa potencia de suelos bajo la cota de cimentación.

7 Estudio de materiales

El presente documento tiene por objeto informar de las necesidades de canteras y rellenos de sobrantes (vertederos) que surgen como resultado del movimiento de tierras del presente proyecto.

7.1 Prescripciones a satisfacer por los materiales

Para determinar la posible reutilización de los materiales excavados en la traza en las diferentes unidades de obra se han seguido las especificaciones que se indican en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del año 2002 apartado 330 Terraplenes.

	Materia orgánica (UNE 1003204)	Contenido en sales solubles incluso yeso(NLT-114)	Tamaño máximo	Granulometría	Plasticidad UNE 103103	Contenido Yeso NLT-115	Ensayo de colapso NLT-254	P.N UNE 103500	C.B.R	Pérdida peso, inmersión (NLT-255)	Partículas forma inadecuada	Sulfuros oxidables UNE EN 1744-1	Azufre total UNE EN 1744-1	Equivalente de arena UNE -EN 933-8	D.L.A (UNE EN 1097-2)
Suelos seleccionados	< 0,2	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,4 < 75% # 0,08 < 25% +	LL<30 IP<10					≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Gimiento					
Suelos adecuados	<1	<0,2	<10 cm	# 2 <80% # 0,08 < 35%	LL<40 si 40>LL; IP >4					≥ 5 Coronación ≥ 3 Núcleo Gimiento					
Suelos tolerables	<2	<1*			LL<65 si LL>40; IP>0,73(LL-20)	<5%	<1	<3% hinchamiento		≥ 3 Núcleo Gimiento					
Pedraplén			Tmáx 10-90 cm	#20<30% #0,080>10%						<2	<30				
Todo uno	<2	<1*		30%-4920>70% ++ #0,080>35%		<5%**				<2***		0			
Zahorra				(véase PG3)	No plástico								1>30	<35	

* Sales distintas de yeso.
** Si contenido en yeso >5, <20 uso exclusivo en el núcleo
*** Si es >2, las partículas que pasan por 20 no serán marginales.
++ Si #20<30% y #0,08>10
+ Se ha de cumplir si no se cumplen todas y cada una de las condiciones granulométricas anteriores # 0,4 < 15%

Tabla nº1. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. 2002.

7.2 Disponibilidad y necesidades de materiales

En este apartado se cuantifica la necesidad y disponibilidad de los diferentes materiales necesarios para la ejecución de las obras contempladas en el actual proyecto.

Para prever adecuadamente el origen de los materiales necesarios para la ejecución de las obras se ha analizado la documentación existente acerca de los trabajos previos efectuados sobre los materiales procedentes de las excavaciones que se habrán de realizar y finalmente se ha realizado un estudio de yacimientos naturales explotados actualmente en las zonas más próximas a la traza.

7.3 Necesidades de material

Los volúmenes de tierras resultantes de la actuación proyectada se resumen en el cuadro siguiente:

VOLUMEN (m3)	
Desmonte	4.357,4
Terraplén	3.844,2
Pedraplén	1.160,3
Suelo Seleccionado	3.7735,0

Se ha analizado la compensación de estos volúmenes de tierras determinando si es necesaria la utilización de préstamos y/o depósitos de sobrantes durante la ejecución de las obras. De esta forma, se obtienen los siguientes resultados:

- Excavaciones:
 - Material no aprovechable 3.921,66 m3 sobre perfil
 - Material aprovechable 435,74 m³ sobre perfil
- Rellenos:
 - Se han previsto dos tipos de rellenos:
 - El terraplén, donde se necesitan 3.844,2 m³.
 - Pedraplén, con un volumen necesario 1.160,3 m³

Por lo tanto, como balance de tierras se comprueba que sólo es necesario trasladar a depósito de sobrantes un total de 4.706 m³ y se precisan 3.321,3 m³ de material de préstamo para el terraplén. Para la formación de la explanada mejorada es necesario aportar 3.773 m³ de suelo seleccionado de préstamos ajenos a la obra.

7.4 Estudio de procedencias

7.4.1 Disponibilidad de los materiales excavados en la traza.

Estos materiales de tipo pedraplén excavados en este tramo no presentan problemas de durabilidad en condiciones de humedad por lo que podrán ser utilizados en los rellenos del trazado

7.4.2 Coeficientes de paso y aprovechabilidad.

Se incluye a continuación un cuadro resumen en el que se muestran los aprovechamientos y coeficientes de paso de los materiales excavados en la traza, la evaluación de la aprovechabilidad se ha realizado sobre la base de los ensayos realizados sobre estos materiales en los Estudios Geotécnicos previos y en esta fase de proyecto.

Material	Coeficiente de paso a vertedero	Coeficiente de paso a relleno
Suelos eluvio-coluviales y rellenos antrópicos	1.20	-
Lutitas y areniscas	1.20	1.20

Coeficientes de paso de las unidades excavadas.

7.5 Préstamos, canteras y yacimientos granulares

7.5.1 Préstamos

No se considera la posibilidad de aprovechamiento de préstamos en las inmediaciones de la traza

7.5.2 Canteras

7.5.2.1 CANTERA ANDAROLETA

La cantera Andaroleta en la que explotan materiales rocosos calizos de edad cretácica, se encuentra en la localidad de Zaramillo (Güeñes), a 20 km del punto medio del trazado estudiado. Pertenece a la empresa HANSON HISPANIA S.A.U. y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido para morteros, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

En las mismas instalaciones de la planta de tratamiento de áridos posee también planta de hormigón.

7.5.2.2 CANTERA EL BORTAL

La cantera El Bortal en la que explotan calizas urgonianas de edad cretácica, se encuentra en la localidad de Galdames, a 17 km del punto medio del trazado estudiado. Pertenece a la empresa CEMENTOS LEMONA y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido para mortero, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

La planta de tratamiento de áridos se encuentra en la misma cantera de extracción de material.

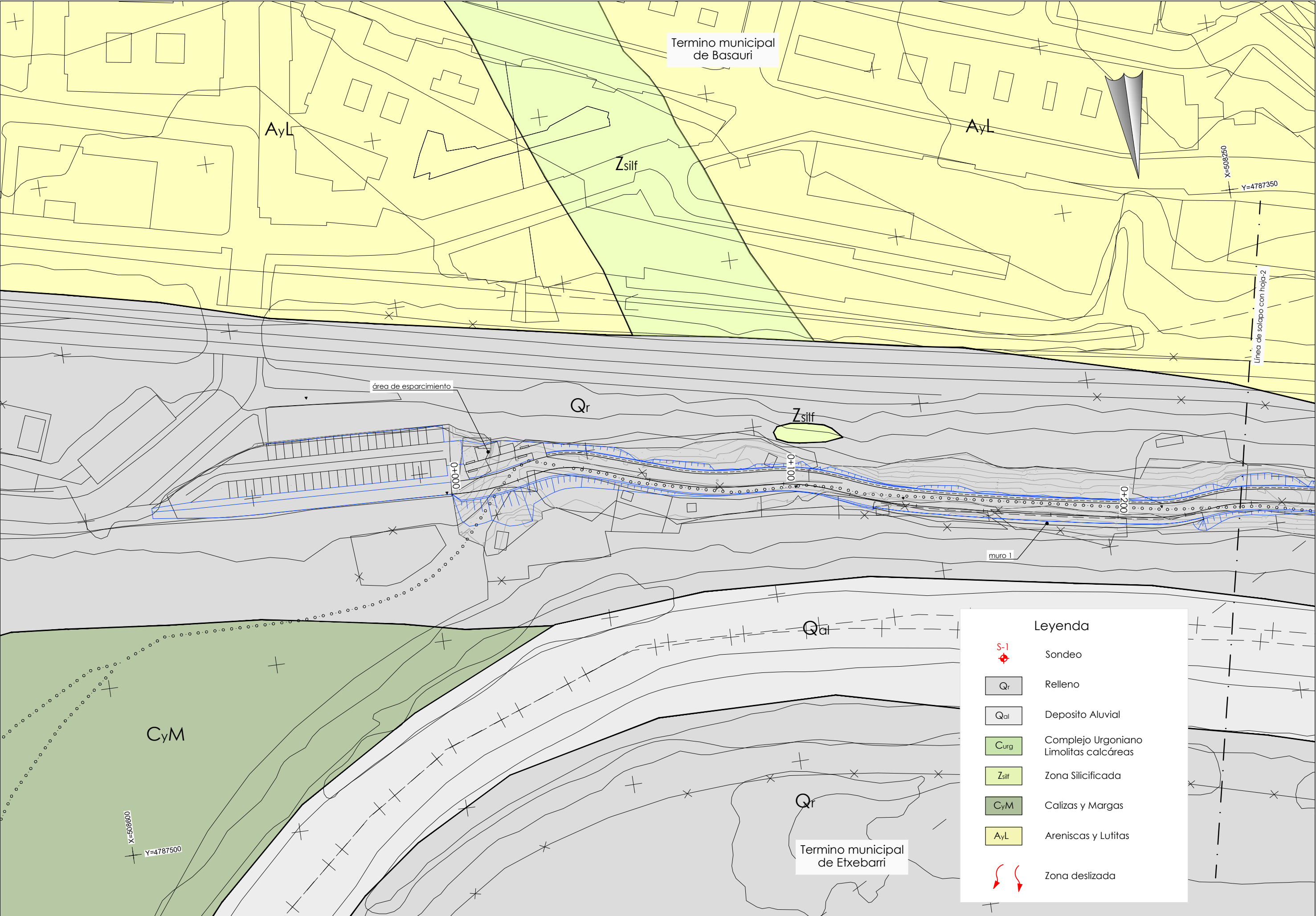
7.5.2.3 CANTERA LACILLA

Al igual que las canteras anteriores, la cantera Lacilla también explota calizas cretácicas, se encuentra en la localidad de Sopuerta, a 13 km del punto medio del trazado estudiado, por lo tanto, la más cercana. Pertenece a la empresa CANTERA LACILLA S.L. y ha proporcionado documentación que acredita la aptitud del material explotado como árido para mortero, hormigones, mezclas bituminosas, capas granulares y escolleras; además del marcado CE de los áridos.

APÉNDICE N°2.1

Planos

P:\vivos2\X0000155\X00001550000001302 Vigentes02_Proyecto_Trazado\Documento_Nº2_Planos\ANE\JOSIA02_Geologia\A0201\H01-04PGCG.dwg



Leyenda

S-1

Sondeo

Qr

Relleno

Qal

Deposito Aluvial

Curg

Complejo Urgoniano
Limolitas calcáreas

Zsilf

Zona Silicificada

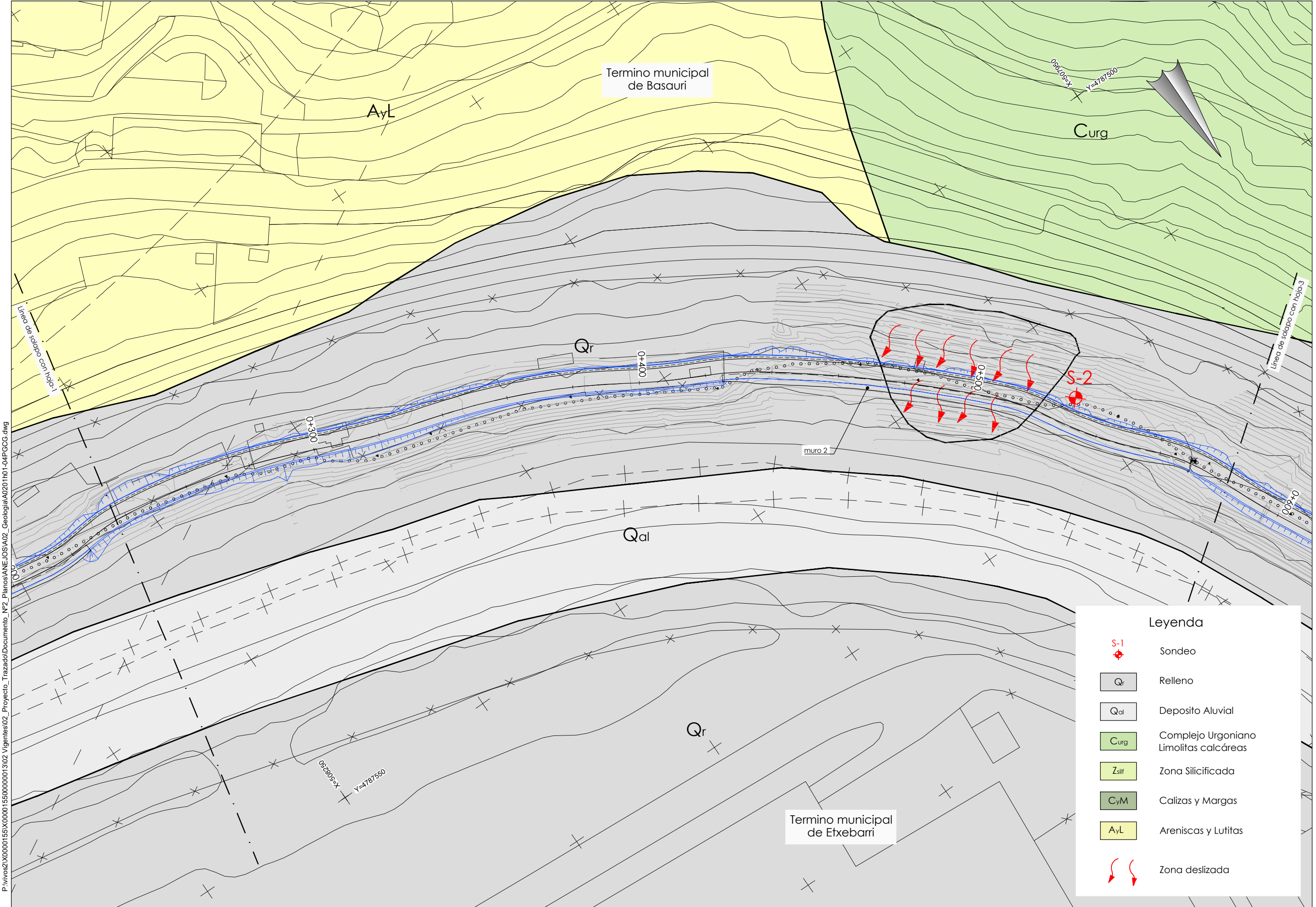
CyM

Calizas y Margas

AyL

Areniscas y Lutitas

Zona deslizada



S-1

Sondeo

Qr

Relleno

Qal

Deposito Aluvial

Curg

Complejo Urgoniano
Limolitas calcáreas

Zsilf

Zona Silicificada

CyM

Calizas y Margas

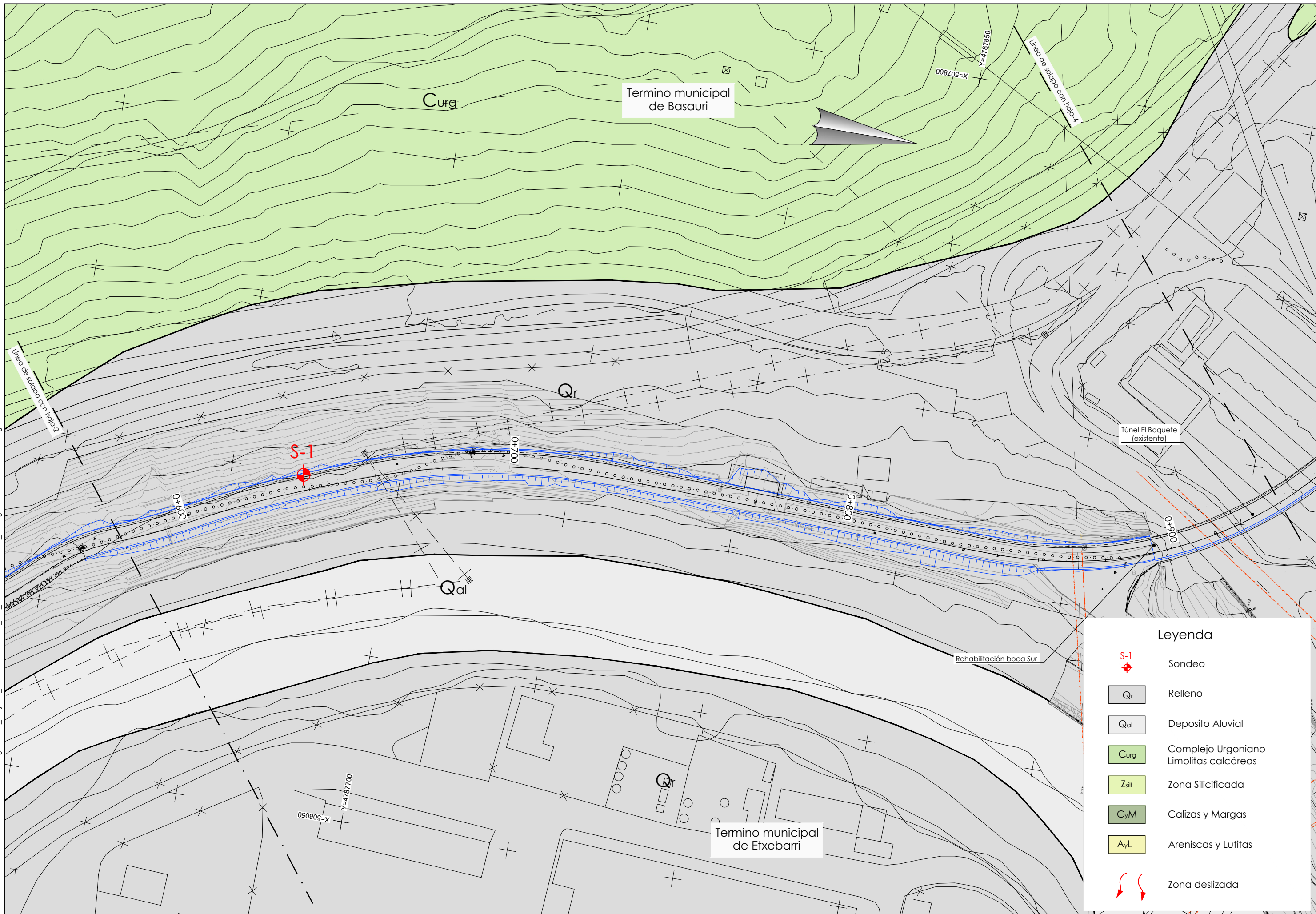
AyL

Areniscas y Lutitas

Zona deslizada

P:\vivos2\X0000155\X0000155000001302 Vigentes02_Proyecto_Trazado\Documento_Nº2_Planos\ANE\JOSIA02_Geologia\A0201H01-04PCCG.dwg

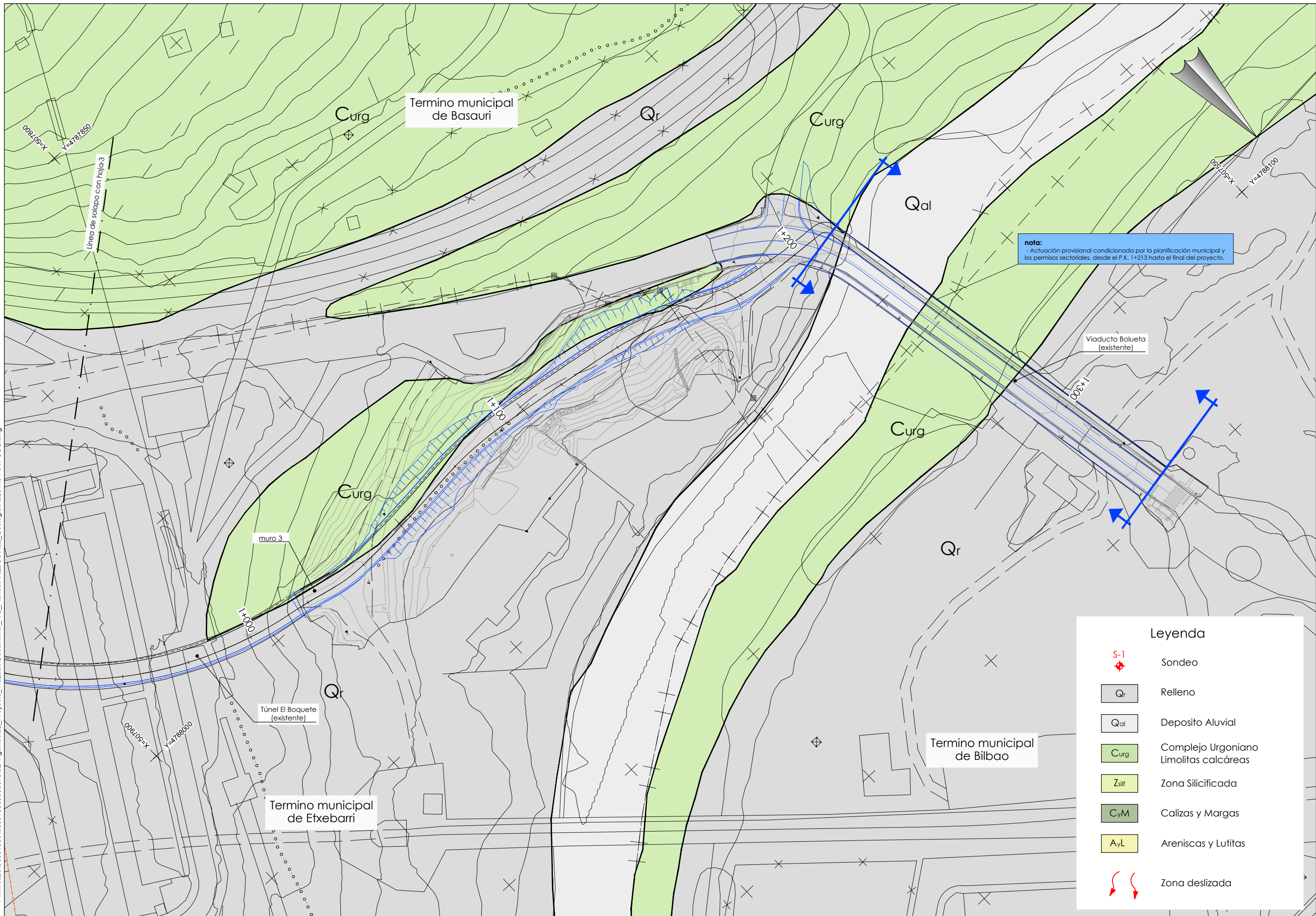
P:\vivos2\X0000155\X0000155000001302_Vigentes02_Proyecto_Trazado\Documento_Nº2_Planos\ANE\JOSIA02_Geologia\A0201H01-04PGCG.dwg



Leyenda

- Sondeo
- Relleno
- Deposito Aluvial
- Complejo Urgoniano
Limolitas calcáreas
- Zona Silicificada
- Calizas y Margas
- Areniscas y Lutitas
- Zona deslizada

P:\vivos2\X0000155\X00001550000001302_Vigentes02_Proyecto_Trazado\Documento_Nº2_Planos\ANE\JOSIA02_Geologia\A0201H01-04PCCG.dwg



Leyenda

- S-1 Sondeo
- Qr Relleno
- Qal Deposito Aluvial
- Curg Complejo Urgoniano Limolitas calcáreas
- Zsilf Zona Silicificada
- CyM Calizas y Margas
- AyL Areniscas y Lutitas
- Zona deslizada

APÉNDICE N°2.2

Campaña geotécnica

[illegible]

MARCO GEODÉSICO:

ETRS89

X: 507935.164

Y: 4787719.788

Z: 34

SONDA TIPO:

EMPRESA DE SONDEOS:

METODO DE PERFORACION:

SONDISTA:

GEÓLOGO:

NBA

NORMA:

CLIENTE:

CLAVE:

SOLICITANTE:

REVISADO:

OBRA: Bidegorri Bilbao Basauri

FECHA

INICIO: 23-04-2021

FIN: 23-04-2021

SONDEO: S-1

HOJA:

2 de 4

PROFUNDIDAD(m.)	NIVEL FREÁTICO	RECUPERACION(%)	MANIOBRAS	METORIZACIÓN	ROCA	R.Q.D.	ESTRATIFICACION	JUNTAS	J.R.C.	ESTRUCTURA	RELLENO	ENSAYOS	IN SITU	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	Nº DE GOLPES	ENTUBACION (mm.)	TIPO DE CORONA	TIPO DE BATERIA	PROFUNDIDAD(m.)	CORTE GEOLOGICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m.)	GRANULOMETRÍA	LIMITES DE ATTERBERG	HIEMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD (g/cm3)	COMPRESIÓN SIMPLE SUELOS (kg/cm2)	SOLITOS SOLIMES (%)	CARBONATOS (%)	COMPRESIÓN SIMPLE ROCA (Mpa)	COMPRESIÓN SIMPLE CON BANDAS	BRASILEÑO (Mpa)	TRIAJAL EN ROCA (Mpa)	SLAKE DURABILITY TEST/SEHAKES(%)	SCHIMAZEK (kN/m)			
10		80	10.3											10						10		9m.-10.3m. Aluvial: Gravas redondeadas cuarcíticas y calizas con arenas y limos, aunque se pierde la fracción fina con ell aqua de perforación y solo se recuperan las gravas	10																
		90	10.5																			10.3m.-12m. Limolita calcárea gris. Sana GM;I-II. Vetas milimétricas de calcita sellada quimicamente.																	
		100	11.4												98			W	D																				
		100	12																			12 M. FIN DEL SONDEO																	
15														15						15																			

NIVEL FREÁTICO

Al finalizar el sondeo

Sondeo atichado y recuperado

LEYENDA ENSAYOS

MUESTRA ALTERADA - MA

MUESTRA INALTERADA - MI

MUESTRA PARAFINADA - MP

MUESTRA DE AGUA - MAG

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC

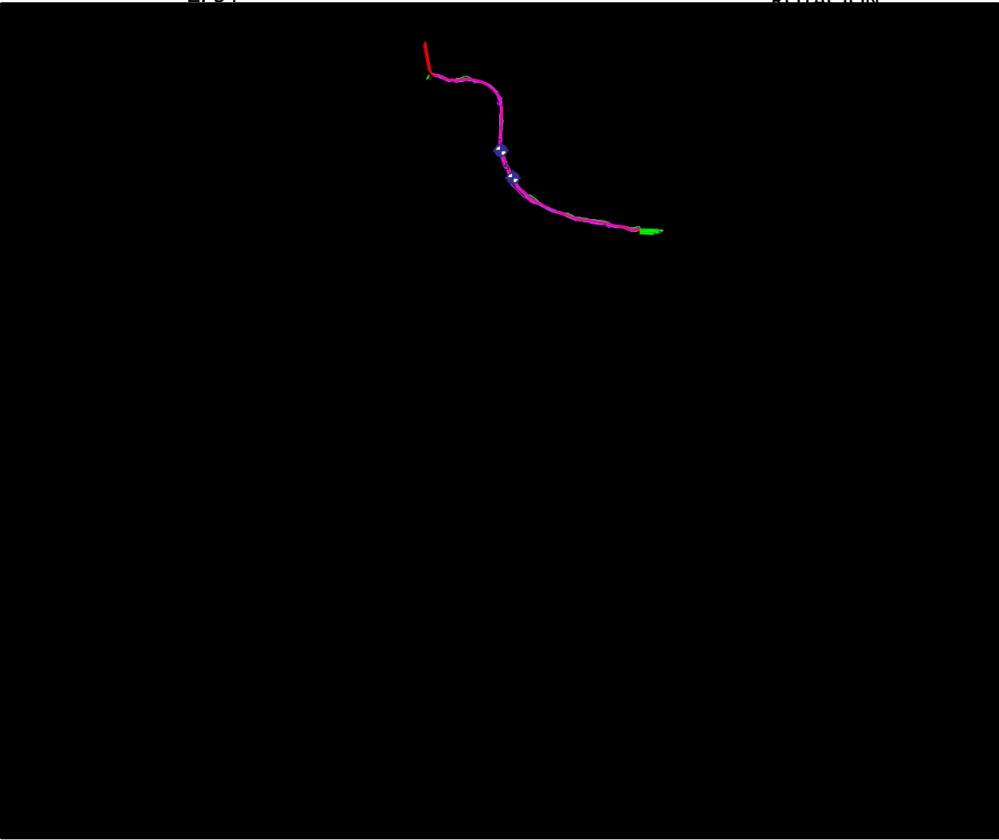
ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LUGEON

ENSAYOS DE PENETRACION STANDARD - SPT

OBSERVACIONES:

www.civilnova.com

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 507935.164	SONDA TIPO:	SONDISTA: Fernando	NORMA:	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Bidegorri Bilbao Basauri		
	Y: 4787719.788	EMPRESA DE SONDEOS: Aroa	GEÓLOGO: NBA		CLAVE:	REVISADO:	MUNICIPIO: Basauri	INICIO: 23-04-2021	SONDEO: S-1	HOJA:	
	Z: 34	METODO DE PERFORACION:									



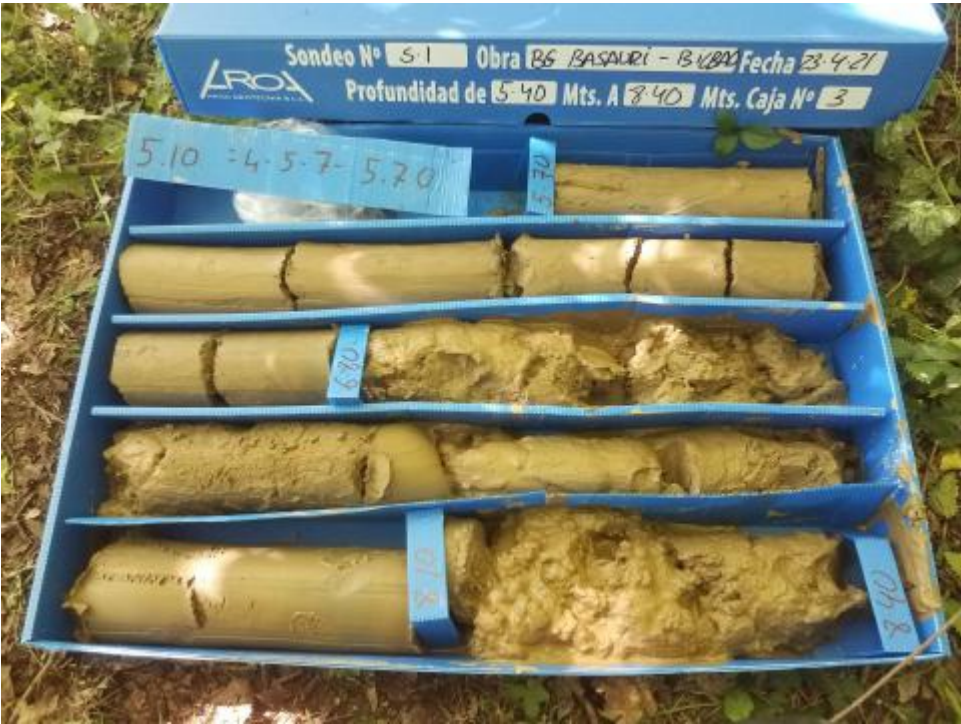
Emplazamiento



Caja 1 Profundidad: 0-2.4m.



Caja 2 Profundidad: 2.4-5.4m.



Caja 3 Profundidad: 5.4-8.4m.



Caja 4 Profundidad: 8.4-11.4m.

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 507935.164	SONDA TIPO:	SONDISTA: Fernando	NORMA:	CLIENTE:	SOLICITANTE:	OBRA: Bidegorri Bilbao Basauri			
	Y: 4787719.788	EMPRESA DE SONDEOS: Aroa	GEÓLOGO: NBA							
	Z: 34	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN								
					CLAVE:	REVISADO:	MUNICIPIO: Basauri	INICIO: 23-04-2021 23-04-2021	SONDEO: S-1	HOJA:



Caja 5 Profundidad: 11.4-12m.

[illegible]

[illegible]

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 507982.769	SONDA TIPO:	SONDISTA: Fernando	NORMA:	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Bidegorri Bilbao Basauri		
	Y: 4787609.952	EMPRESA DE SONDEOS: Aroa	GEÓLOGO: NBA		CLAVE: REVISADO:		MUNICIPIO: Basauri	INICIO: 23-04-2021	SONDEO: S-2	HOJA:	
	Z: 33	METODO DE PERFORACION:									



Nueva caja: Emplazamiento

Caja 1 Profundidad: 0-2.4m.



Caja 2 Profundidad: 2.4-5.4m.



Caja 3 Profundidad: 5.4-8.4m.



Caaja 4 Profundidad: 8.4-11.4m.

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 507982.769	SONDA TIPO:	SONDISTA: Fernando	NORMA:	CLIENTE:	SOLICITANTE:	OBRA: Bidegorri Bilbao Basauri			
	Y: 4787609.952	EMPRESA DE SONDEOS: Aroa	GEÓLOGO: NBA							
	Z: 33	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN								
					CLAVE:	REVISADO:	MUNICIPIO: Basauri	INICIO: 23-04-2021	SONDEO: S-2	HOJA:



Nueva caja Profundidad: 11.4-12.3m.

APÉNDICE N°2.3

Ensayos de laboratorio



GTK Laboratorio Geotécnico, SL
Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil
Bº Iseca Vieja, 5. Liendo (39776) - Cantabria
Tfno: 942 64 39 81
info@gtklaboratorio.com



INFORME DE RESULTADOS

INFORME N°: E0230521

REF. GTK: 8293-8296

PETICIONARIO: FULCRUM, S.A.
Aldapa Kalea, 13.
48940 – Leioa (BIZKAIA)

SOLICITUD / OBRA:
Ensayos de suelos y rocas / Proyecto BG Basauri - Bilbao (Bizkaia).

El presente Informe técnico se emite bajo las condiciones siguientes:

1. Se prohíbe la reproducción total o parcial de los datos presentados.
2. La información contenida en este documento es estrictamente confidencial. **GTK Laboratorio Geotécnico** no facilitará información relativa a este Informe a terceras personas, salvo autorización escrita del cliente o en los casos previstos por las leyes vigentes.
3. Los resultados de ensayos tienen valor únicamente en relación con las muestras referidas en las actas.
4. **GTK Laboratorio Geotécnico** emplea para la realización e interpretación de los ensayos y pruebas, el personal y los medios adecuados en cada caso, no aceptando más responsabilidad ni obligaciones que la repetición gratuita de los ensayos sobre nuevas muestras, en el caso de fallos ajenos a su intención.
5. **GTK Laboratorio Geotécnico** no se responsabiliza de la veracidad de los datos aportados por el cliente.
6. **Información básica sobre Protección de datos.** Responsable: GTK LABORATORIO GEOTÉCNICO, SL. Finalidad: Prestar los servicios solicitados y enviar comunicaciones comerciales vía electrónica. Legitimación: Ejecución de un contrato, interés legítimo del Responsable. Destinatarios: Están previstas cesiones de datos a: Administración Tributaria, Entidades financieras. Derechos: Tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos, indicados en la información adicional, que puede ejercer dirigiéndose a info@gtklaboratorio.com o barrio Iseca Vieja, 51 -39776- Liendo (Cantabria). Procedencia: El propio interesado. Información adicional: <https://www.gtklaboratorio.com/politica-de-privacidad>.

El presente informe consta de 16 hojas, incluida ésta.

En Liendo, a 13 de mayo de 2021

Pablo Salvarrey Isequilla
Geólogo Colegiado nº 3974

Director de Laboratorio

Ignacio San José Carrasco
Geólogo Colegiado nº 3972

Director Técnico

PROCEDENCIA (OBRA/CLIENTE):		BG Basauri - Bilbao		Fulcrum	
Nº REFERENCIA DE LAS MUESTRAS		8293	8294	8295	8296
LOCALIZACIÓN	CALICATA / SONDEO	S1	S1	S2	S2
	TIPO DE MUESTRA	MI1	SPT1	SPT1	TP1
	PROFUNDIDAD (m)	4,50-5,10	5,10-5,70	1,50-2,10	11,80-12,30
ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y ESTADO	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.		CL		GC
	GRANULOM.	FINOS INFERIORES A 80 µ (%)		53,4	20,4
		SUPERIOR A 5 mm (%)		21,1	53,4
	LÍMITES DE ATTERBERG	LÍMITE LÍQUIDO W _L		32,9	23,6
		LÍMITE PLÁSTICO W _p		21,8	16,4
		ÍNDICE DE PLASTICIDAD I _p		11,1	16,5
	HUMEDAD NATURAL ω (%)				
	DENSIDAD APARENTE (g/cm³)			2,07	
	DENSIDAD SECA (g/cm³)			1,76	
	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm³)				
ENSAYOS QUÍMICOS	DETERMINACIÓN DEL pH				
	ACIDEZ BAUMANN-GULLY		16		
	CONT. SULFATOS SOLUBLES (mg SO ₄ /kg)		45		
	CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA (%)		0,26	0,60	
	CONTENIDO EN YESO (%)				
	CONTENIDO EN SALES (%)				
	CONTENIDO EN CARBONATOS (%CaCO ₃)				
	AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN (EHE)				
ENSAYOS DE EXPANSIVIDAD Y DEFORMABILIDAD	ÍNDICE DE HINCHAMIENTO LAMBE (Mpa)				
	CAMBIO DE VOLUMEN POTENCIAL (LAMBE)				
	HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (%)				
	PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO (kPa)				
	ÍNDICE DE COLAPSO EN EDÓMETRO (%)				
	ÍNDICE DE POROS INICIAL (CONSOLID. EDÓM.)				
	ÍNDICES compresión y Entumecimiento (CONSOLID. EDOM.)				
	MÓDULOS Edométrico secante y compresibilidad (CONSOLID. EDOM.)				
ENSAYOS DE RESISTENCIA	COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (kPa)				
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (°)				
	COHESIÓN (kPa)				
	COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS (MPa)				23,92
	RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (MPa)				
	ENSAYO BRASILEÑO (MPa)				
ENSAYOS DE COMPACTACIÓN	DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR (g/cm³)				
	HUMEDAD ÓPTIMA PROCTOR (%)				
	ÍNDICE C.B.R. 100%				
	ÍNDICE C.B.R. 95%				

APERTURA Y DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS				Hoja 1 de 1
PETICIONARIO (CLIENTE):		Fulcrum		
OBRA:		BG Basauri - Bilbao		
REALIZADO POR:		MIGUEL ÁNGEL ORTIZ FERNÁNDEZ	INFORME Nº:	E230521
REVISADO POR:		PABLO SALVARREY ISEQUILLA	FECHA DE EMISIÓN:	13/05/2021

Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico
8293	4,50-5,10	S1	MI1	-	8294	5,10-5,70	S1	SPT1	-
									
Arcilla limosa con arena y grava de color marrón - ocre					Arcilla limosa de color marrón				
Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico
8295	1,50-2,10	S2	SPT1	-	8296	11,80-12,30	S2	TP1	-
					La fotografía de la muestra se puede ver en el ensayo de rotura a compresión.				
Grava arcillosa de color gris y marrón					Marga de color gris				
Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico	Ref. Muestra	Profundidad	Localización	Tipo	Reacción al ácido clorhídrico


Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Observaciones: _____

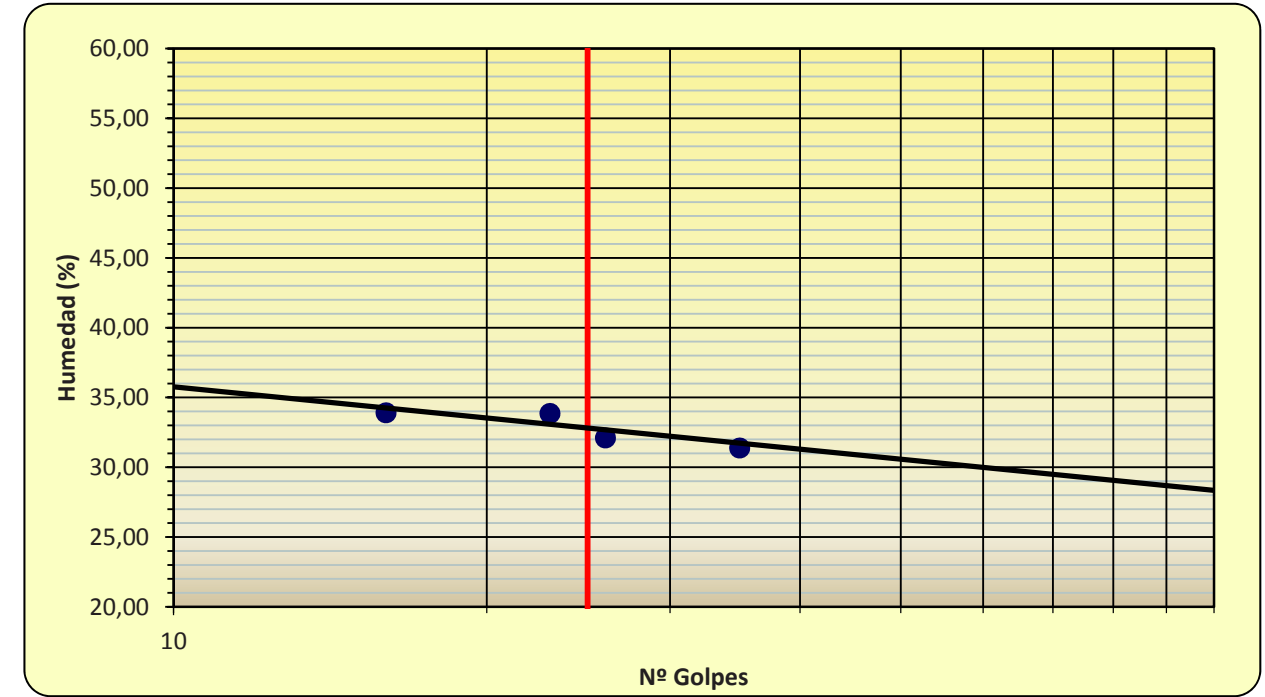

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8293	Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	4,50-5,10 m	
Fecha de Toma:	-		
Fecha de Ensayo:	04/05/2021	Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	BG Basauri - Bilbao	Fulcrum	

Método empleado:			
Cono de caída:	NO	Tipo de Cono empleado:	-
Cuchara de Casagrande:	SI	Método de un punto:	-

LÍMITE LÍQUIDO (UNE-EN ISO 17892-12)	Número de golpes	16	26	35	23
	Referencia tara	1	2	3	4
t+s+a	Tara+suelo+agua	28,97	26,77	27,46	27,01
t+s	Tara+suelo	27,79	25,73	26,44	26,16
t	Tara	24,31	22,49	23,19	23,65
s=(t+s)-t	Suelo	3,48	3,24	3,25	2,51
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	1,18	1,04	1,02	0,85
w=100x a / s	Humedad (%)	33,91	32,10	31,38	33,86
K Material con tamaño < 0,4 mm (%) (Material seco en estufa a 50°)	66,0	W (Muestra original):			21,87
		W (Prevía al ensayo):			0,76
		m1 (g)	319,50	mr (g)	108,72
			LÍMITE LÍQUIDO:		32,9
Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C					

Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C

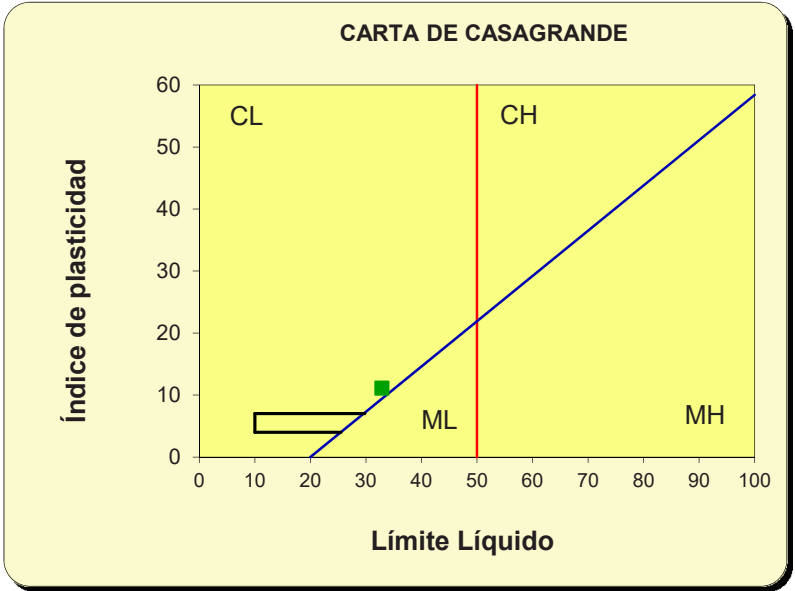


Nº Referencia Muestra:	8293
------------------------	------

LÍMITE PLÁSTICO (UNE-EN ISO 17892-12)	Referencia tara	1	2
t+s+a	Tara+suelo+agua	26,53	24,91
t+s	Tara+suelo	26,04	24,42
t	Tara	23,76	22,20
s=(t+s)-t	Suelo	2,28	2,22
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,49	0,49
w=100x a / s	Humedad (%)	21,49	22,07

LÍMITE PLÁSTICO
21,8

FRACCIÓN > 5,00 mm, %	21,1
FRACCIÓN < 0,08 mm, %	53,4
LÍMITE LÍQUIDO, LL	32,9
LÍMITE PLÁSTICO, LP	21,8
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	11,1
CLASIFICACIÓN SUCS	CL
DESCRIPCIÓN ASTM D-2486	
Arcilla de baja plasticidad	
ÍNDICE DE LIQUEDAD, I _L	0,0
ÍNDICE DE CONSISTENCIA, I _c	118,9
ÍNDICE DE ACTIVIDAD, I _a	-



Método de preparación:
Tamizado para romper la estructura del suelo y ajustando la consistencia de la pasta remoldeada al rango requerido en el ensayo.

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8293		Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	4,50-5,10 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	05/05/2021		Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		BG Basauri - Bilbao		Fulcrum

Peso de suelo seco ensayado (g)	100
Volumen de líquido recogido para la valoración (ml)	50
Volumen de Hidróxido de Sodio empleado en la valoración (ml)	0,4
Grado de acidez (ml/kg suelo) (UNE 83962)	16

Peso de suelo analizado: M (kg)	0,05
Tara del crisol: C (g)	122,5988
Peso del filtro calcinado: F (g)	0,0000
C + F + Precipitado (g)	122,6043
Peso precipitado = (C + F + Precipitado)-(C + F)	0,0055
mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo = 411,6 x P / M	45,276
Contenido en ión SO ₄ ²⁻ (%) (UNE 83963)	0,005

DETERMINACIÓN	Resultado del ensayo	GRADO DE AGRESIVIDAD		
		Débil (Qa)	Medio (Qb)	Fuerte (Qc)
Acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo)	16	> 200	–	–
Contenido en sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo)	45	2000 a 3000	3000 a 12000	> 12000

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

El suelo no es agresivo para el hormigón

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8293		Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	4,50-5,10 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	10/05/2021		Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		BG Basauri - Bilbao		Fulcrum

MUESTRA	M1	M2
M _i Masa muestra analizada (g)	0,25	0,25
C _i Volumen de KMnO ₄ gastado en la valoración	0,8	0,8
f Factor de normalidad del KMnO ₄	1	1
$\%MO_i = \frac{0.1032 \cdot C_i \cdot f}{M_i}$	0,33	0,33
% MO de la fracción < 5 mm	0,33	
% MO del total de la muestra	0,26	

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8294		Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S1	5,10-5,70 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	29/04/2021		Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		BG Basauri - Bilbao		Fulcrum

Agua	a = (t+s+a)-(t+s)	8,11
Tara+suelo+agua	t+s+a	117,80
Tara+suelo	t+s	109,69
Tara	t	62,87
Suelo	s	46,82
% Humedad	w = a/s x 100	17,3

Masa muestra	m (g)	47,85
Masa muestra con relleno de huecos	m _i (g)	47,85
Masa muestra+parafina	m _c (g)	48,88
Densidad parafina	γ _p (Mg/m ³)	0,84
Densidad Fluido de inmersión a 25 °C	γ _{fl} (Mg/m ³)	1,00
Masa sumergida muestra+parafina	m _s (g)	24,50
Volumen muestra	$V = \frac{[(m_c - m_s) / \gamma_{fl}] - [(m_c - m_i) / \gamma_p]}{10^{-6} (m^3)}$	23,15
Densidad húmeda	γ _{ap} = m / V (Mg/m ³)	2,07
Densidad seca	γ _d = γ _{ap} / [1 + (w / 100)] (Mg/m ³)	1,76

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8295		Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S2	1,50-2,10 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	03/05/2021		Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):		BG Basauri - Bilbao		Fulcrum

CÁLCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca (m)	747,20
B	Muestra tratam. M.O.	.
C	Muestra tratam. Carb.	.
D	Gruesos lavados y secados (m _i)	128,74
E	Fracción fina previa al cuarteo	595,40
E	Relac. Masas por el cuarteado	8,64
G	Fracción fina ensayada (m _s)	68,90

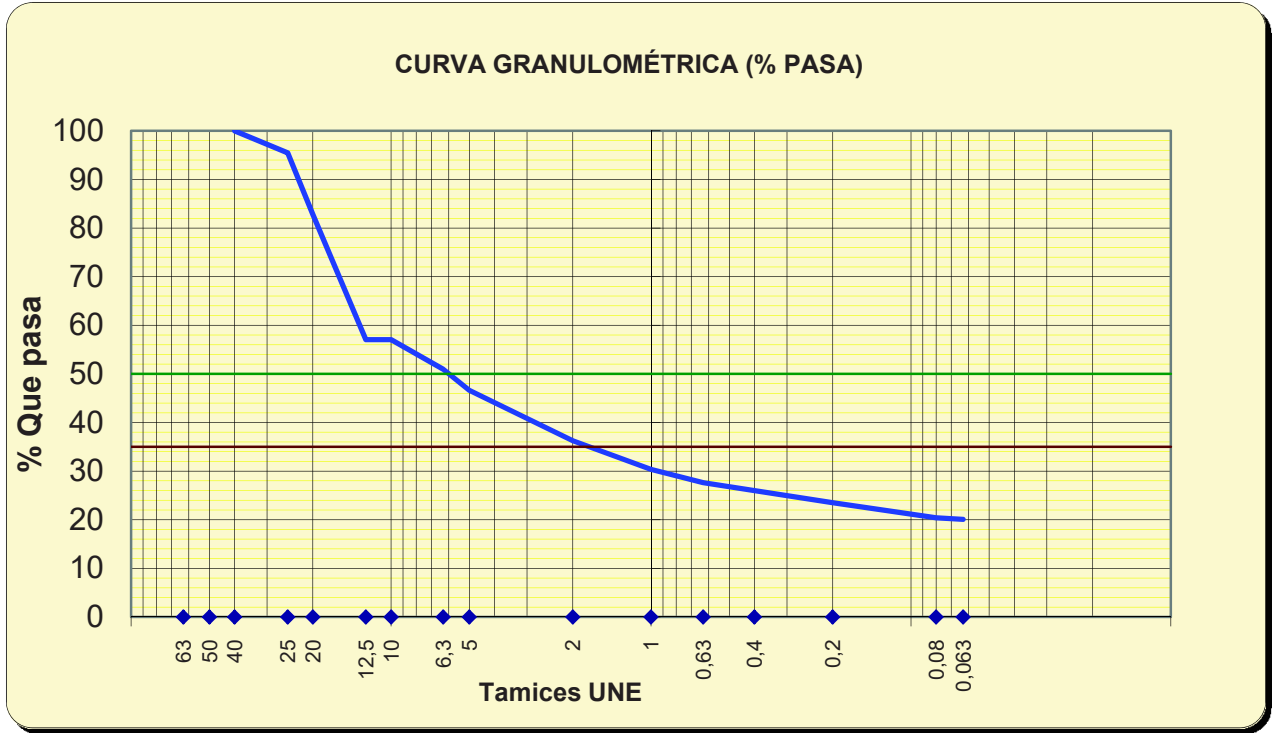
Masa del agua	m _w (g)	0,39
Muestra húmeda	m ₁ (g)	167,00
Muestra seca	m ₂ (g)	166,61
Masa del recipiente	m _c (g)	71,30
Masa muestra seca	m _d (g)	95,31
% Humedad	m _w /m _d x100	0,4

Es fracción gruesa el material retenido por el tamiz n°20, correspondiendo a la separación de gravas medias y gruesas y a la fracción fina el que pasa por el mismo tamiz

TAMICES			Retenido en tamices			Pasa en muestra total		Observaciones
U.N.E.	A.S.T.M.		Grs.en la parte fina ensay. (m _{sn})	Grs.en la parte fina ajust. (m' _{sn})	Grs.en la muestra total (m' _{ssn})	Porcentaje	% Pasa (f _n)	
	Designación	Abertura mm.						
1	2 A	2 B	3	4	5	6	7	
						747,2	100,0	
63	2,5"	63,500			0,00	0,00	100,0	
50	2 "	50,800			0,00	0,00	100,0	
40	1,5"	38,100			0,00	0,00	100,0	
25	1"	25,400			33,85	0,05	95,5	
20	3/4"	19,100			94,89	0,17	82,8	
12,5	1/2"	12,700	22,25	192,27		0,43	57,0	
10	3/8"	9,520	0,00	0,00		0,43	57,0	
6,3	1/4"	6,350	5,25	45,37		0,49	51,0	
5	Nº 4	4,750	3,76	32,49		0,53	46,6	
2	Nº 10	2,000	8,97	77,51		0,64	36,2	
1	Nº 18	1,000	5,09	43,99		0,70	30,4	
0,63	Nº 30	0,590	2,38	20,57		0,72	27,6	
0,40	Nº 40	0,420	1,40	12,10		0,74	26,0	
0,20	Nº 80	0,180	2,15	18,58		0,77	23,5	
0,08	Nº 200	0,074	2,67	23,07		0,80	20,4	
0,063	Nº 230	0,063	0,30	2,59		0,80	20,1	
	Mat. Bandeja (<0,063 mm) (m _p)		0,04					
	Masa total de mat. retenido (m _t)		747,20					
	Diferencia entre m y m _t (%)		0,00					

Densidad de partículas sólidas	G; Mg/m ³	2,70	(Valor supuesto)
--------------------------------	----------------------	------	------------------

Nº Referencia Muestra: 8295



Tamices	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
% pasa	100,0	100,0	100,0	95,5	82,8	57,0	57,0	51,0	46,6	36,2	30,4	27,6	26,0	23,5	20,4	20,1

%	SUCS	CTE
GRAVA	53,4	63,8
ARENA	26,2	16,2
FINOS	20,4	20,1

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

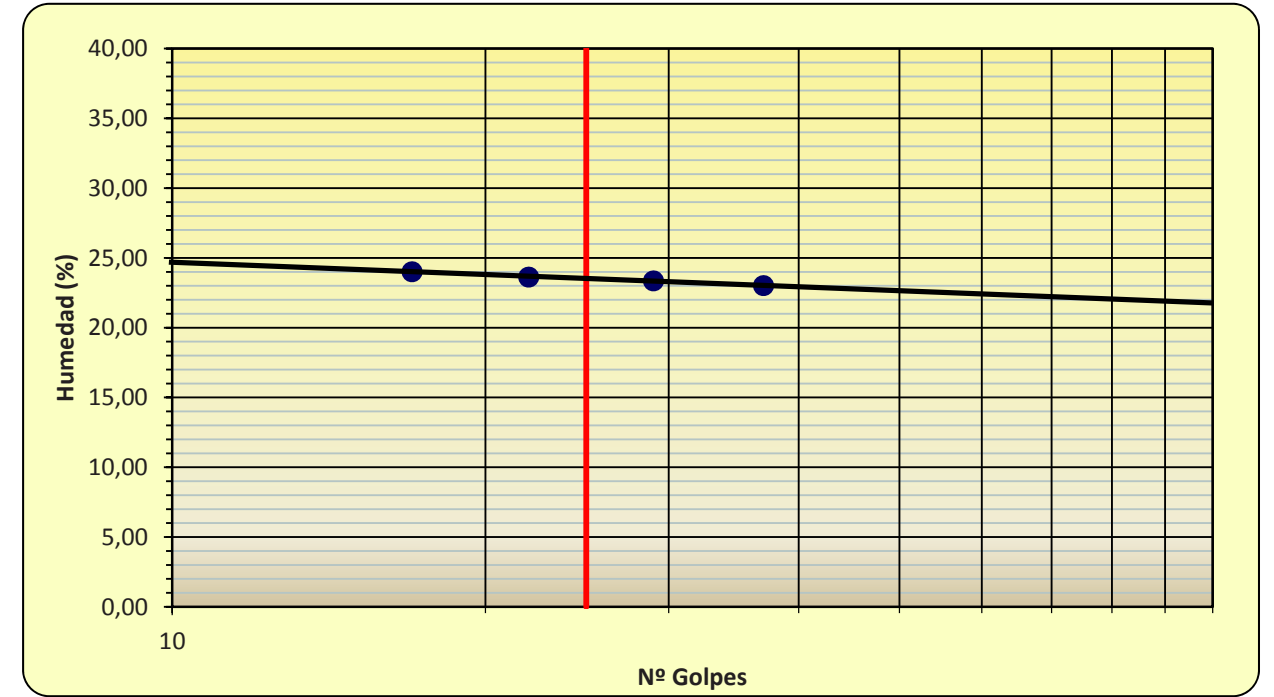
Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8295		Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S2	1,50-2,10 m		
Fecha de Toma:	-			
Fecha de Ensayo:	04/05/2021		Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	BG Basauri - Bilbao		Fulcrum	

Método empleado:			
Cono de caída:	NO	Tipo de Cono empleado:	-
Cuchara de Casagrande:	SI	Método de un punto:	-

LÍMITE LÍQUIDO (UNE-EN ISO 17892-12)	Número de golpes	17	22	29	37
	Referencia tara	1	2	3	4
t+s+a	Tara+suelo+agua	28,42	28,29	28,47	28,41
t+s	Tara+suelo	27,75	27,60	27,76	27,51
t	Tara	24,96	24,68	24,72	23,60
s=(t+s)-t	Suelo	2,79	2,92	3,04	3,91
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,67	0,69	0,71	0,90
w=100x a / s	Humedad (%)	24,01	23,63	23,36	23,02
K Material con tamaño < 0,4 mm (%) (Material seco en estufa a 50°)		26,0	W (Muestra original):		4,34
			W (Prevía al ensayo):		0,41
		m1 (g)	430,20	mr (g)	318,41
		LÍMITE LÍQUIDO:			23,6

Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C



Nº Referencia Muestra:

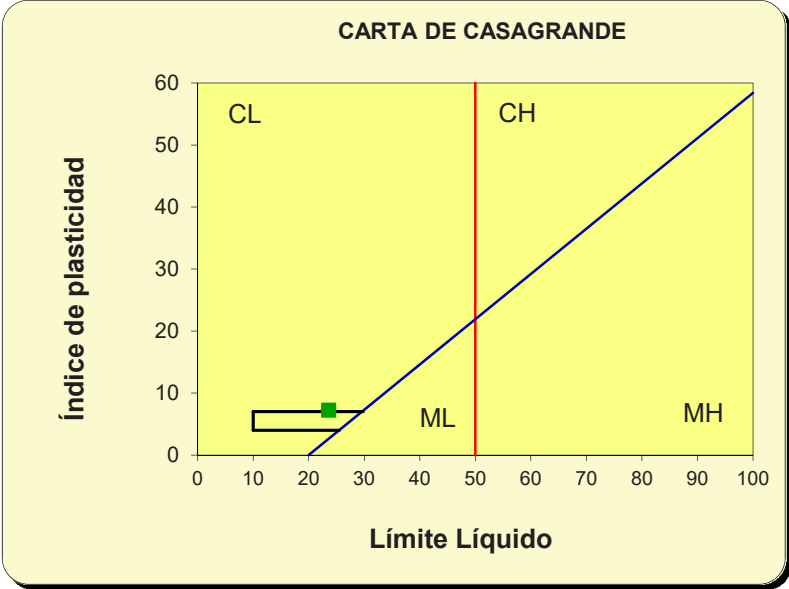
8295

LÍMITE PLÁSTICO (UNE-EN ISO 17892-12)	Referencia tara	1	2
t+s+a	Tara+suelo+agua	27,78	26,58
t+s	Tara+suelo	27,31	26,23
t	Tara	24,59	23,97
s=(t+s)-t	Suelo	2,72	2,26
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,47	0,35
w=100x a / s	Humedad (%)	17,28	15,49

LÍMITE PLÁSTICO

16,4

FRACCIÓN > 5,00 mm, %	53,4
FRACCIÓN < 0,08 mm, %	20,4
LÍMITE LÍQUIDO, LL	23,6
LÍMITE PLÁSTICO, LP	16,4
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP	7,2
CLASIFICACIÓN SUCS	GC
DESCRIPCIÓN ASTM D-2486	
Grava arcillosa	
ÍNDICE DE LIQUED, I _L	-1,7
ÍNDICE DE CONSISTENCIA, I _c	-1,6
ÍNDICE DE ACTIVIDAD, I _a	-



Método de preparación:

Tamizado para romper la estructura del suelo y ajustando la consistencia de la pasta remoldeada al rango requerido en el ensayo.

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8295	Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S2	1,50-2,10 m	
Fecha de Toma:	-		
Fecha de Ensayo:	10/05/2021	Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	BG Basauri - Bilbao	Fulcrum	

MUESTRA	M1	M2
M _i Masa muestra analizada (g)	0,25	0,25
C _i Volumen de KMnO ₄ gastado en la valoración	3,1	3,1
f Factor de normalidad del KMnO ₄	1	1
$\%MO_i = \frac{0.1032 \cdot C_i \cdot f}{M_i}$	1,28	1,28
% MO de la fracción < 5 mm	1,28	
% MO del total de la muestra	0,60	

OBSERVACIONES:

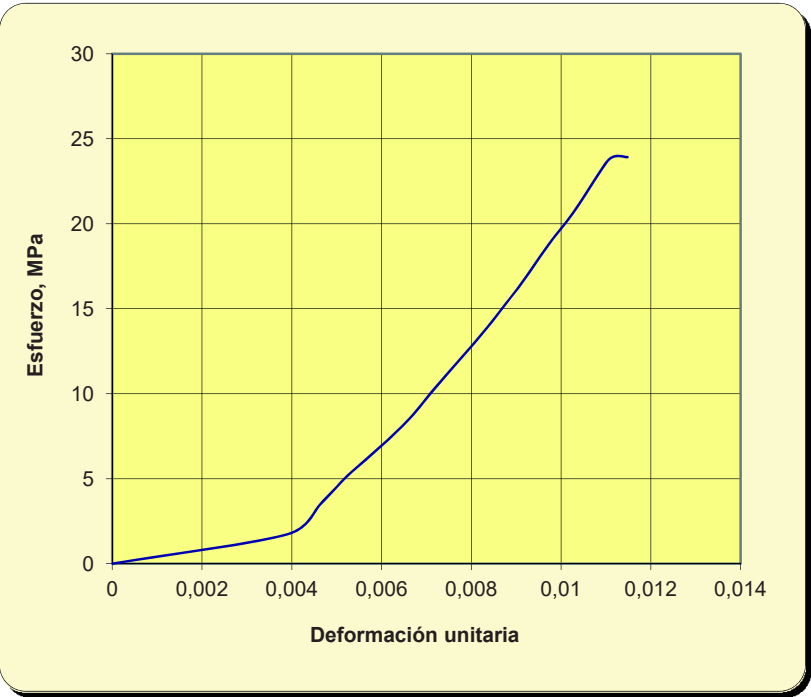
El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

Nº Referencia Muestra:	8296	Informe Nº:	E230521
Muestra (Origen / Profundidad):	S2	11,80-12,30 m	
Fecha de Toma:	-		
Fecha de Ensayo:	29/04/2021	Fecha de emisión del Informe:	13/05/2021
Procedencia (Obra / Cliente):	BG Basauri - Bilbao	Fulcrum	

Diámetro de la probeta D (cm)	7,16	PESO PROBETA HÚMEDA + tara	2184,07
Altura de la probeta L (cm)	18,12	PESO PROBETA SECA + tara	2154,98
Carga de rotura P (Kg)	9823	TARA	199,37
Humedad (%)	1,49	AGUA	29,09
Densidad aparente (g/cm³)	2,72	ROCA SECA	1955,61
Densidad seca (g/cm3)	2,68		
Resistencia a la compresión uniaxial para la muestra $\sigma_c=P/(A/D^2/4)$, MPa		23,92	



Este resultado es válido para esta muestra

OBSERVACIONES:



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

APÉNDICE N°2.4

Estudio túnel de El Boquete

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE (TRANVÍA BILBAO-DURANGO-ARRATIA), ETXEBARRI.

BILBOTIK, DURANGO TA ARRATIA RAKO TRANBIAKO “EL
BOQUETE” TUNELAREN GAURKO EGOERAREN ANALISIA



Junio 2020 - 2020ko Ekaina

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO	1
1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	1
2. METODOLOGÍA	2
3. DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL DE EL BOQUETE	2
3.1. MARCO GEOLÓGICO	2
3.1.1. ESTRATIGRAFÍA	4
3.1.2. TECTÓNICA	5
3.1.3. GEOMORFOLOGÍA	6
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL	7
3.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TÚNEL	8
4. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN	10
4.1. INSPECCIÓN DE PATOLOGÍAS	10
4.1.1. REVESTIMIENTO	10
4.1.2. BOQUILLAS	12
4.1.3. DRENAJE Y HUMEDADES	13
4.1.4. EFLORESCENCIAS Y PRECIPITADOS	14
4.1.5. DESCONCHONES	16
4.1.6. RESTOS DE EPOCA	18
4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO-LASER SCANNER	19
4.3. INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA	23
4.4. FOTOGRAFIA DE ALTA RESOLUCIÓN	25
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27

APÉNDICES

Apéndice 1 Planos.

Apéndice 1.1 Plantas.

Apéndice 1.2 Perfil longitudinal.

Apéndice 1.3 Perfiles transversales.

Apéndice 1.4 Inspección de gálibos.

Apéndice 2 Levantamiento de patologías. Inspecciones visuales.

Apéndice 3 Fotografías en alta resolución (HD).

Apéndice 4 Análisis termográfico.

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO

1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

A requerimiento del Departamento de Infraestructuras y Desarrollo Territorial de la Diputación Foral de Bizkaia / Bizkaiko Foru Aldundia, se redacta el presente informe que recoge el análisis del estado actual del túnel de El Boquete que formaba parte de la plataforma asociada a la línea del tranvía eléctrico de Bilbao a Durango con varios ramales entre las localidades de Lemoa y Zeanuri.

Se procede en el presente informe a analizar el estado funcional que presenta el citado túnel tras más de cincuenta años de abandono ya que se proyecta integrar esta estructura dentro del nuevo trazado del bidegorri que uniría las localidades de Bolueta (Bilbao) y Basauri.

El proyecto pretende unir el barrio del Kalero (Basauri) con Etxebarri gracias a una ruta peatonal y ciclable recuperando el antiguo trazado del tranvía de Arratia incluido el túnel de El Boquete que, en la actualidad, es una vía intensamente frecuentada por vecinos y paseantes.

El presente informe se ha estructurado en las siguientes partes:

- En primer lugar, se ha elaborado una metodología de trabajo de cara a la realización del presente análisis.
- Seguidamente se ha realizado una inspección del túnel de El Boquete, incluyendo una descripción del mismo y de las patologías reconocidas.
- A continuación se lleva una auscultación del túnel basado en un levantamiento con láser-escanner a partir del que se analiza las zonas sobreexcavadas y las que entran en gálibo. También se ha realizado una inspección termográfica y una fotografía de alta resolución.
- Por último se presentan, ya de forma concreta, las conclusiones de esta inspección relacionadas con las patologías observadas y las actuaciones a acometer para la utilización del túnel con todas las garantías.

El presente documento se acompaña de los siguientes apéndices:

- Apéndice 1. Planos. Plantas y perfiles.
- Apéndice 2. Levantamiento de patologías. Inspecciones visuales.
- Apéndice 3. Fotografías en alta resolución (HD).
- Apéndice 4: Análisis termográfico.

2. METODOLOGÍA

La realización del presente análisis técnico del estado del túnel de El Boquete se ha llevado a cabo realizando, en primer lugar, una evaluación de la escasa documentación técnica existente sobre el mismo.

Hay que tener en cuenta que se trata de una estructura de más de 100 años, que se encuentra en estado de abandono más de cincuenta años, desde inicio de la década de los 60.

Para conocer el estado del túnel se han realizado varias visitas técnicas con el fin de reconocer la situación del mismo, plasmándose estas observaciones en unos planos cuyo contenido define el alcance de la inspección.

En la elaboración de estos planos se ha tenido en cuenta:

- Estado de conservación de la estructura.
- Estado y variaciones en el revestimiento del mismo.
- Estado del drenaje.
- Presencia de humedades y/o goteos.
- Presencia de patologías. Diferenciando aquellas que pudieran haber aparecido durante el período de uso del mismo y aquellas surgidas posteriormente a su abandono.
- Estado de conservación de las boquillas.
- Estado de los taludes de las dos boquillas.

De forma complementaria a las inspecciones de campo se han efectuado otras labores de investigación con el objetivo de localizar zonas de alta humedad y deformaciones dentro del revestimiento del túnel.

3. DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL DE EL BOQUETE

3.1. MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, la zona de estudio se encuentra situada en las estribaciones occidentales de los Pirineos, en la denominada Cuenca Vasco –Cantábrica, concretamente en el dominio estructural del Arco Vasco.

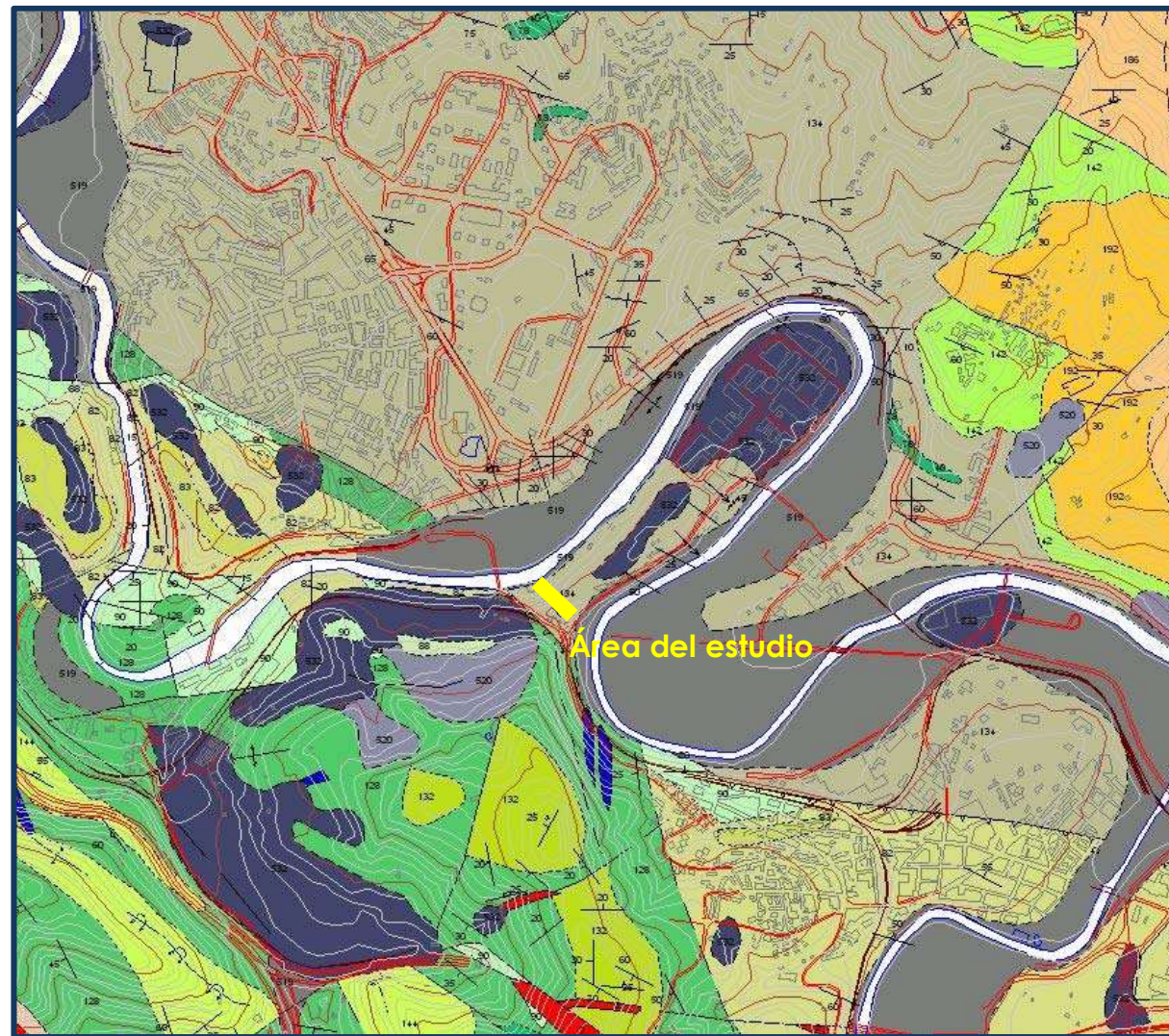
Los materiales de la zona son parte de una potente serie detrítico-calcárea, depositada en el Mesozoico en la Cuenca Vasco Cantábrica. Son materiales del Cretácico inferior estructurados según las directrices generales ONO-ESE, concordantes con las estructuras regionales más importantes de la cuenca sedimentaria, sobre los cuales se depositan los sedimentos cuaternarios.

La columna litológica se compone de materiales muy variables relacionados con materiales depositados en distintos ambientes sedimentarios.

La peculiar situación geográfica de la Cuenca, entre las placas Ibérica y Europea hace que su historia geológica sea muy compleja. Esto hace que la disposición de las distintas unidades sea igualmente complicada. Secuencias producidas por varias trasgresiones y regresiones del mar que, de forma cíclica se han ido sucediendo a lo largo de la historia, hasta quedar definida como la conocemos actualmente.

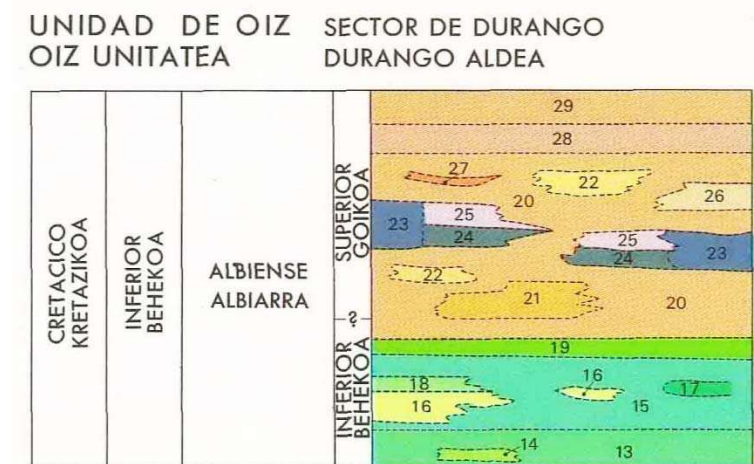
En el marco de la historia geológica, la zona de estudio queda encuadrada dentro de los materiales del Cretácico Inferior, en el denominado Complejo Urgoniano, en el flanco Norte del Anticlinorio de Bilbao, limitado en el sector septentrional por la falla de Bilbao-Alsasua y hacia su parte más meridional por la falla de Villaro. Son materiales definidos dentro de la Unidad de Oiz, Sector Durango.

Se adjunta una reproducción del Mapa Geológico del EVE, correspondiente a las hojas 61-IV Basauri y 61-II Bilbao:



Mapa Geológico del E.V.E. Escala 1:25.000.

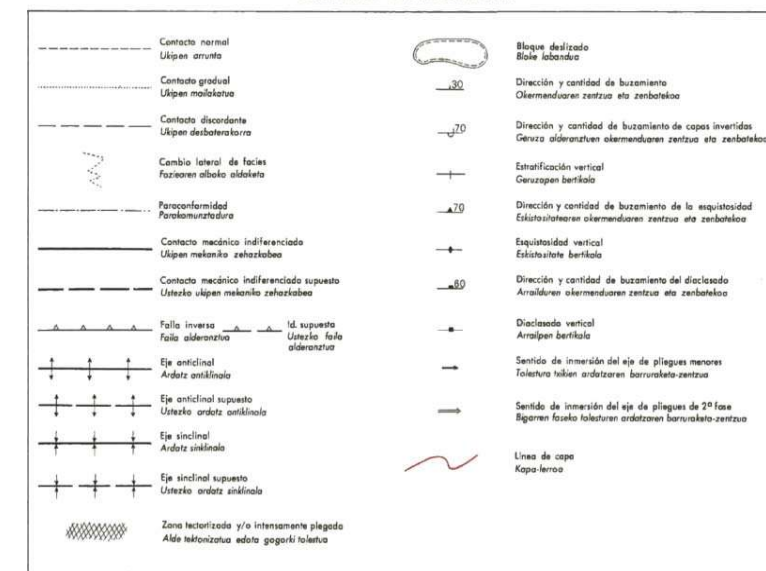
En el anterior plano se han definido los materiales presentes en el subsuelo de la zona como **"Margas y margocalizas estratificadas, calizas nodulosas, calcarenitas y parabrechas calcáreas"**.



- 27 Conglomerado silíceo
Konglomeratu silizetsua
- 26 Margas
Margak
- 25 Rocas piroclásticas
Harri piroklastikoak
- 24 Coladas masivas o de "pillow-lavas"
Kolada masiboak edo "pillow-labak"
- 23 Rocas volcánicas indiferenciadas
Zehazgabeko harri bolkanikoak
- 22 Areniscas
Harearriak
- 21 Alternancia de areniscas y lutitas
Harearri eta lutiten txandaketa
- 20 Argilitas y/o limolitas
Argilitak edota limolitak
- 19 Margas, areniscas y limolitas. "Slumps."
Margak, harearriak eta limolitak. "Slumpak"
- 18 Alternancia de margas arenosas y calcarenitas arenosas
Marga hareatsu eta kalkarenita hareatsuen txandaketa
- 17 Parabrechas calcáreas en matriz margosa. Margocalizas
Margazko matrizeko parabrexa karetsuak. Margakarriak
- 16 Calcarenitas y margas
Kalkarenitak eta margak
- 15 Margas y margocalizas (calcarenitas y parabrechas calcáreas)
Margak eta margakarriak (kalkarenitak eta parabrexa karetsuak)
- 14 Margas y calizas nodulosas
Margak eta karari nodulotsuak
- 13 Lutitas (limolitas) calcáreas, con pasadas areniscosas
Lutita (limolitak) karetsuak harearritzko harteketa

Leyenda del mapa geológico del E.V.E. Escala 1:25.000.

SÍMBOLOS CONVENCIONALES OHIZKO SINBOLOAK



Leyenda general de los mapas geológicos.

3.1.1. ESTRATIGRAFÍA

Las litologías detectadas corresponden al complejo Urganiano, que engloba a materiales de edad Aptiense-Albiense con una potencia máxima de 4.000 m. Éste se compone de un complejo conjunto sedimentario de origen mixto (detrítico-calcareo) cuya principal característica es la presencia casi constante de cemento carbonatado. Los depósitos detrítico-calcareos se estructuran formando secuencias deposicionales correspondientes a ciclos trasgresivos-regresivos.

Los materiales afectados corresponden a la Unidad de Oiz-Sector Durango. La sedimentación puede tener variaciones de espesor importantes, ya que la presencia de una serie de fallas sinsedimentarias, compartimentó la llanura detrítica mareal en grandes subcuencas.

A nivel regional, los materiales predominantes en la zona corresponden a la unidad denominada en el mapa geológico del EVE como **“Margas y margocalizas estratificadas, calizas nodulosas, calcarenitas y parabrechas calcáreas (15)”**. Este tramo consiste en margas grises azuladas con nódulos calizos irregulares estratificados en bancos decimétricos.



Nivel de margas y margocalizas tableadas en las cercanías del túnel de El Boquete.

Es muy frecuente la presencia de una intensa esquistosidad, sobre todo, en las cercanías de las grandes fracturas. Esta foliación llega a obliterar la estratificación que, tan solo, puede reconocerse por la presencia de intercalaciones calcáreas.



Nivel de margas y margocalizas tableadas separadas por una discordancia angular.

CUATERNARIO

A nivel local los depósitos cuaternarios son muy frecuentes en el área de estudio, especialmente los de origen antrópico asociados a la urbanización y uso del territorio. Se han diferenciado también, depósitos aluviales.

Rellenos antrópicos

Son especialmente abundantes en la zona cartografiada. Los rellenos para obras civiles y las escombreras y balsas, son todos ellos consecuencia de la intensa y prolongada actividad industrial que ha tenido lugar en el área. En general se trata de acumulaciones de materiales muy heterogéneos en cuanto a origen y tamaño de grano.

Suelos aluviales (Qa)

Están constituidos por acumulaciones de materiales de diferentes granulometrías con alta variabilidad tanto en vertical como en horizontal. Normalmente se trata de una matriz de limos y arenas con una trama muy variable de gravas redondeadas. Su espesor es variable siendo frecuentes las ocasiones en las que alcanza varios metros.

Son suelos ligados a cauces fluviales, depositados en las llanuras de inundación de los mismos. La red de drenaje de la zona de estudio la marca el río Ibaizabal.

3.1.2. TECTÓNICA

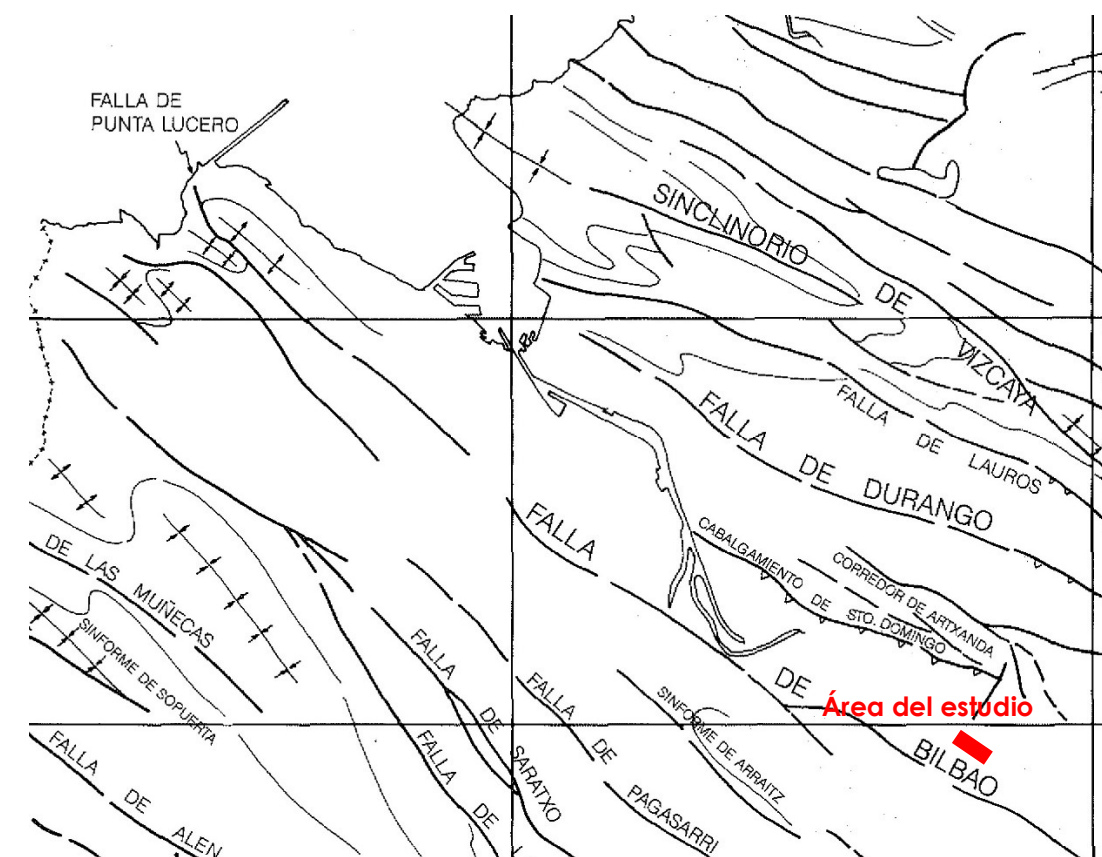
Desde un punto de vista estructural, la zona en estudio, se ha configurado durante la Orogenia Alpina que es la que ha modelado tanto la Cuenca Vasco-Cantábrica como los Pirineos.

La zona se sitúa en el labio norte de la falla Bilbao-Alsasua, que en esta zona tiene comportamiento de falla inversa, distorsionando las orientaciones generales NW-SE de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

Esta falla de Bilbao-Alsasua es un accidente tectónico consistente en un cabalgamiento de vergencia noreste, de gran salto vertical, que se va amortiguando hacia el noroeste convirtiéndose en un desgarre dextroso de escaso desplazamiento.

Al mismo tiempo, se presenta al sur de la Falla de Durango, dentro de su zona de influencia. Esta falla presenta varios planos principales con un salto de tipo inverso y gran desarrollo regional.

A continuación vemos la configuración estructural de este sector en el que hemos incluido la situación aproximada del túnel de El Boquete.



Esquema estructural del mapa geológico del E.V.E.

Los accidentes tectónicos de la zona son de dirección noroeste-sureste (N 120-140°E). La geometría de estas estructuras puede ocasionar la verticalización de los niveles e incluso inversiones locales de las capas con pliegues volcados. Asociada a estas estructuras, se desarrolla una esquistosidad de plano axial muy incipiente, subparalela a las estructuras y vergente al norte.

Tras la etapa compresiva que genera los cabalgamientos y pliegues anteriormente comentados se produce una etapa distensiva caracterizada por la presencia de numerosas fallas de salto normal y altos buzamientos superiores a 75°. La dirección de estas fracturas es concordante con la orientación general de las estructuras alpinas (noroeste-sureste). Esta fracturación da lugar a bloques de gran longitud y escasa anchura.

En este conjunto tectónico se puede reconocer intrusiones de muy variados materiales que se encuentran asociados a procesos hidrotermales de baja temperatura, entre los que podemos destacar la presencia de diques de cuarzo. Presentan forma filoniana y una gran continuidad cartográfica ya que se han podido reconocer a lo largo de varios kilómetros.

Los diques de cuarzo pueden alcanzar varios metros de potencia, pudiéndose dividir rápidamente en varios filones de potencia decimétrica que se entrecruzan entre sí formando una estructura reticular con una caja de varios metros de espesor.

También se pueden reconocer, en los materiales del entorno, diques de rocas intrusivas (diabasas) de carácter filoniano y composición basáltica.

3.1.3. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología regional de la zona de estudio se caracteriza por formas propias de áreas cercanas a la costa con un relieve accidentado. Se trata de una región montañosa de alturas no muy elevadas. Las alineaciones de cumbres están condicionadas por la estructura geológica y en general tienen una dirección ONO-ESE.

Nos encontramos en una zona de elevada pluviosidad durante todo el año, con máximos en primavera y otoño. Los relieves con fuertes desniveles formados mayoritariamente por materiales de baja permeabilidad, permiten una escorrentía superficial muy importante que se canaliza a través de cursos de agua cortos hacia los ríos más importantes de la zona, que son el Ibaizabal, Nervión, etc. La presencia de obstáculos a la circulación natural del agua (vegetación abundante) y la intensa ocupación del suelo en la zona, disminuye aún más la capacidad de infiltración.

Localmente, nos encontramos con una morfología dominada por los procesos fluviales. La génesis de las formas se debe a procesos de erosión-acumulación causados por la red hidrográfica superficial.

El antiguo trazado del tranvía de Bilbao-Durango-Arratia discurre, en gran parte, por la vega del Ibaizabal-Nervión. Se trata de una extensa llanura aluvial formada en una red anastomosada que corresponde a la parte final de ambos cursos de agua.

La red de drenaje se orienta según una dirección perpendicular a las laderas formando estrechas vaguadas por donde discurren, estacionalmente, arroyos que vierten sus aguas

hacia los cursos inferiores de los ríos comentados. Dichas vaguadas tienen su origen en la red secundaria de fracturación ligeramente ortogonal a la red principal que se orienta Noroeste-Sureste. El aumento en el grado de alteración que presenta el entorno inmediato de las fracturas potencia la acción erosiva del agua al propiciar una erosión diferencial entre estas zonas y su entorno menos alterado.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL

El túnel de El Boquete formó parte del trazado del tranvía de Bilbao a Durango y Arratia que nació en 1898 cuando el entonces Ministerio de Fomento otorgó la concesión de explotación del servicio.

Aunque la concesión fue para un tranvía impulsado por vapor, el primer convoy que circuló lo hizo con tracción animal el 2 de septiembre de 1899.

Pero no fue hasta el 7 de diciembre de 1902 cuando se inaugura oficialmente el tranvía de Bilbao a Durango y Arratia impulsado por electricidad.

La longitud total de la red viaria era de 49,21 kilómetros de los que 20 de ellos correspondían al tramo común de Bilbao a la bifurcación de Lemoa donde se separaban los tranvías que iban a Durango de los que llegaban hasta Zeanuri. Estos dos subtramos presentaban una longitud equivalente de 16,6 kilómetros.

La plataforma presentaba un ancho de vía de 1,365 metros equivalente al utilizado por el tranvía de Bilbao por lo que era posible la combinación de convoyes y el tránsito de mercancías a lo largo de todo el trazado.

Con la incorporación de otros medios de transporte (vehículos a motor o ferrocarril) el uso del tranvía fue decayendo aunque alcanzó su máximo en el año 1952 donde se contabilizaron un total de 6.749.914 usuarios. Desde esa fecha, poco a poco fue reduciéndose su utilización hasta que fueron cerrando parte de sus ramales de forma paulatina hasta el 30 de noviembre de 1964 cuando deja de dar servicio. Esta red viaria quedó sustituida por una línea de autobuses.

La traza del tranvía, desde la estación de inicio situada tras el teatro Arriaga circulaba paralelo a la ría del Nervión hasta que cruzaba los meandros formados en su cauce inferior en tres puentes (Puente de San Antón, en Bilbao, puente de la Peña, Puente Nuevo en Bolueta). Antes de llegar al barrio de Pozokoetxe (Basauri) salvaba la elevación de la península de Legizamon gracia a un túnel denominado El Boquete.



Tranvía de Arratia a su paso por el puente Urbi en Basauri.

El túnel de El Boquete es un túnel en curva de 121 metros de longitud, 8,00 metros de ancho por 4,50 metros de alto, con una plataforma de doble sentido. El perfil longitudinal aparece horizontal, aunque, en la actualidad, se ha rellenado la planta por lo que no es posible precisar la situación real.

Estaba completamente electrificado, observándose restos de la antigua electrificación en la bóveda del túnel.

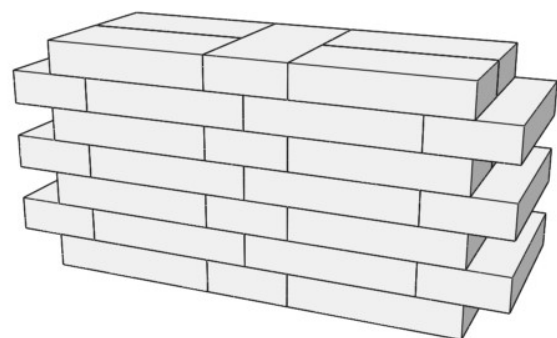


Tranvía de Arratia saliendo del túnel de El Boquete, en su boca sentido Bolueta.

Presenta una sección uniforme, compuesta por una bóveda de cañón de unos 4 metros de radio que se apoya sobre hastiales de 1,5 metros de altura sobre la posible cota de la plataforma ferroviaria. La sección aproximada es de 28,40 m² con un perímetro de 21,34 metros.

El revestimiento que presenta es homogénea a lo largo de todo el túnel. Está formado por una base en el hastial de mampostería de piedra caliza, trabada con hormigón. Sobre este muro de mampostería aparece hasta la clave un revestimiento de ladrillos de 25x15x10 centímetros con dos huecos redondos que atraviesan el ladrillo a lo largo de eje principal. La parte inferior de este revestimiento presenta un aparejo de ladrillos colocados a soga y tizón con el fin de facilitar el drenaje de esta parte baja. El resto de la bóveda presenta el apareje solamente a soga.

El aparejo a soga y tizón, es aquel en que los ladrillos se van alternando: unos por su lado más largo (soga) y otros por el más corto (tizón).



Muro con aparejo a soga (lado largo) y tizón (lado corto).

En la actualidad, se desconoce el drenaje original del túnel, pero es lógico pensar que las aguas de infiltración que se pudiesen acumular en el trasdós del revestimiento pasaban a la plataforma a lo largo de los mechinales y huecos en los ladrillos del revestimiento.

El agua de plataforma se recogía en las cunetas y se les daba salida por las bocas del túnel al drenaje general de la ladera.

3.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TÚNEL

El túnel ferroviario de El Boquete que formó parte de la plataforma del tranvía de Bilbao-Durango-Arratia se encuentra fuera de servicio desde el 30 de noviembre de 1964, cuando se clausuró el servicio.

Desde entonces el túnel ha sufrido escasas variaciones que han consistido, fundamentalmente, en su utilización como paso para el ramal del gasoducto entre Bolueta y la localidad de Basauri.

Esta actuación ha consistido en la excavación de una zanja que discurre a lo largo del hastial izquierdo donde podemos reconocer una serie de hitos informativos.



Hito informativo del gasoducto.



Zanja abierta para la colocación del gasoducto.

Es de suponer que durante los trabajos de excavación de esta zanja se retiró parte del material original y se rellenó de forma irregular la plataforma del túnel ya que, en la actualidad, no se reconoce el recebo ni la presencia de los raíles del tranvía.

La boquilla del lado Basauri ha cedido en sus últimos 3 metros que corresponden a la parte que se encontraba en voladizo a modo de falso túnel.



Boquilla lado Basauri, donde ha caído parte de los tres primeros metros propiciados por la presencia de varias higueras que crecen en su paramento.

Al no encontrarse los restos de este material caído, podemos deducir que fueron saneados y recogidos durante las labores de excavación del gasoducto ya comentado.

4. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN

Se han realizado varias visitas al túnel de El Boquete durante el mes de mayo de 2020, durante las que se ha revisado el estado actual del túnel haciendo especial hincapié en la situación del revestimiento, humedades existentes, presencia de goteos o flujos de agua, aparición de eflorescencias y su naturaleza, presencia de patologías y pérdidas de material, etc.

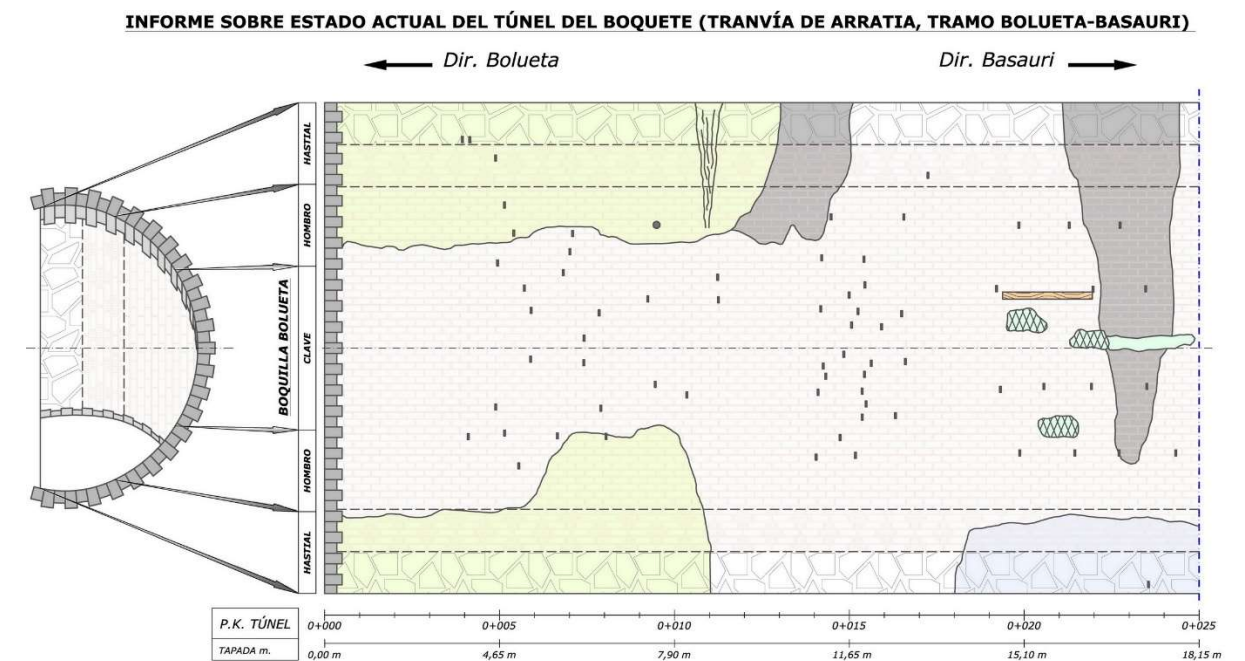
Hay que considerar que no se dispone de información durante la fase de excavación ni de la fase de explotación. Por lo tanto, no se tienen datos de los materiales que atravesaron ya que nos encontramos con una estructura realizado hace más de 100 años que se encuentra totalmente revestido por lo que no es posible reconocer el macizo rocoso.

Por el contrario, el tranvía tuvo en sus primeros años tracción animal que evolucionó rápidamente a su total electrificación por lo que nunca circularon convoyes de vapor. Esto ha preservado el revestimiento con un grado alto de limpieza ya que no hubo vapor, carbón, etc. que generasen concreciones.

4.1. INSPECCIÓN DE PATOLOGÍAS

Se describen a continuación los trabajos de investigación realizados para la redacción del presente anejo.

Los datos observados en estas inspecciones visuales se han representado en un plano de planta donde aparece el desarrollo del túnel desde la parte inferior de los hastiales hasta la clave. Este punto de máxima altura del túnel se representa en el eje central de estos planos.



Resultado de la inspección realizada en los primeros 25 metros del túnel en su boquilla dirección Bolueta.

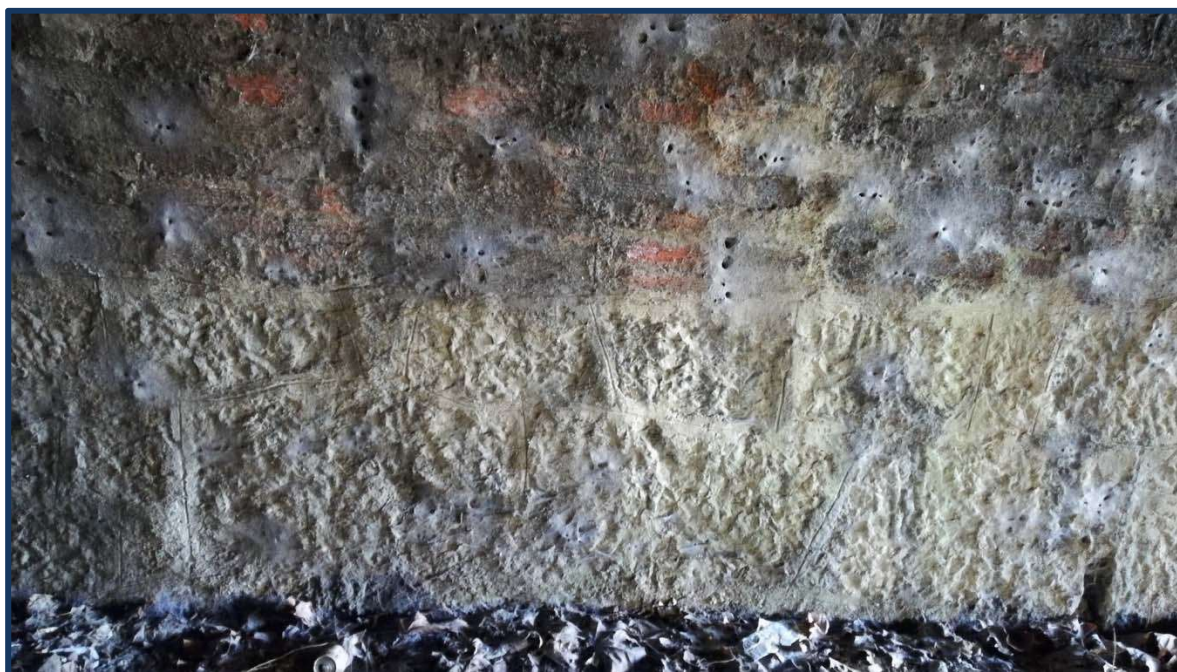
De la inspección realizada podemos considerar como más relevantes los siguientes elementos pertenecientes al túnel.

4.1.1. REVESTIMIENTO

De las inspecciones realizadas podemos ver cómo el túnel aparece totalmente revestido desde la parte baja de los hastiales hasta clave.

El túnel presenta un zócalo formado por un muro de mampostería de bloques de caliza hormigonado en todas sus juntas.

Es difícil precisar la altura de este muro ya que no podemos reconocer su base al estar la solera del túnel parcialmente rellena. Podemos cifrar la altura de este muro en, alrededor, de 1,50 metros.



Diversas imágenes del zócalo de mampostería presente en la base de los hastiales del túnel.

El acabado de este zócalo es muy irregular ya que aparecen zonas con bloques de gran tamaño perfectamente hormigonados y rejunteados (Fotografía superior). Por otro lado hay zonas con bloques heterométricos de naturaleza margosa donde falta el hormigón entre mampuestos (Fotografía inferior).

Es posible que parte de estos bloques fuesen reutilizados al provenir del material extraído durante la excavación del propio túnel.

Sobre este zócalo, el túnel se presenta totalmente revestido de ladrillos con distinto tipo de aparejo. Son ladrillos de unas dimensiones aproximadas de 25x15x10 con dos orificios circulares a lo largo de su eje mayor.

El primer metro y medio sobre el zócalo de mampostería el revestimiento de ladrillos aparece con un aparejo colocado a soga y tizón con una distribución muy irregular, como podemos reconocer en la siguiente fotografía.



Aparejo a soga y tizón correspondiente a la parte inferior del revestimiento de ladrillos.

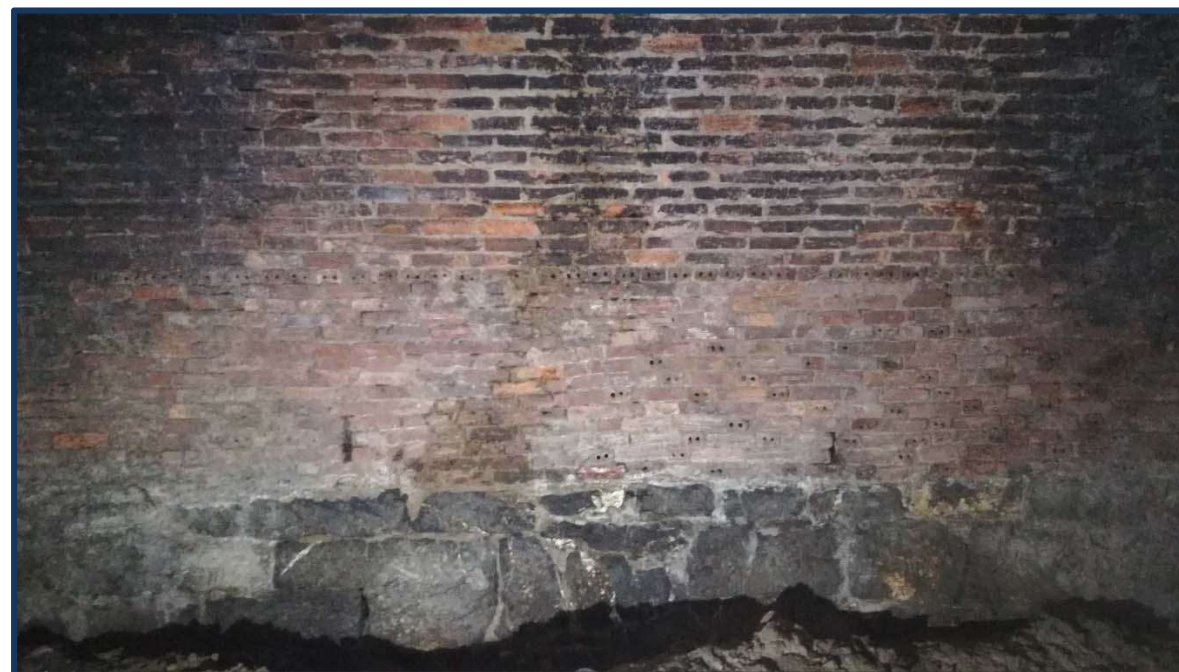
Esta distribución obedece al intento de facilitar el drenaje de la parte baja del túnel gracias a los huecos que presentan los ladrillos. En esta línea vemos como el tránsito a la clave del túnel se realiza con una fila de ladrillos colocados a tizón, Esta línea está marcada con unas flechas en la fotografía anterior.

El resto del revestimiento del túnel hasta la clave se encuentra formado por ladrillos con un aparejo a soga.



Aparejo a soga correspondiente a la clave del túnel.

A modo de resumen podemos ver en la siguiente fotografía cada uno de los distintos materiales y aparejos que componen el revestimiento del túnel.



Los diversos tipos de revestimiento que presenta el túnel.

4.1.2. BOQUILLAS

Ambas boquillas presentan unas características similares, estando formada por una fila de sillares de caliza sobre las que se remata un muro también de sillares. Este muro sirve de retención de posibles caídas de material desde las laderas hasta la boca del túnel.



Boca este del túnel, lado Bolueta.

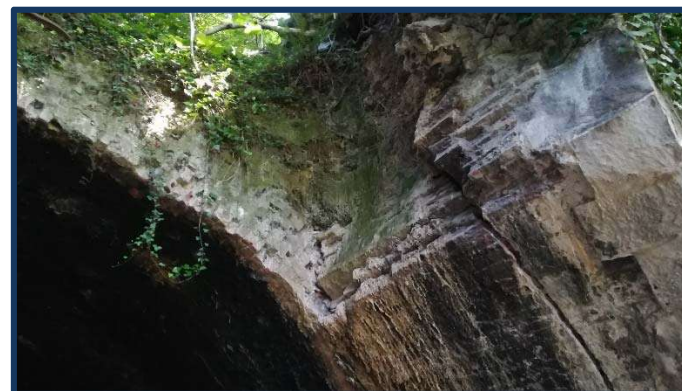
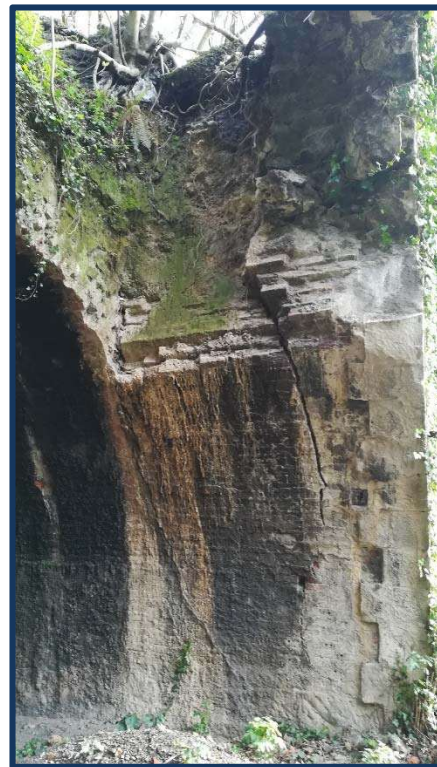


Contra esta primera y única fila de sillares se acopla tanto el zócalo de mampostería como el revestimiento de ladrillos del túnel. Esta situación se puede observar en la fotografía adjunta.

Mientras que la boquilla este, lado Bolueta, permanece en buen estado sin síntomas de inestabilidades, la boquilla oeste (lado Basauri) ha perdido parte de su bóveda quedando en una situación inestable.



Boca oeste del túnel, lado Basauri.



Imágenes del actual estado de la boquilla oeste del túnel.

Han caído los tres primeros metros de la boquilla que corresponden a la parte en falso túnel de la misma.

En las anteriores fotografías podemos reconocer la distribución de materiales en estos primeros metros de la boquilla y la presencia de varias higueras que han crecido en el paramento de las aletas de mampostería y que han ayudado al hundimiento de la bóveda.

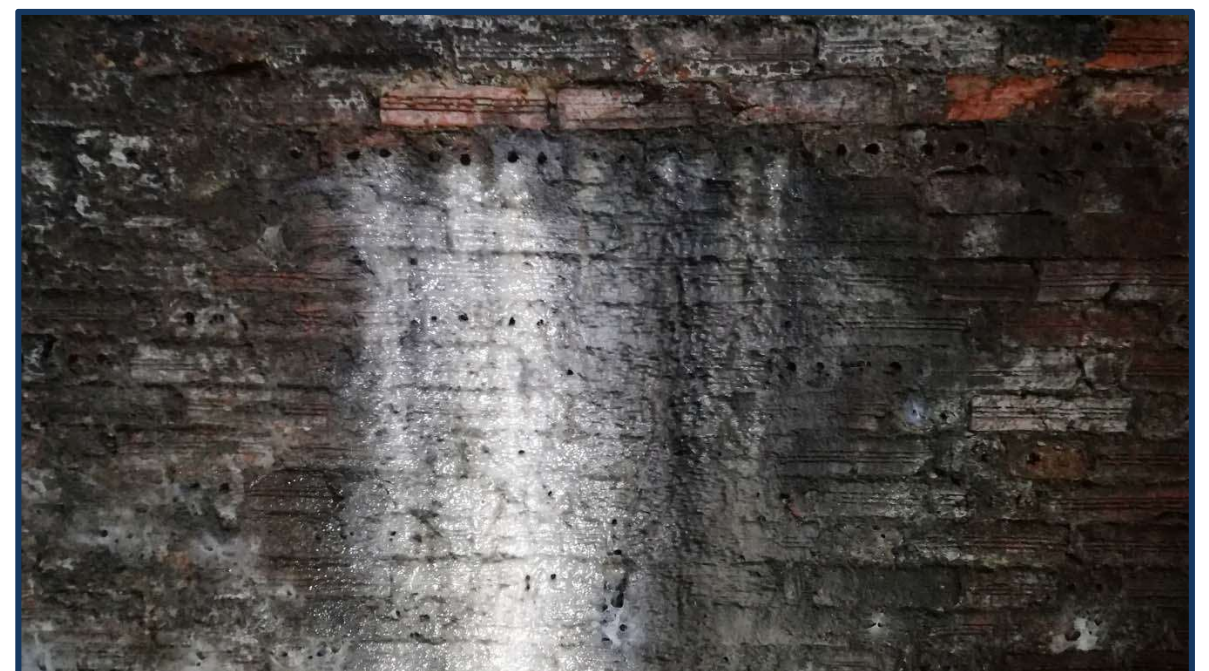
4.1.3. DRENAJE Y HUMEDADES

El drenaje interior del túnel debió producirse a través de pequeñas cunetas al pie de los hastiales que sacarían el agua de infiltración hacia el exterior encauzándola de forma natural.

En la actualidad no se puede reconocer esta parte ya que la antigua plataforma del túnel se encuentra oculta por una capa de relleno.

El drenaje del trasdós del revestimiento se produce a partir de dos elementos:

- La colocación de un aparejo a soga y tizón en la parte inferior del revestimiento de ladrillos. El agua del trasdós saldría por los huecos que presentan estos ladrillos. Esta situación se ve aumentada por la fila de ladrillos a tizón.

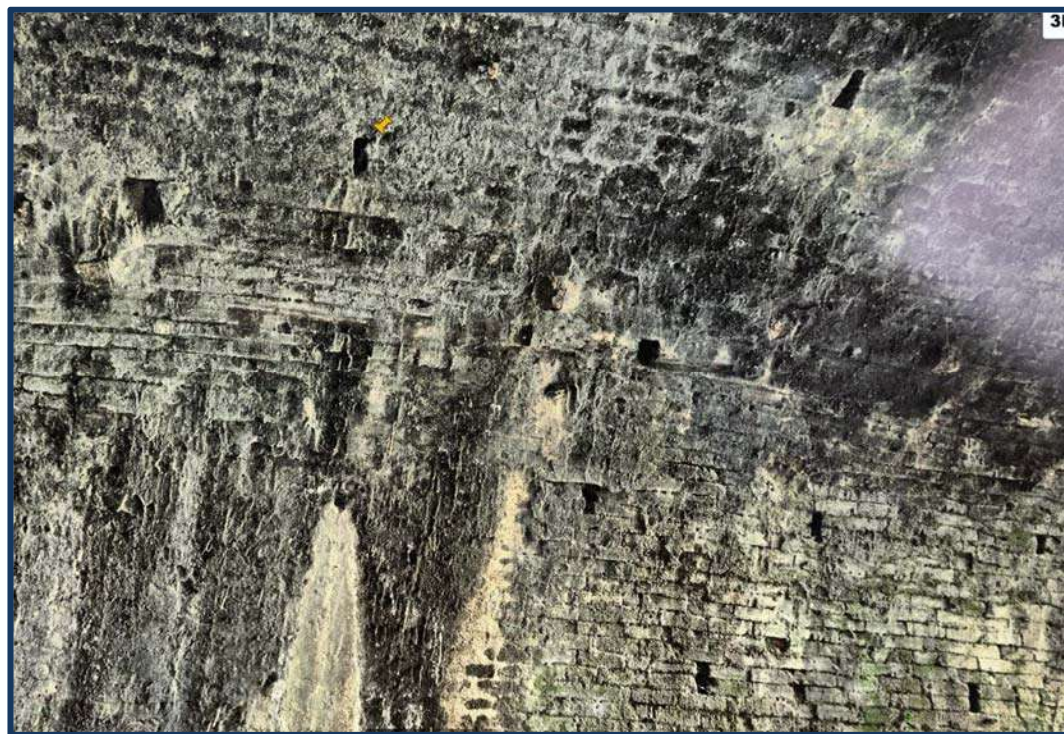


Humedad asociada a los huecos presentes en los ladrillos del revestimiento.

- De forma puntual se reconocen huecos en el paramento de ladrillos a modo de mechinales que propician el drenaje del mismo. Estos mechinales se pueden encontrar de forma aleatoria en zonas de mayor presencia de agua y de forma sistemática y pausada en el resto del túnel.



Mechinales sistemáticos en hastial del túnel.



Concentración de mechinales en clave en la boquilla lado Bolueta.

En muchos casos, estos mechinales, se encuentran colmatados por precipitados lo que les hace perder eficacia donde el agua acaba rezumando por las juntas entre ladrillos.

Es constante la presencia de humedades en el revestimiento del túnel, sobre todo en las zonas de boquilla, pero no llega a formar goteos o flujos. Puntualmente, podemos reconocer pequeños goteos procedentes de clave y hombros.

En los planos de inspección adjuntos se han situado estos puntos de máximos flujos. No obstante, la inspección se ha realizado en un período de baja pluviosidad por lo que es posible que en épocas lluviosas se presentan más puntos con presencia de agua.

4.1.4. EFLORESCENCIAS Y PRECIPITADOS

A lo largo de todo el revestimiento del túnel aparecen fenómenos asociados a depósitos de sales solubles que precipitan sobre la superficie de los ladrillos o mampuestos formando manchas o veladuras, normalmente, de colores blanquecinos.

Dentro de los diferentes precipitados que podemos reconocer en el interior del túnel distinguiremos aquellos que se presentan superficialmente de aquellos más penetrativos pudiendo afectar a la integridad de los ladrillos.

Entre los precipitados que aparecen en la superficie del revestimiento diferenciaremos:

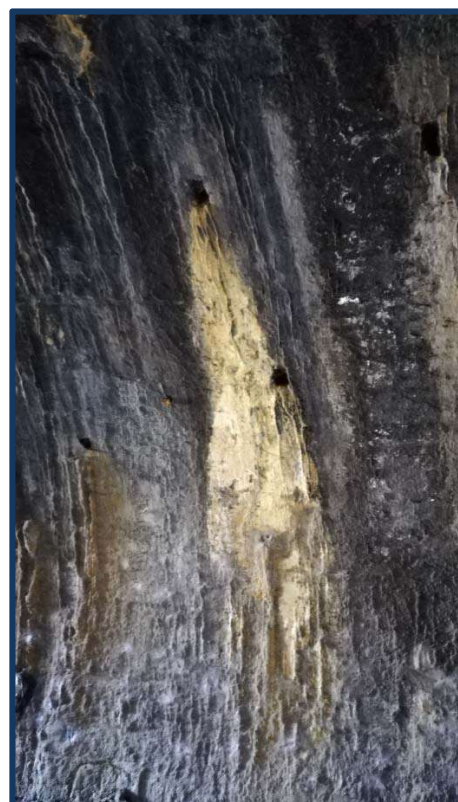
- Depósitos de sales solubles.** Son precipitados provenientes de sales muy solubles en agua que aparecen formando una veladura sobre la superficie de los ladrillos y en las juntas de mortero. Comúnmente, se forman por la migración de sales solubles presentes en el interior de los ladrillos o en el sustrato rocoso. Estas sales se acumulan en la superficie del revestimiento cuando se evapora el agua. Cuando la concentración de sales supera la concentración de saturación se precipitan en las zonas de evaporación. Por este motivo es fácil encontrar estas cristalizaciones como una aureola en las zonas de alta humedad.

Habitualmente, se trata de sulfatos y, en menor medida, carbonatos tanto de sodio como de potasio o de calcio.



Zona húmeda orlado por la presencia de precipitados blanquecinos.

- **Depósitos calcáreos.** Se trata de depósitos blanquecinos que forman regueros a partir de puntos de drenaje (mechinales, perforaciones de los ladrillos, etc.). Son poco solubles en agua y están formado por carbonatos de calcio.



Precipitados de carbonato cálcico precedente de agua drenada por los mechinales.

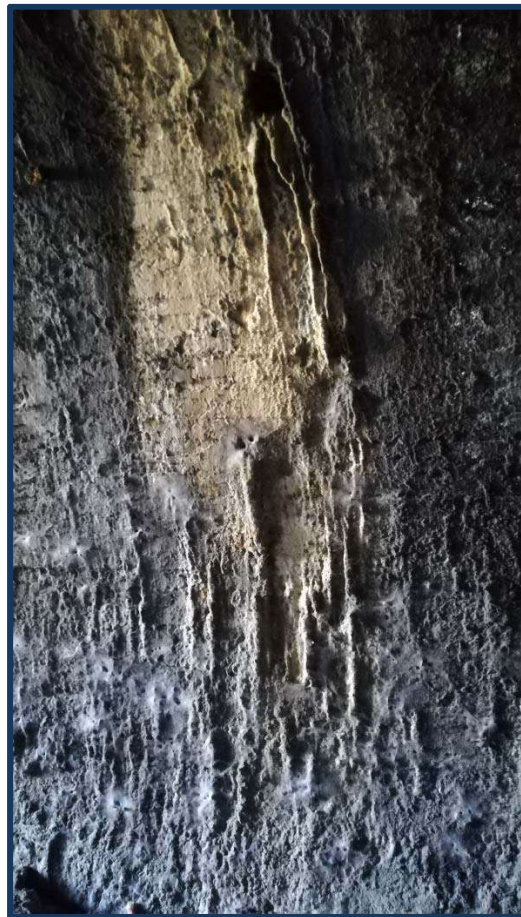
El origen de estos depósitos es similares a los encontrados en cuevas naturales y proceden del agua de filtración que, a través de las discontinuidades del macizo rocoso acceden al túnel tras disolver el carbonato cálcico de los niveles naturales o del propio mortero presente en la trabazón del revestimiento de ladrillos. La cantidad de material disuelto depende, entre otros factores, de la concentración de dióxido de carbono y temperatura de la disolución. Cuando esta solución de alta concentración de bicarbonato sódico alcanza el túnel, evapora el dióxido de carbono propiciado por los cambios de temperatura lo que disminuye la capacidad que tiene el agua de disolver este mineral por lo que acaba precipitando en forma de carbonato cálcico que presenta baja solubilidad.

Este fenómeno es más intenso en las zonas de boquilla por mayor presencia de agua de infiltración y donde está más afectado por los cambios de temperatura.

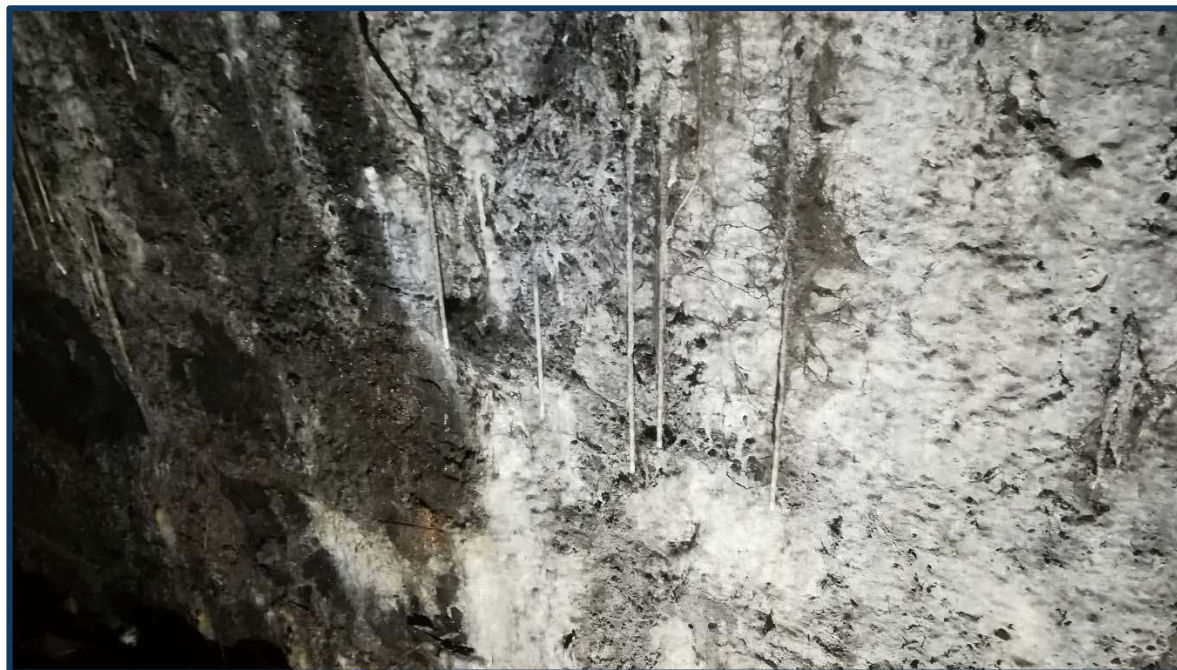


Precipitados de carbonato cálcico en la zona de la boquilla este, lado Basauri.

En la boquilla oeste, lado Bolueta, son más frecuentes este tipo de precipitados formando auténticas costras endurecidas que tapan la totalidad del revestimiento.



Precipitados calcáreos formando regueros a similitud de los espeleotemas que pueden observarse en cuevas naturales.



Precipitados calcáreos formando "macarrones" de casi 50 cm. de longitud.

Independientemente de los precipitados que pudieran producirse sobre la superficie del revestimiento hemos podido reconocer otras patologías asociadas a las cristalizaciones en el interior de los poros de los ladrillos que generan desconchones y pérdidas de material en la superficie de los mismos.

Este fenómeno es puntual y puede afectar a un ladrillo y no a su vecino como podemos reconocer en la siguiente fotografía ya que se encuentra más asociada a la mineralogía de los ladrillos que a la presencia de elementos en el agua.



Desconchones originados por presencia de precipitados en los poros que afecta de forma desigual a cada uno de los ladrillos.

Existen otros tipos de eflorescencias y precipitados en el interior del túnel que tienen un menor desarrollo y extensión, algunas de las cuales, que parece que se encuentran asociados a la actividad animal y/o vegetal.

4.1.5. DESCONCHONES

En la inspección realizada sobre el revestimiento del túnel se han localizado una serie de patologías, algunas de ellas reparadas durante el período de uso del mismo y otras que han ido apareciendo a lo largo del tiempo que ha estado en desuso.

La principal patología corresponde a la pérdida de parte del revestimiento, sobre todo en clave del túnel.

Estos desconchones presentan escaso desarrollo y afectan al primer nivel de ladrillos quedando el anillo interior inalterado.



Zona con pérdida de la capa exterior del revestimiento de ladrillos.



Antigua incidencia donde se aprecia la pérdida del revestimiento de ladrillo y la reparación de la misma con una nueva capa de ladrillos colocados de forma poco cuidadosa.



Desconchón junto a una antigua reparación efectuada con un parche de cemento.



Pequeña grieta que parece haber sido reparada. Se observa la zona repuesta ya que se realizó con ladrillos que presentan unas estrías en su lado que se diferencia con los ladrillos lisos originales.

Las pérdidas de ladrillos que corresponden a períodos posteriores al abandono del túnel se concentran en la zona donde aparecía anclada la antigua catenaria. Son desconchones alargados y paralelos al eje del túnel.

En la boquilla oeste aparecen un par de puntos donde hay colocado un pequeño dren recogido con un parche de cuero remachado, posiblemente en una zona con goteos de agua. Ambos puntos se encuentran a media altura del hastial izquierdo.



Tubo de drenaje recogido con un parche de cuero presente en los primeros metros del túnel en su parte Boqueta.

Independientemente de las patologías comentadas que corresponde a las de mayor desarrollo e importancia podemos reconocer en el túnel otras de menor extensión. Entre ellas citaremos pequeñas grietas de poco desarrollo o abombamientos en el revestimiento que pudieran tener origen en situaciones asociadas a la construcción del mismo.

4.1.6. RESTOS DE EPOCA

De la inspección realizada se ha podido reconocer una serie de elementos que se conservan, aún, de su pasado como túnel ferroviario (tranvía Bilbao-Durango-Arratia).

A lo largo del túnel quedan restos de los elementos de electrificación de la línea. En la clave del túnel quedan los tablones de madera de los que colgaba la catenaria que era independiente para cada uno de las dos vías.

Estos tablones se anclaban al revestimiento de ladrillos mediante unos grandes tacos de madera. La pérdida o caída de estos tacos han generado desconchones en el revestimiento.

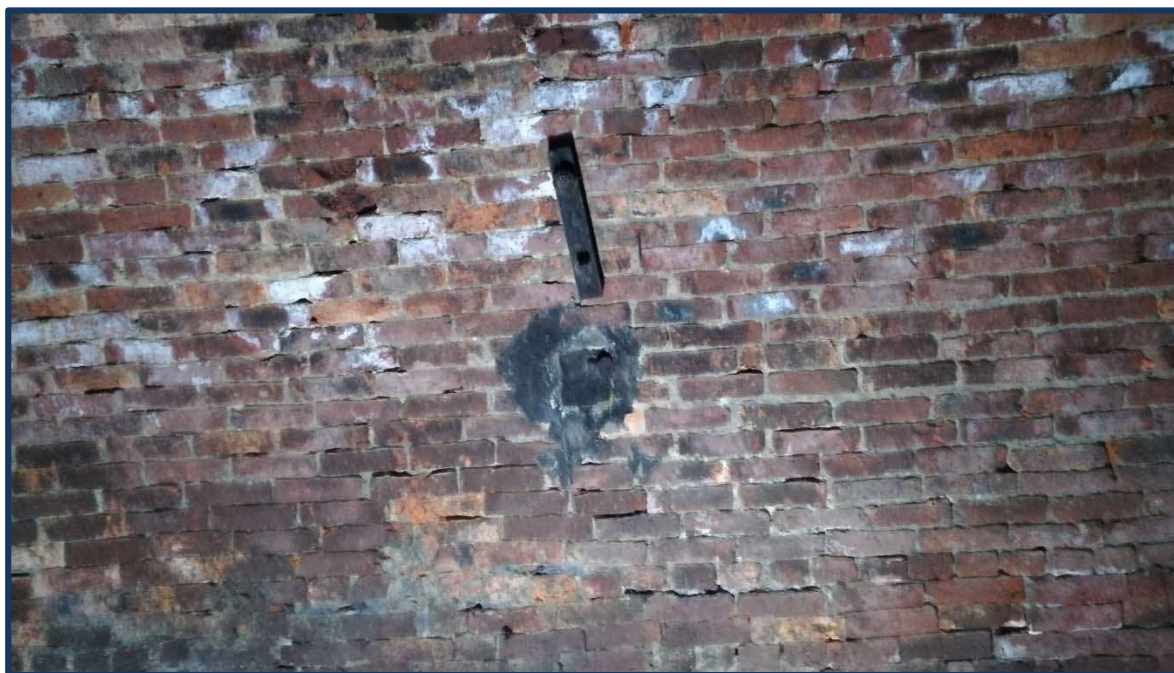


Restos de la antiguo sistema de donde colgaba la catenaria para cada uno de las dos vías.



Vista de la clave del túnel donde podemos reconocer la línea de tacos de madera que servían de anclaje de la catenaria del tranvía para ambas direcciones.

También se reconocen restos de los elementos de electrificación del túnel en los hastiales del mismo.

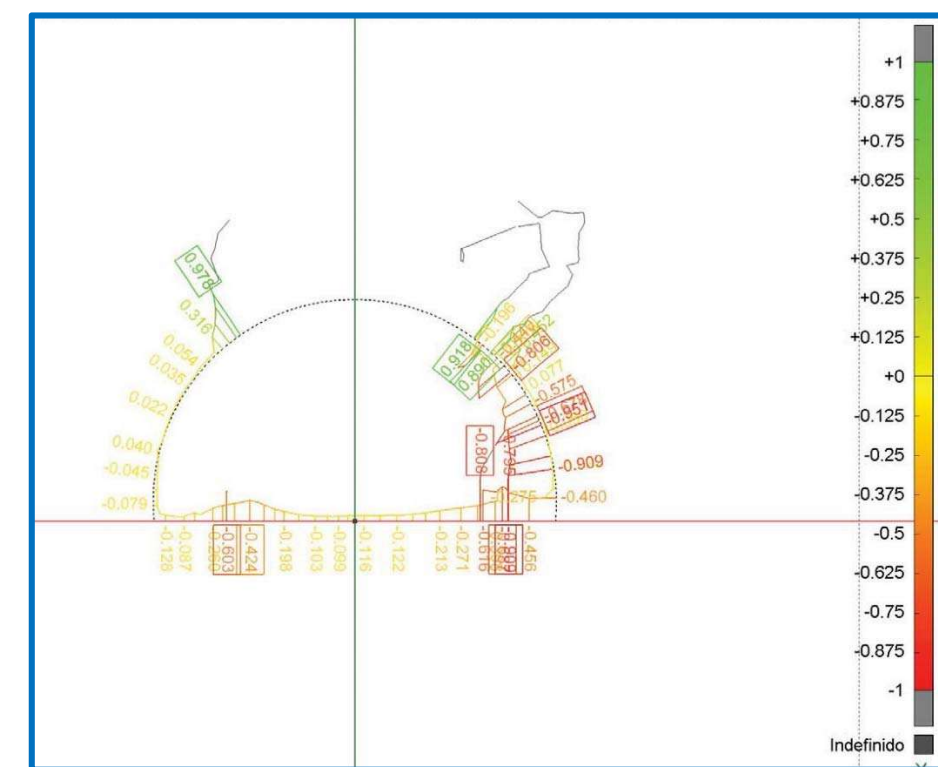


Restos del taco de madera y del soporte de la línea eléctrica situado en el hastial del túnel.

4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO-LASER SCANNER

Para poder presentar con rigor la geometría del túnel se ha realizado un levantamiento topográfico utilizando la tecnología de láser-escanner.

Los datos obtenidos se representan en forma de perfiles transversales cada metro de túnel. Posteriormente, se compara la sección real obtenida con la sección tipo teórica tomada, en este caso, en la boquilla lado Bolueta.



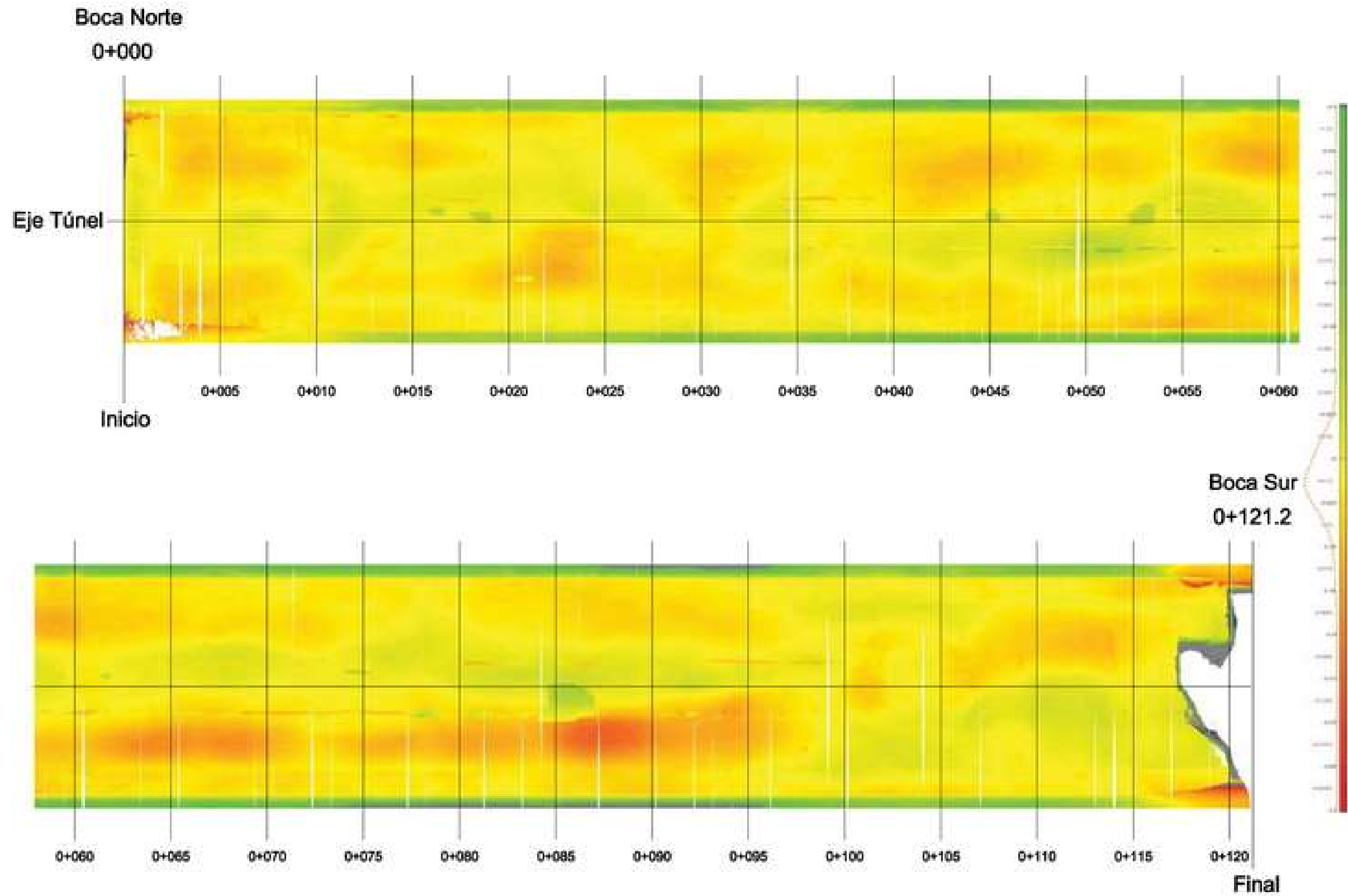
Sección de la boquilla, lado Basauri donde podemos ver en verde aquellos puntos sobreexcavados y en rojo aquellos otros que entran en sección, según se compare con la sección tipo teórica.

Los valores obtenidos de cada una de las secciones se representan en una imagen en la que se pueden reconocer las diferencias existentes entre la superficie real del revestimiento tomada con el láser-scanner y la sección teórica del túnel que podemos considerar como la sección de gálibo del mismo.

Las diferencias entre estas dos secciones (real y teórica) se representan en función de una escala de colores donde los colores más fríos (verdes) indican puntos fuera de la sección teórica, fuera de gálibo. Los colores más cálidos (rojos) representan aquellas zonas dentro de la sección teórica, es decir, dentro de gálibo. Los colores amarillentos indican concordanancias entre las secciones reales y las teóricas.

Este mapa corresponde al desarrollo general del túnel desde la parte baja de los hastiales hasta la clave, donde la parte alta del túnel se desarrolla a lo largo de la línea central del mapa.

En este plano se representa, también las zonas de las boquillas y los p.k. teóricos partiendo desde un punto 0 en el inicio del túnel en su lado Bolueta.

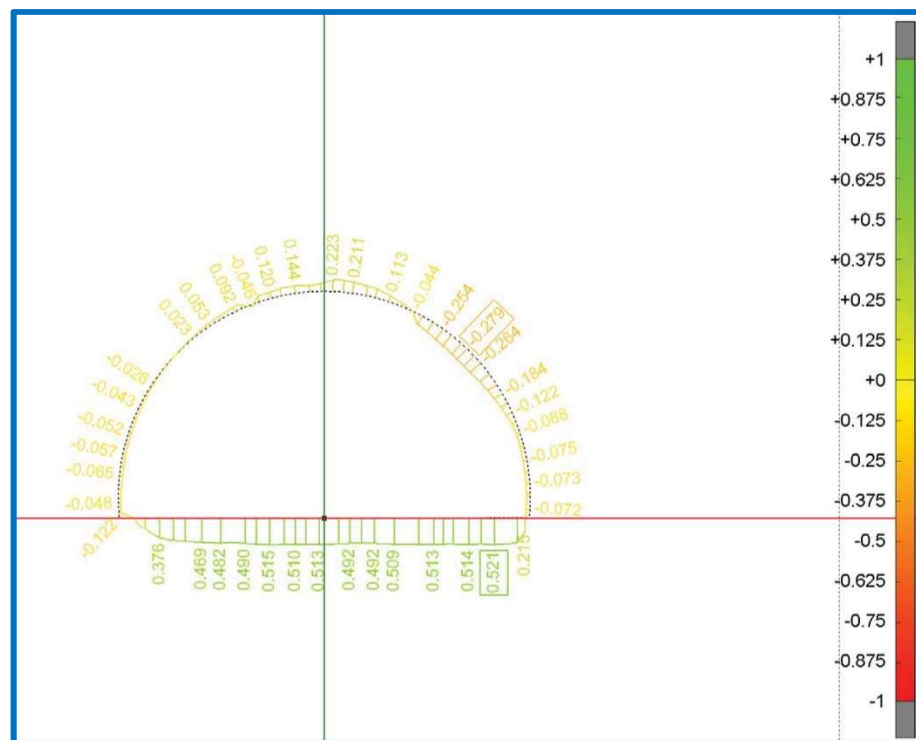


Plano abatido de la sección general del túnel con la escala gráfica que corresponde a las zonas dentro de sección y a aquellas donde ha desaparecido parte del revestimiento.

En términos generales, las zonas verdes corresponden a desconchones del revestimiento donde se han perdido parte de los ladrillos, mientras que las zonas en rojo corresponden a arreglos o parcheos realizados durante la fase de explotación del túnel. Ya hemos visto que estos arreglos no eran muy cuidadosos y no repetían las formas y distribución del aparejo original.

Del plano de planta presentado destaca por las dimensiones de las zonas fuera de sección el hastial derecho entre los p.k. 0+085 y 0+090. En esta zona las deformaciones presentan valores más importantes, como podemos ver en la sección siguiente realizada en el p.k. 0+087.

En esta sección aparece una zona dentro de sección de cerca de 30 cm. y una pérdida de revestimiento adosada de algo más de 20 cm.



Comparativa entre la sección tipo teórica y la sección real del túnel en el p.k. 0+087. Las zonas dentro de sección están marcadas en rojo mientras que las que representan pérdidas de revestimiento, en verde.

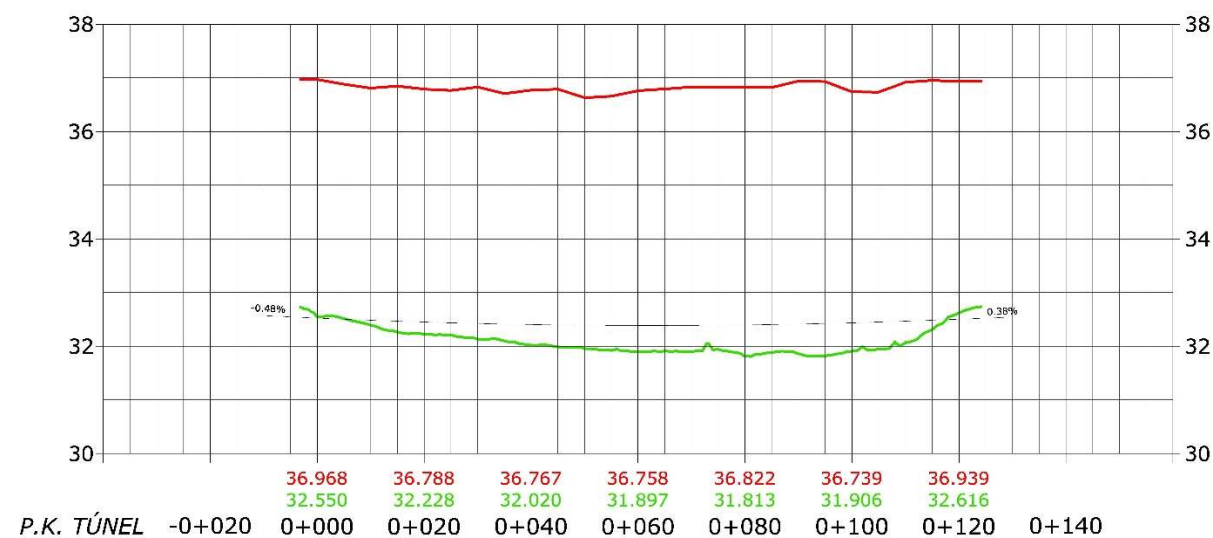
La revisión de las imágenes de alta resolución de esta misma zona nos indica la presencia de un desconchón con pérdida de la primera capa de ladrillos del revestimiento que corresponde a la zona en verde del plano de planta cerca de la clave del túnel.

Junto a esta zona con pérdida de parte del revestimiento podemos reconocer un arreglo realizado durante la explotación del túnel. Estos arreglos poco cuidadosos corresponden al área dentro de sección, marcada con tonalidades rojizas en el plano abatido de la planta del túnel.



Aspecto del revestimiento en los alrededores del p.k. 0+087. Vemos el desconchón y la pérdida de la primera capa de ladrillos del revestimiento junto a una reparación y colocación de nuevos ladrillos.

A partir de estas secciones se ha realizado un perfil general del túnel donde hemos marcado la línea de clave y la que corresponde a su actual base sobre la antigua rasante de la plataforma ferroviaria.



Perfil longitudinal del túnel. La escala vertical aparece exagerada con respecto a la horizontal.

4.3. INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

Se ha realizado un levantamiento de todo el túnel a partir de una cámara termográfica que mide la temperatura del revestimiento con una sensibilidad térmica de centésimas de grado.

La imagen termográfica busca la presencia de humedades, goteos o surgencias de agua, marcadas por la bajada de la temperatura en su entorno. A partir de esta tecnología se pueden definir la presencia de agua en la superficie del revestimiento como delimitar las zonas donde aparece agua en el trasdós del revestimiento cuando, aún, no se ha determinado su presencia en la superficie.

La característica más importante de estas imágenes térmicas no es el valor exacto de la temperatura sino el gradiente de valores que nos indican la presencia de agua y/o humedades en el revestimiento.

A continuación presentamos los valores térmicos obtenidos para la longitud total del túnel, donde las tonalidades claras (amarillo) representan las zonas más cálidas y las tonalidades oscuras representan los valores más fríos.

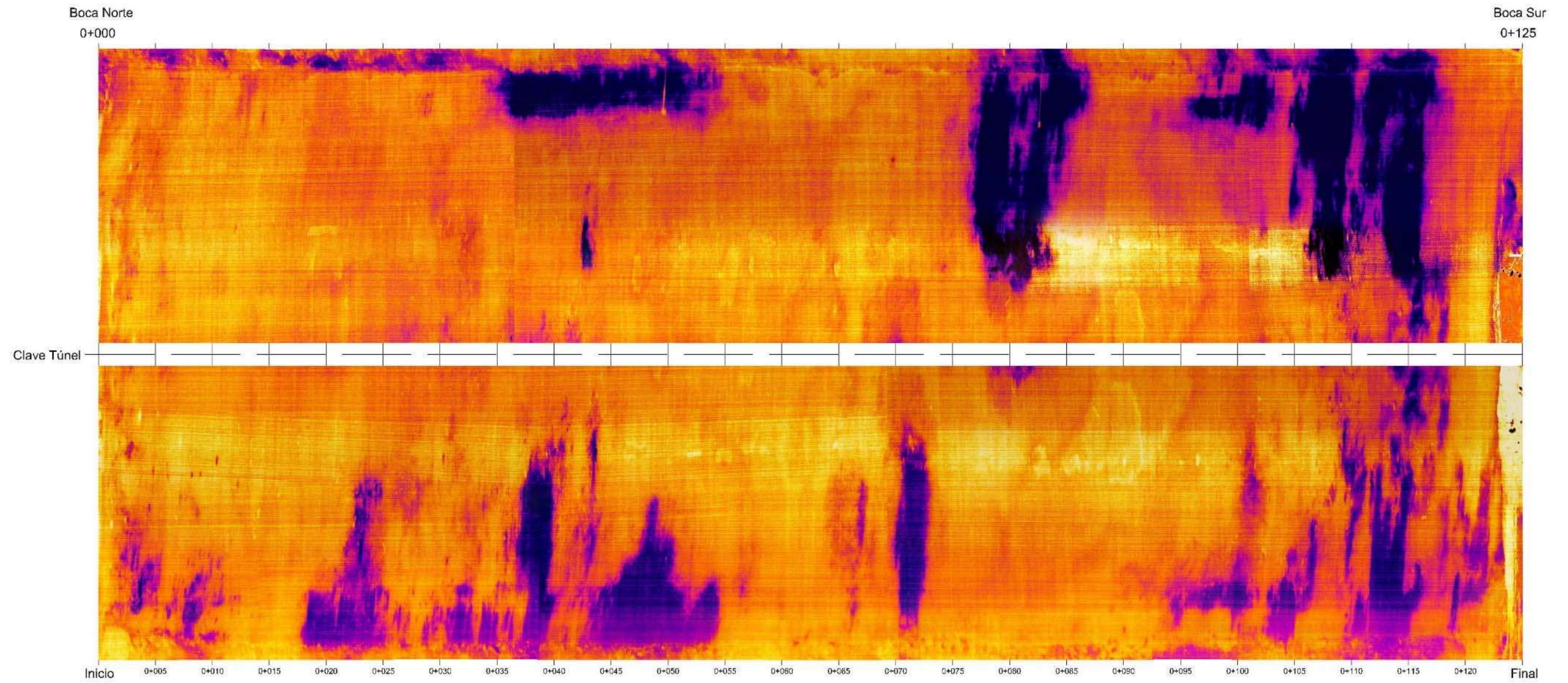


Imagen termográfica del túnel

De la comparativa entre esta imagen térmica y el resultado de las inspecciones realizadas sobre el revestimiento del túnel podemos ver que existen varias zonas donde son más significativas las humedades y goteos:

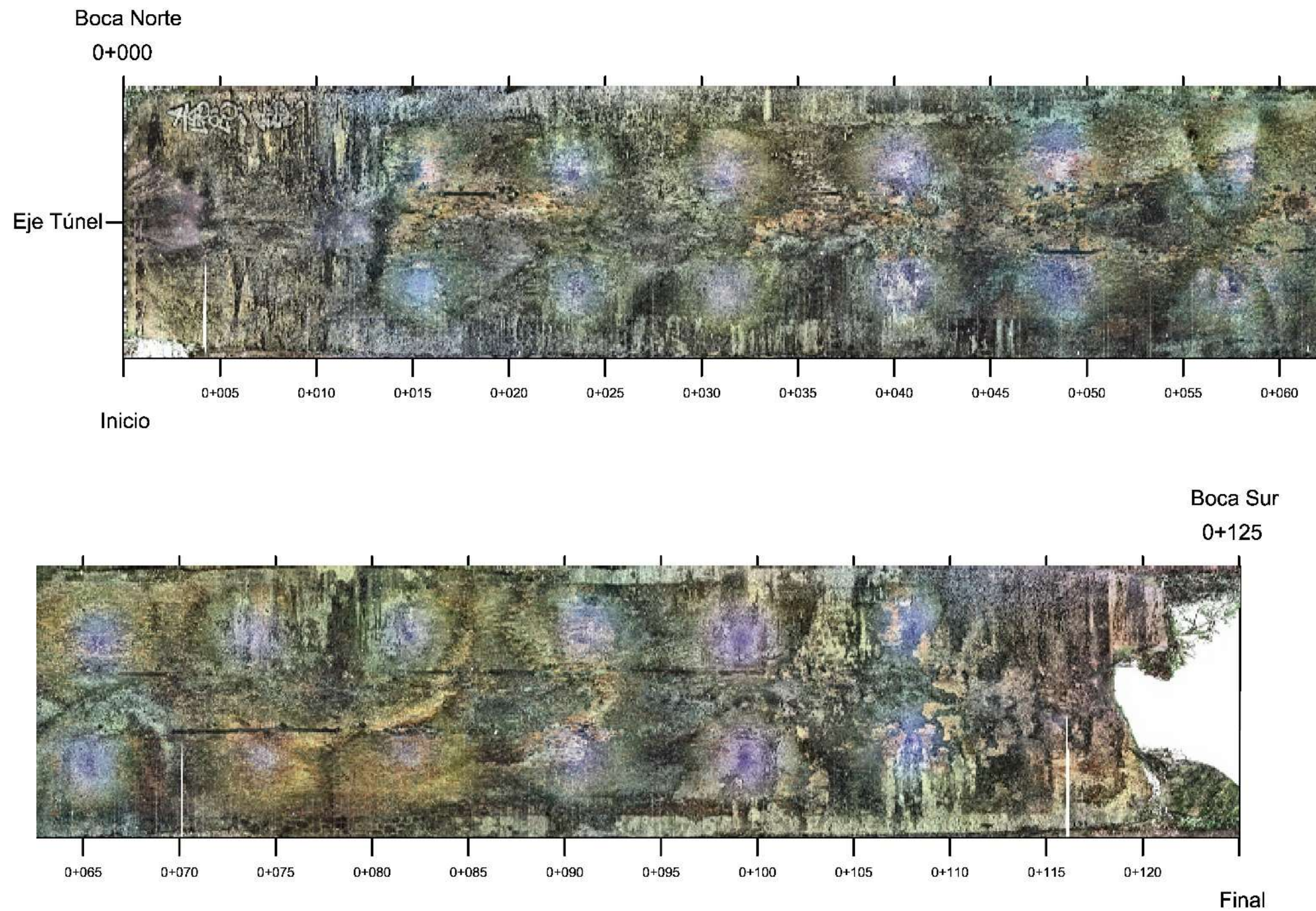
- La boquilla lado Bolueta se presenta relativamente seca ya que se encuentra, en gran parte, recubierta por concreciones calcáreas que han impermeabilizado el revestimiento y los drenajes (mechinales y huecos de los ladrillos de la parte inferior de los dos hastiales).
- A partir del p.k. 0+018 vemos la presencia de humedad en la parte baja del hastial derecho que abarca el zócalo de sillarejos y la zona de ladrillos con aparejo a soga y tizón. Esta zona de alta humedad se continúa más o menos constante hasta el p.k. 0+051.
- El hastial izquierdo se presenta más seco, iniciándose la parte húmeda en la base del hastial desde los alrededores del p.k.0+036 hasta 0+055.
- La clave en este primer tramo aparece relativamente seca hasta los alrededores del p.k. 0+040 donde podemos ver, en la imagen termográfica, una disminución de su temperatura junto a la presencia de goteos y pequeños flujos observados en la inspección del túnel.
- El siguiente tramo que corresponde a la zona central del túnel se presenta relativamente seco. Esta zona se desarrolla entre el p.k. 0+055 hasta 0+095. En este tramo es donde se concentran los goteos puntuales que se han reconocido en la inspección del túnel. Son más frecuentes en el p.k. 0+065 al 0+070 en el hastial derecho y entre los p.k. 0+075 y 0+080 en el hastial izquierdo. Estas zonas con goteos cercanos a la clave se extienden por los hastiales hasta la cota de la plataforma.
- Por último, la zona de la boquilla del lado Basauri se presenta con alta humedad tanto en la imagen termográfica como en la inspección realizada.
- Las humedades presentes en la boquilla lado Basauri parece más abundante en el hastial izquierdo, posiblemente por la mayor presencia de concreciones asociadas al hastial derecho.

4.4. FOTOGRAFIA DE ALTA RESOLUCIÓN

Simultáneamente al levantamiento topográfico del túnel se ha realizado un reportaje fotográfico del mismo gracias a una cámara de alta definición (HD). El solape de las imágenes obtenidas permite generar un bloque continuo y rectificado a todo lo largo del eje del túnel.

Corresponde a una imagen esférica de 360° que abarca desde la clave hasta la plataforma de rodadura y para cada hastial de forma independiente.

La alta calidad de esta serie fotográfica nos permite definir la presencia de cualquier pequeño detalle que hubiese pasado desapercibido en las inspecciones visuales realizadas en el túnel.



Mosaico perteneciente al túnel de El Boquete formado por el solape de la serie de fotografías de alta resolución tomadas en el mismo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo del presente informe se ha analizado la situación actual del túnel ferroviario de El Boquete que formaba parte de la plataforma del antiguo tranvía de Bilbao-Durango-Arratia con objeto de su posible nueva puesta en servicio como parte de la vía peatonal y/o ruta ciclable que se proyecta acondicionar entre las localidades de Basauri y Bolueta (Bilbao).

Se trata de un túnel excavado a principio de 1900 de una longitud total de 121 metros, 8 metros de ancho y 4,50 metros de gálibo por el que discurría el tranvía de Arratia de doble vía.

El presente análisis se ha basado en las inspecciones realizadas que hemos plasmado en varios planos correspondientes a:

- Inspección de patologías.
- Inspección de gálibos
- Inspección termográfica
- Inspección y análisis con fotografía de alta resolución (HD).

Como conclusión principal, se destaca que el túnel de El Boquete se encuentra en aparente buen estado estructural si tenemos en consideración que fue construido hace más de 100 años y que se encuentra abandonado y sin ningún tipo de mantenimiento desde 1964 cuando deja de dar servicio el tranvía de Bilbao-Durango-Arratia.

En los últimos años, se ha empleado el túnel y parte del trazado del tranvía como plataforma para instalar el trazado del ramal Basauri-Bolueta de la red de gasoductos de Euskadi.

No obstante, presenta pequeños problemas de humedades, patologías del revestimiento y, sobre todo, la ruina de la boquilla y los tres primeros metros del túnel desde la boca de entrada del lado de Basauri.

Estructuralmente el túnel se encuentra en un estado aceptable, con patologías leves en zonas localizadas. Dichas patologías están asociadas a la pérdida de parte de la primera capa del revestimiento de ladrillos. En general, la principal deficiencia observada en los elementos de revestimiento se corresponde con los tramos donde encontramos los tacos y

tablones de madera de donde se sujetaba la línea eléctrica de las catenarias de ambas vías.

Tras el abandono del túnel, estos elementos se deterioraron y acabaron cayendo al suelo lo que generó, también, la caída de los ladrillos que formaban la primera capa del revestimiento.

Para acondicionar el túnel sería necesario, como primer paso, la retirada de los restos de los soportes de la catenaria, tanto en clave como en los hastiales. Posteriormente, sería necesario revisar el estado en el que se encuentran los tacos de madera por si fuese necesaria su retirada en el caso de que amenazasen con su caída.

Como segundo paso, y antes de acometer cualquier medida de estabilización, sería conveniente la limpieza superficial del revestimiento del túnel. En estos momentos encontramos amplias zonas con concreciones calcáreas (ambas boquillas), eflorescencias blanquecinas de sales solubles y costras de color oscuro.

Tras la limpieza del revestimiento se puede reconocer más claramente las zonas donde el revestimiento precisa de su saneo y reposición.

Una vez definidas las áreas donde se ha desprendido parte del revestimiento es necesaria su preposición con seguridad. En este caso se pueden utilizar ladrillos de parecido aspecto y colocados con el mismo tipo de aparejo con el fin de asemejarlos al revestimiento colocado en origen.

En el caso de no ser adecuada la reposición con ladrillos se puede rellenar estas patologías con hormigón que necesitaría un color, una textura y un dibujo que lo asemejase al aparejo original.

A lo largo del túnel hay zonas que aparecen dentro de sección. Esta situación puede estar generada en origen por una deficiente colocación del revestimiento o por patologías posteriores. En este segundo caso pueden estar originadas por reparaciones poco cuidadosas en período de explotación del túnel o por deformaciones del revestimiento de ladrillos. Convendría analizar estas zonas dentro de sección por si fuesen generadas por esta última situación ya que requerirán actuaciones más profundas.

La segunda situación a tener en consideración es la presencia de humedades y de ligeros goteos a lo largo de todo el túnel.

No hemos observado flujos o importantes aportaciones de agua al túnel, pero hay que considerar que las inspecciones se realizaron en un período de escasa pluviometría por lo que en época invernal podrán aparecer humedades en zonas que se encuentran en la actualidad seca. No obstante, no se han reconocido dentro del túnel ni en el revestimiento de ladrillos situaciones que nos indiquen la presencia de grandes flujos estacionales de agua.

Tras la limpieza del revestimiento de las concreciones y florescencias se deberá sanear y recuperar el drenaje original del trasdós del paramento de ladrillos.

Originalmente, el drenaje del revestimiento se realizaba a partir de dos elementos numerosamente presentados en el túnel: mechinales y huecos en los ladrillos.

Los mechinales aparecen distribuidos de forma muy heterogénea en el túnel. Son más frecuentes en las zonas de boquilla y en hombros y parte inferior de los hastiales. Se trataría de elementos discretos que se colocarían en las zonas donde, durante la excavación del túnel, se observaría la presencia de agua en el macizo rocoso.

Existen otro tipo de mechinales que aparecen sistemáticos en la parte media de los hastiales y separados entre sí de forma pautada.

Por otro lado, la parte inferior de los hastiales es drenada a partir de la colocación de los ladrillos de revestimiento a soga y tizón. Estos ladrillos presentan dos huecos redondos a lo largo de toda su longitud lo que permite el paso del agua desde el macizo rocoso hasta la superficie del revestimiento.

Este revestimiento se coronó con una fila de ladrillos a tizón por encima de esta zona mixta lo que permite el drenaje general de la parte baja de los hastiales.

En la actualidad estos huecos en los ladrillos y los mechinales se presentan colmatados y llenos de suciedad y costras por lo que sería necesario su limpieza profunda con el fin de recuperar su función original.

De esta manera se podría tener drenado el trasdós del revestimiento en su parte de hastiales y hombro.

La clave del túnel presenta menos problemas de agua y la presencia de goteos se reduce a zonas muy puntuales. En este caso es necesario recoger estas zonas con abundante agua y su encauzamiento hasta la parte baja de los hastiales donde se deberá construir el drenaje general del túnel.

Otro elemento que necesitaría actuación es la solera del túnel. En la actualidad se encuentra con rellenos y restos vertidos con escombros, basura, etc. Convendría la retirada de este material hasta la cota de la plataforma original.

Para acometer esta labor hay que tener en cuenta la presencia de la conducción del gasoducto que discurre por el hastial izquierdo. Todas las obras en el piso del túnel deberán de seguir las precauciones, metodologías y recomendaciones indicadas por el explotador de esta conducción de gas.

Una vez alcanzada la cota de la plataforma se colocará la nueva base del bidegorri y se construirá el drenaje del túnel que deberá sacar de forma controlada el agua de infiltración recogida en el interior del mismo.

El drenaje será imprescindible en ambos hastiales y se conectará con el drenaje general del bidegorri.

Otro elemento que requiere una actuación es la boquilla del lado Basauri. En la actualidad ha perdido la clave y parte del hastial en sus primeros tres metros. Es necesario la reposición de este elemento de forma similar al aparejo original. Un primer anillo de sillares y el resto formado por un revestimiento de ladrillos.

Un primer momento requiere la retirada de los árboles (higueras) que han crecido en el paramento de las aletas de la boquilla. Las raíces de estos árboles han contribuido a inestabilizar el conjunto que ha llegado a caer.

Tras la retirada de los árboles y de sus raíces convendría hacer un análisis pormenorizado del estado actual de los elementos de la boquilla que aún se mantienen en su sitio.

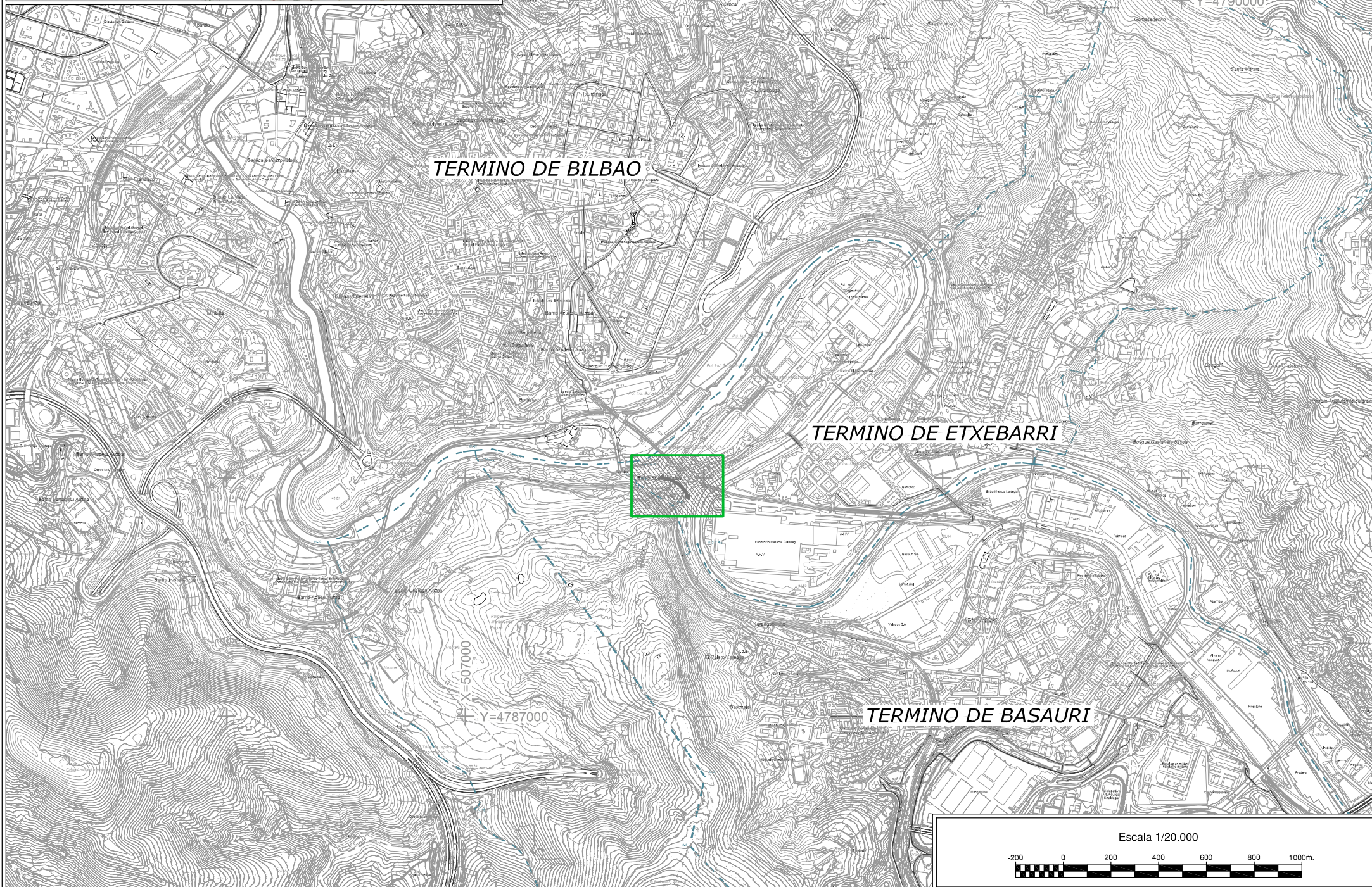
De esta manera se puede precisar qué partes se pueden reutilizar en la nueva boquilla y cuáles son las que requieren su retirada y demolición, debido al estado de ruina que pueden presentar.

Se puede colocar la nueva boquilla en el mismo sitio que la original o retranquearla hacia el interior del túnel los tres metros de falso túnel que presenta y que han sido los que se han desplomado. La presencia de esta zona en voladizo y el murete de sillares que lo coronaban servían de retención de posibles caídas de piedras o ramas desde la ladera de la boquilla hasta la plataforma del tranvía.

El resto de actuaciones que serán necesarias para el acondicionamiento del túnel serán de menor cuantía y no estarán relacionadas con la integridad estructural del mismo.

APÉNDICES

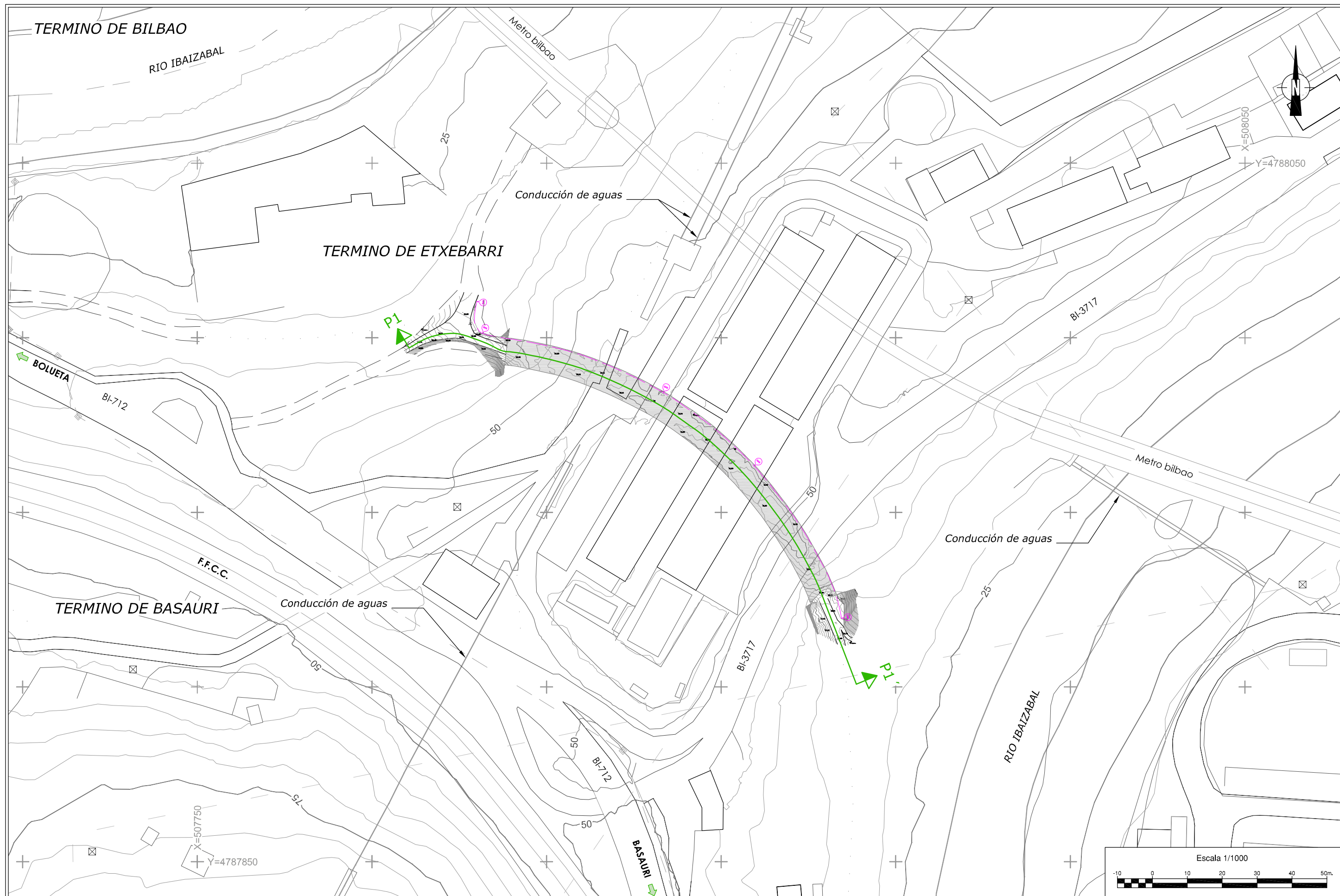
Apéndice 1 Planos



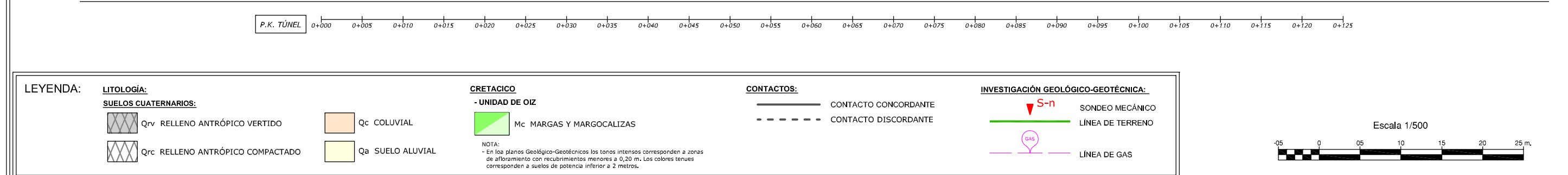
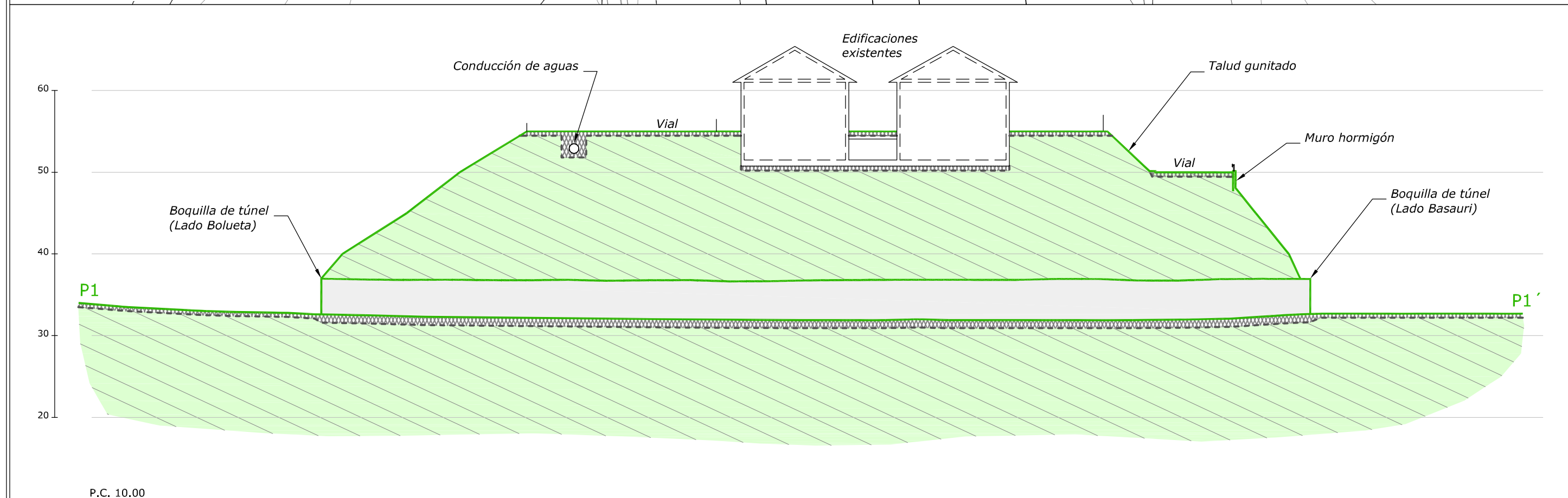
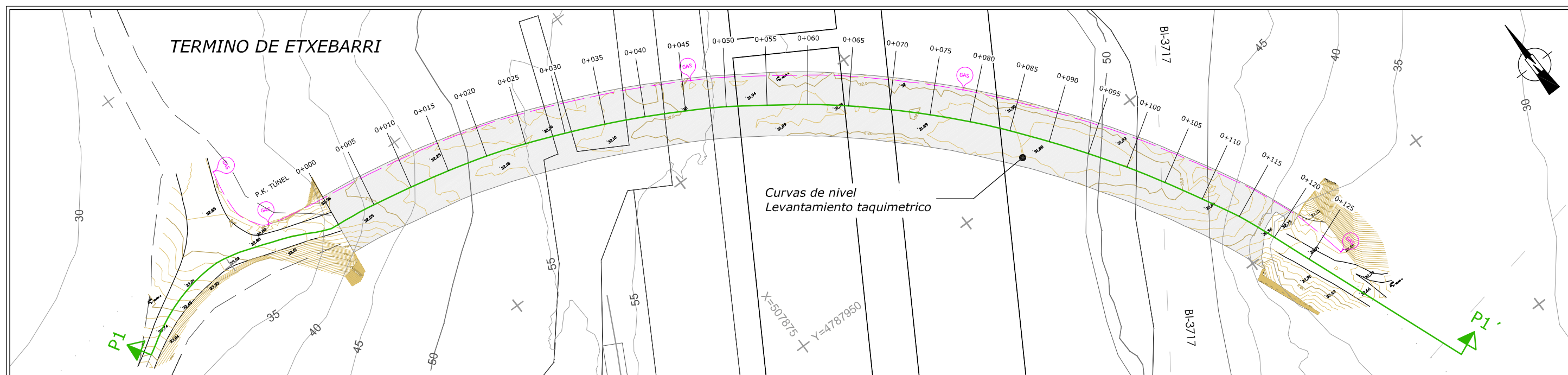
F I G U R A S

1.1.- SITUACIÓN E ÍNDICE	1 hoja
1.2.- PLANTA GENERAL DEL TÚNEL	1 hoja
1.3.- PERFILES	
1.3.1.- PERFIL LONGITUDINAL	1 hoja
1.3.1.- PERFILES TRANVERSALES	5 hoja
1.4.- INSPECCIÓN DE GÁLIBOS	1 hoja
1.5.- INSPECCIÓN DE PATOLOGÍAS	5 hoja
1.6.- INSPECCIÓN FOTOGRAFÍA ALTA RESOLUCIÓN	5 hoja
1.7.- INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA	1 hoja

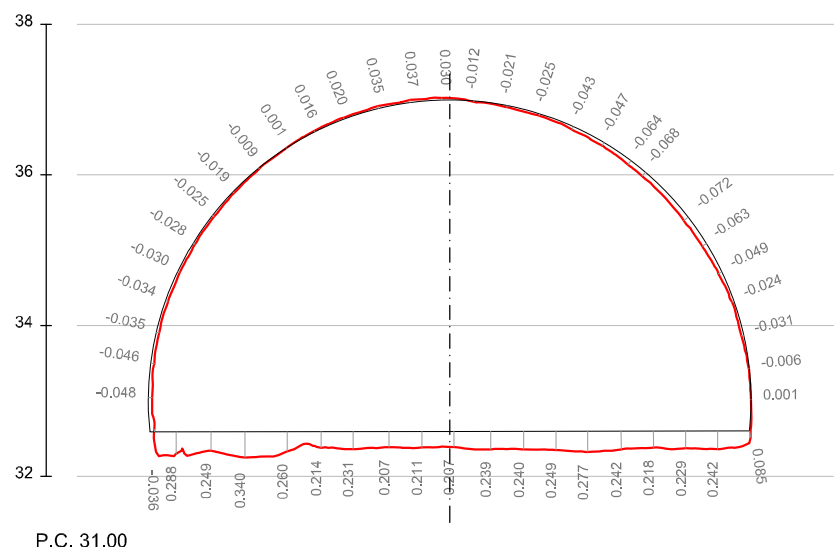
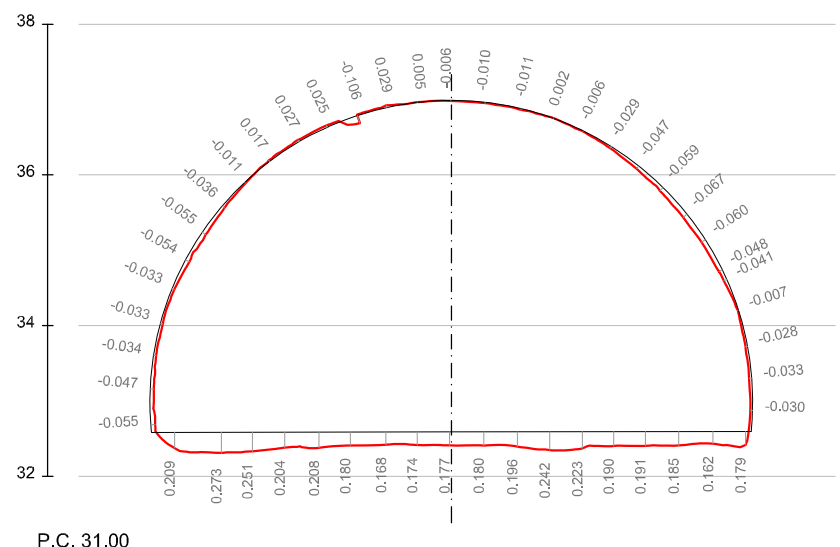
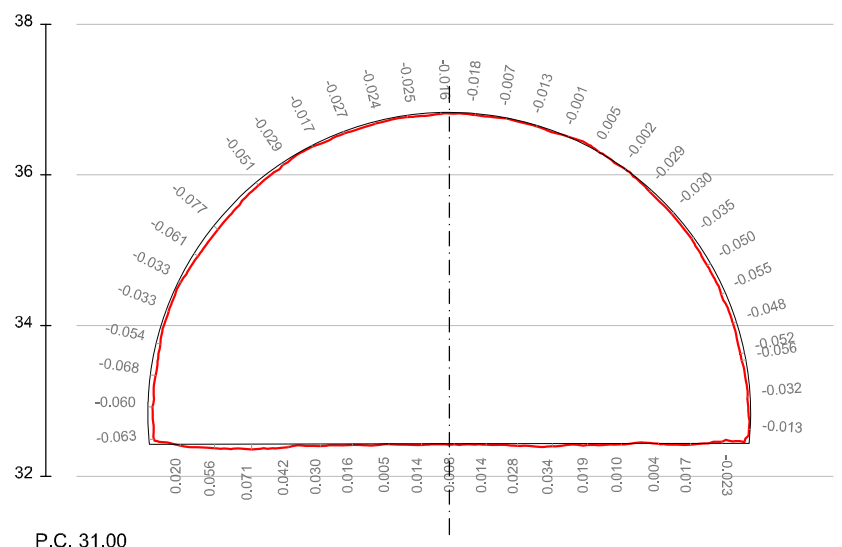
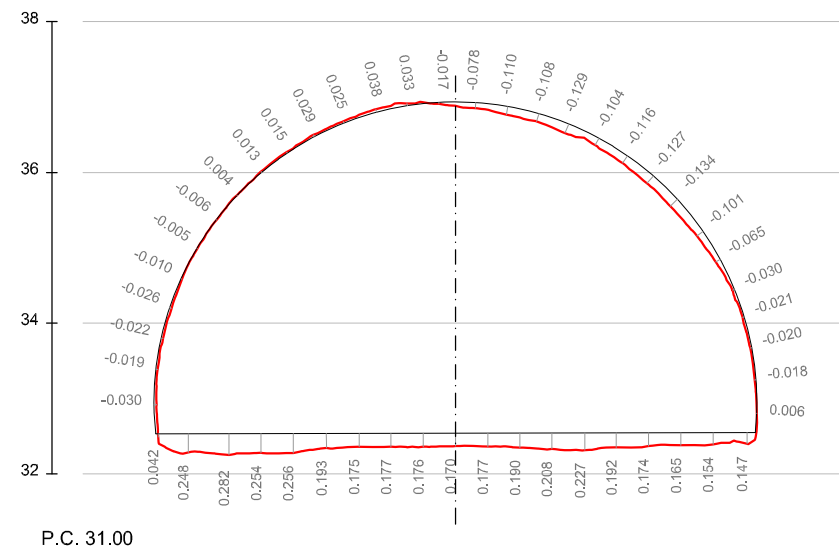
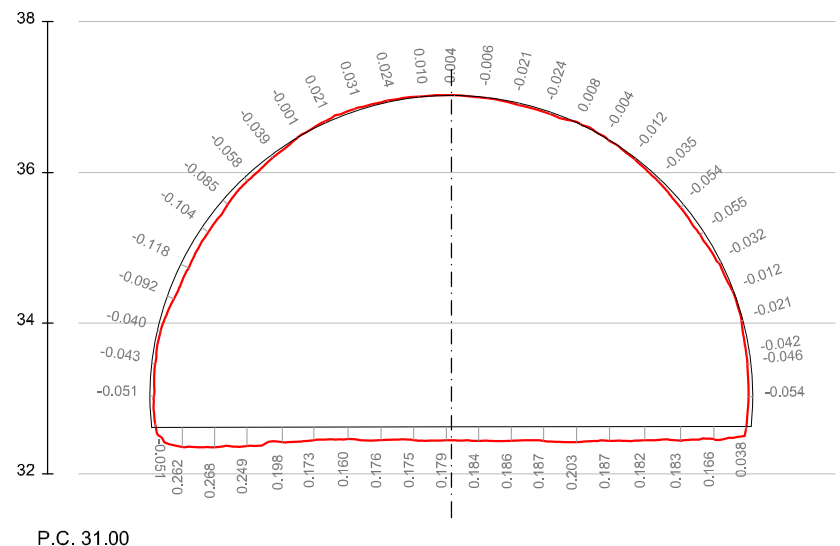
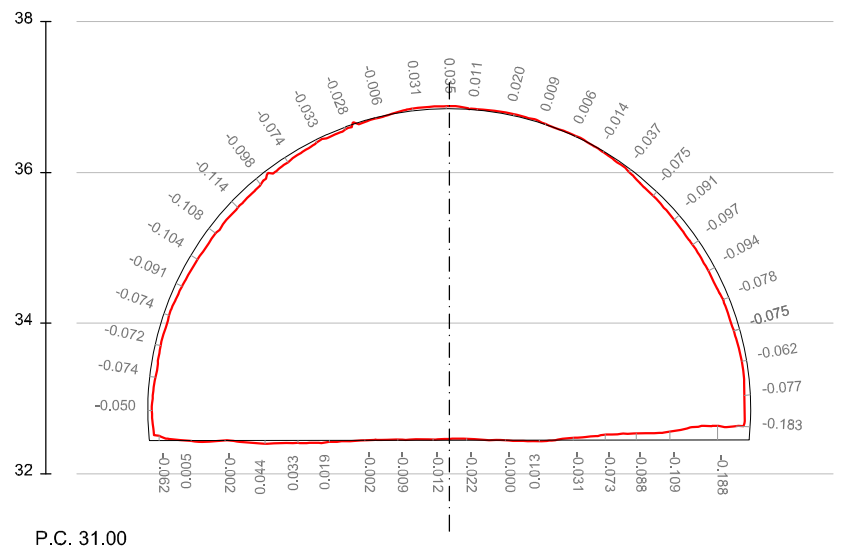
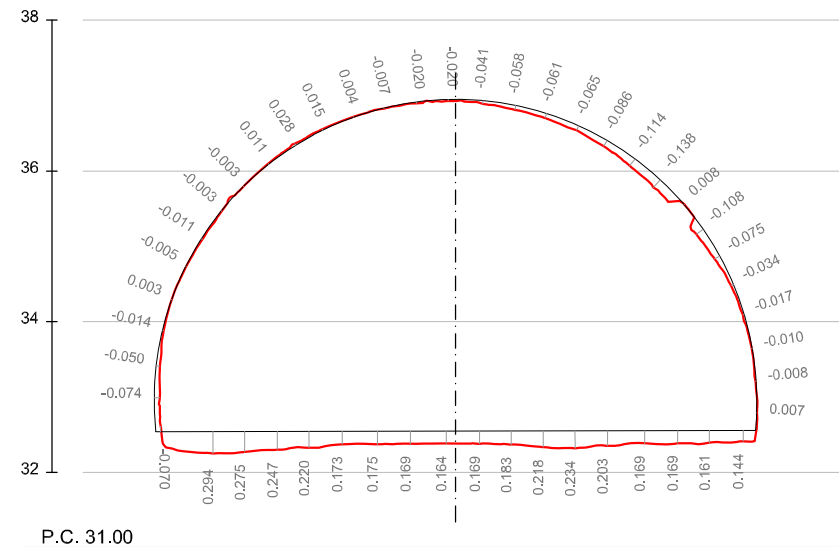
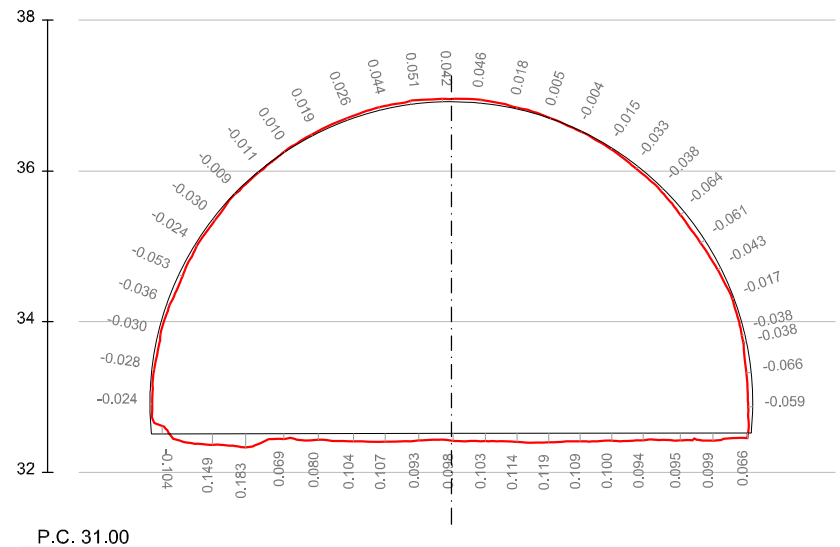
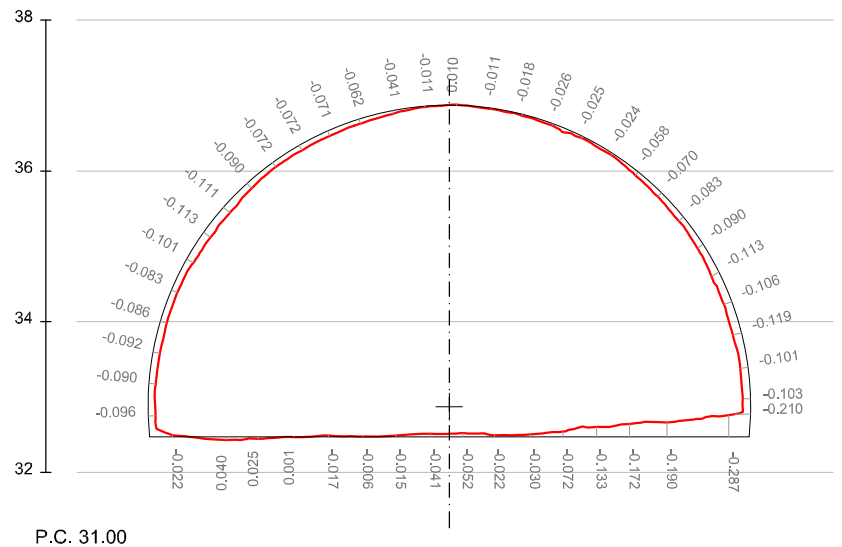
Apéndice 1.1 Plantas



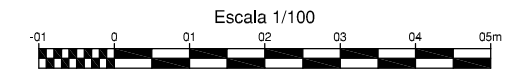
Apéndice 1.2 Perfil longitudinal

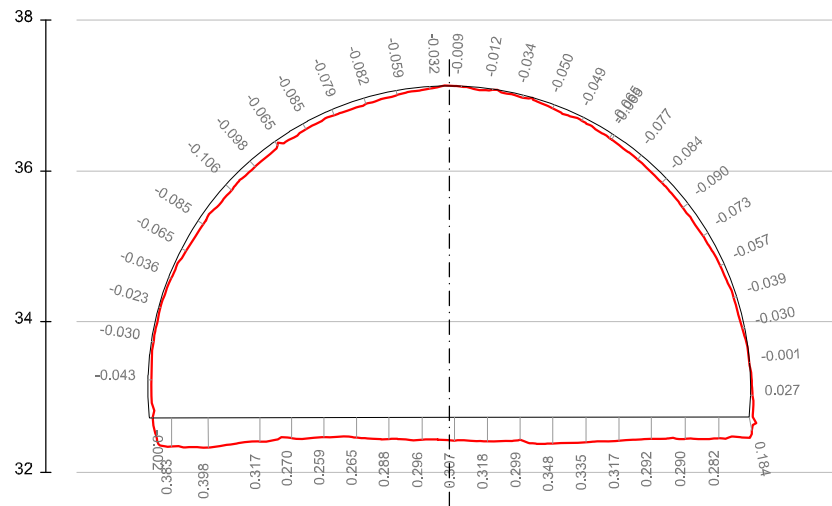


Apéndice 1.3 Perfiles transversales



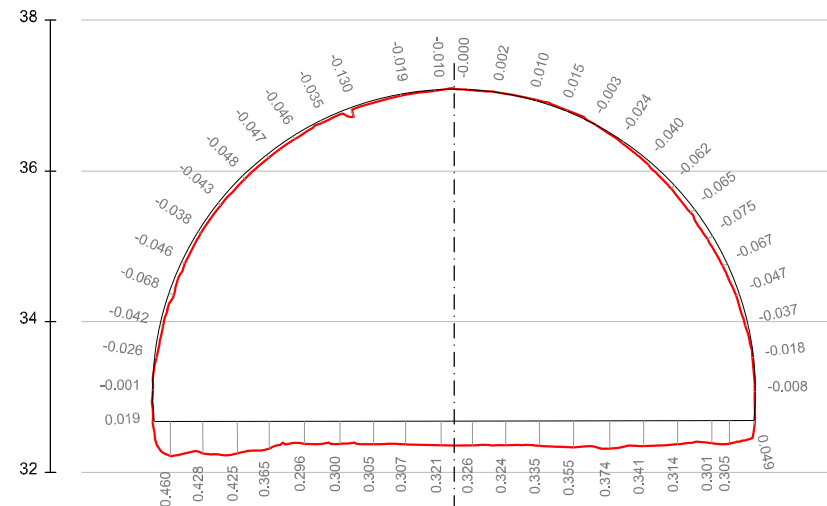
LEYENDA:
—— Sección tipo
—— Sección real





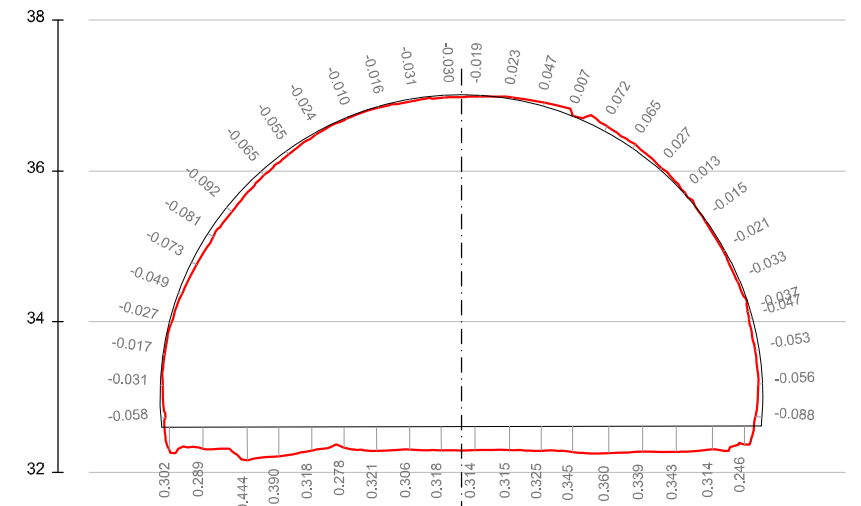
P.C. 31.00

P.K. 30,000
Z=32.428



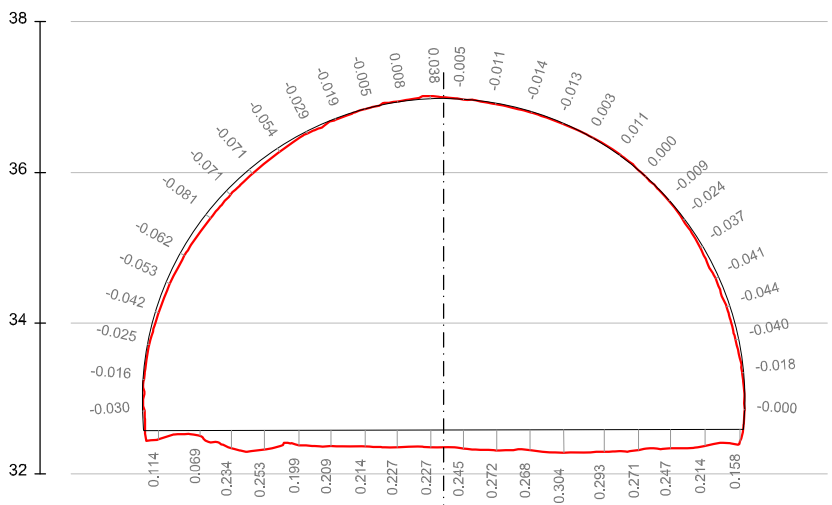
P.C. 31.00

P.K. 39,000
Z=32.355



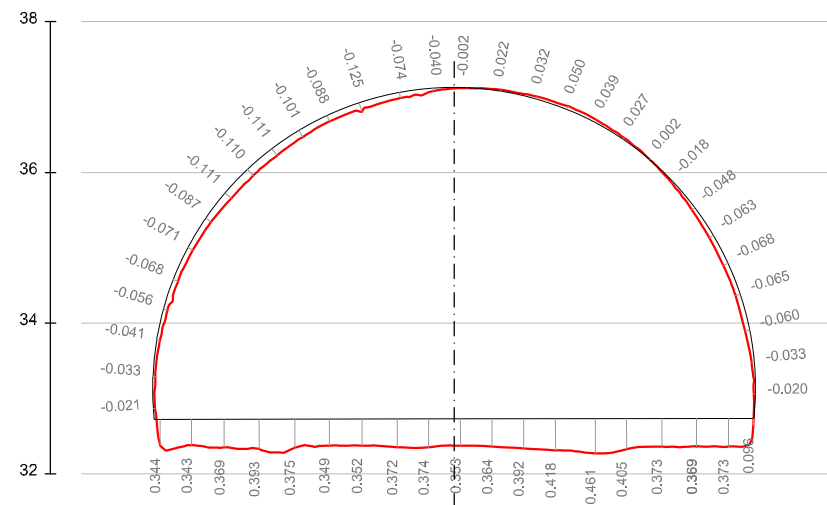
P.C. 31.00

P.K. 48,000
Z=32.291



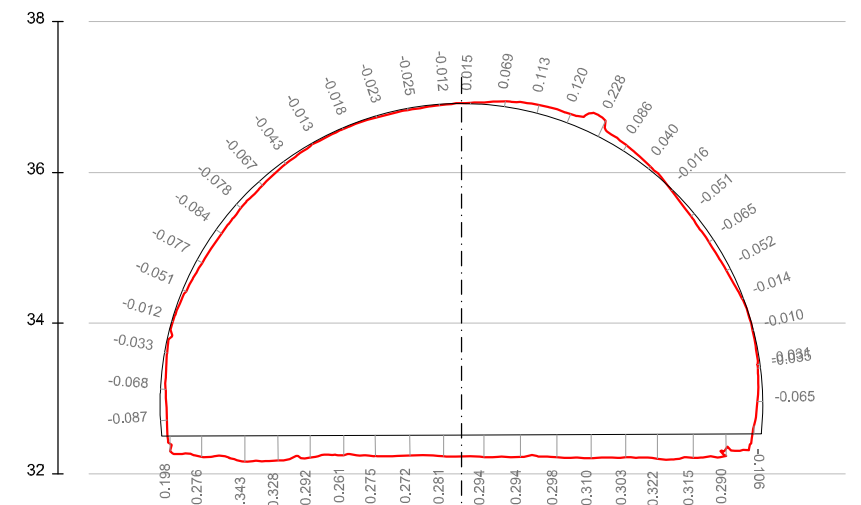
P.C. 31.00

P.K. 33,000
Z=32.355



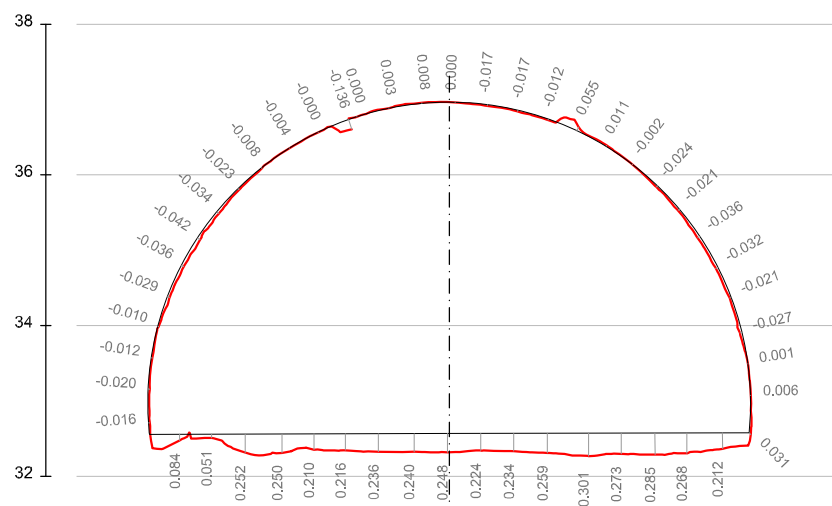
P.C. 31.00

P.K. 42,000
Z=32.376



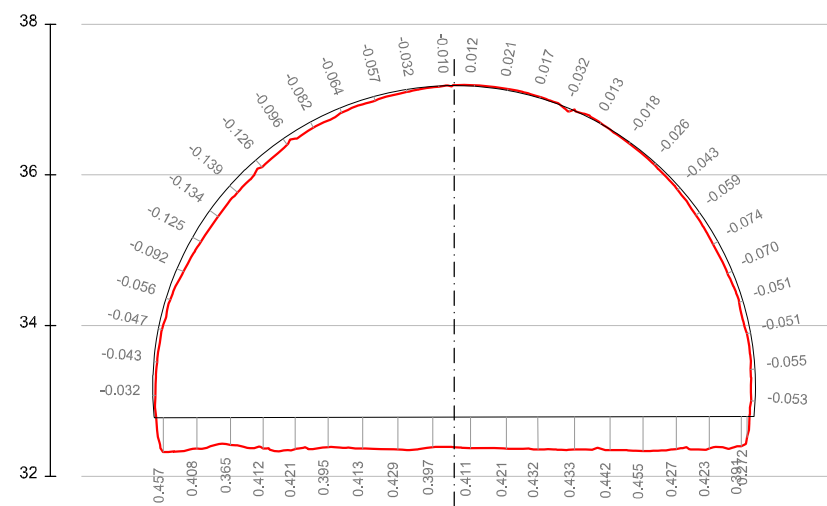
P.C. 31.00

P.K. 51,000
Z=32.233



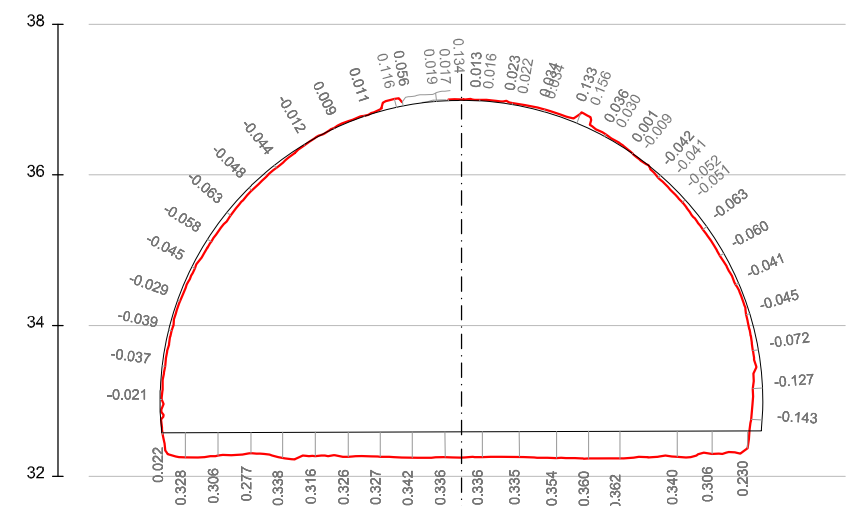
P.C. 31.00

P.K. 36,000
Z=32.319



P.C. 31.00

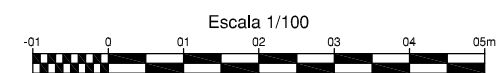
P.K. 45,000
Z=32.388

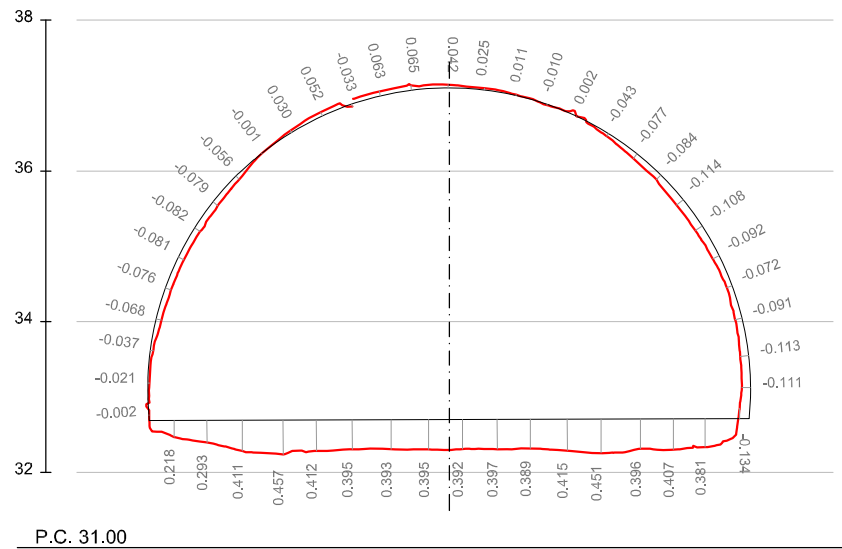


P.C. 31.00

P.K. 54,000
Z=32.250

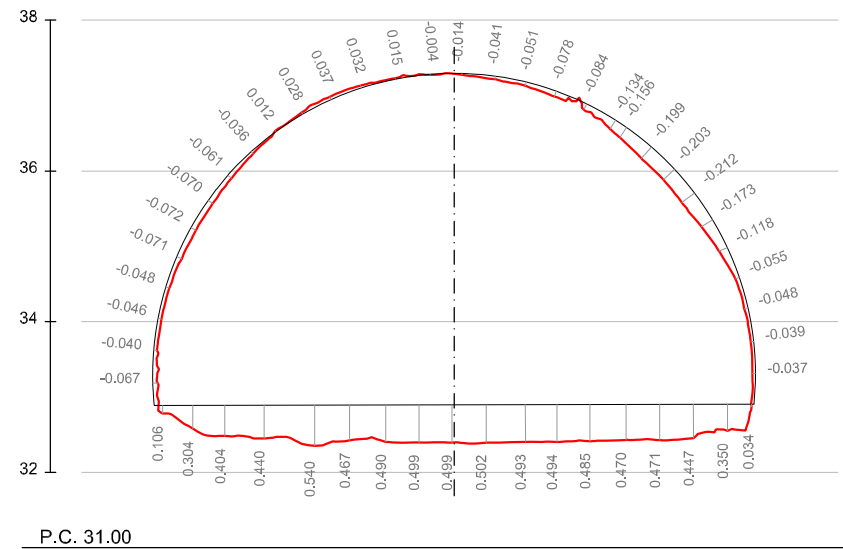
LEYENDA:
— Sección tipo — Sección real





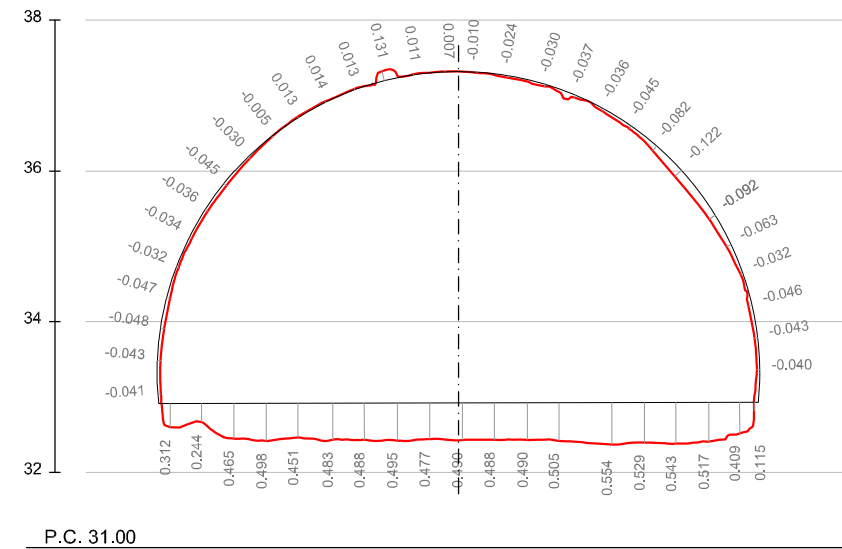
P.C. 31.00

P.K. 57.000
Z=32.297



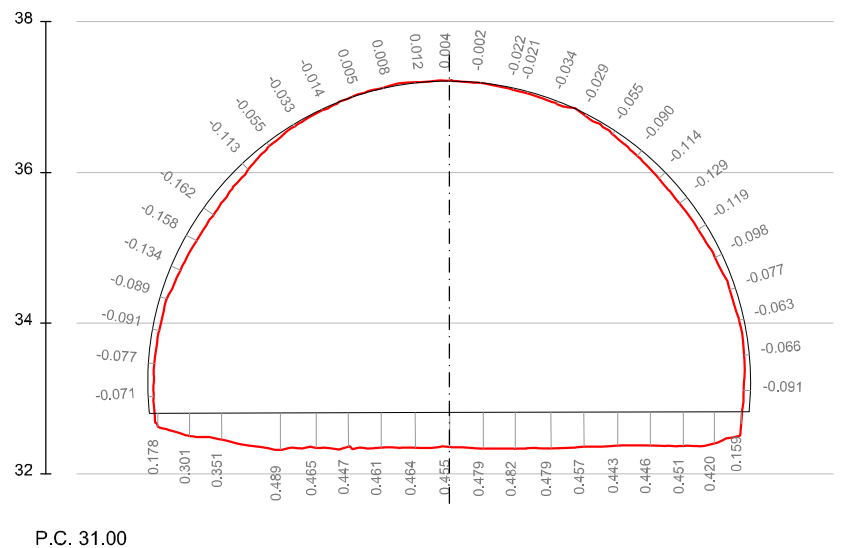
P.C. 31.00

P.K. 66.000
Z=32.399



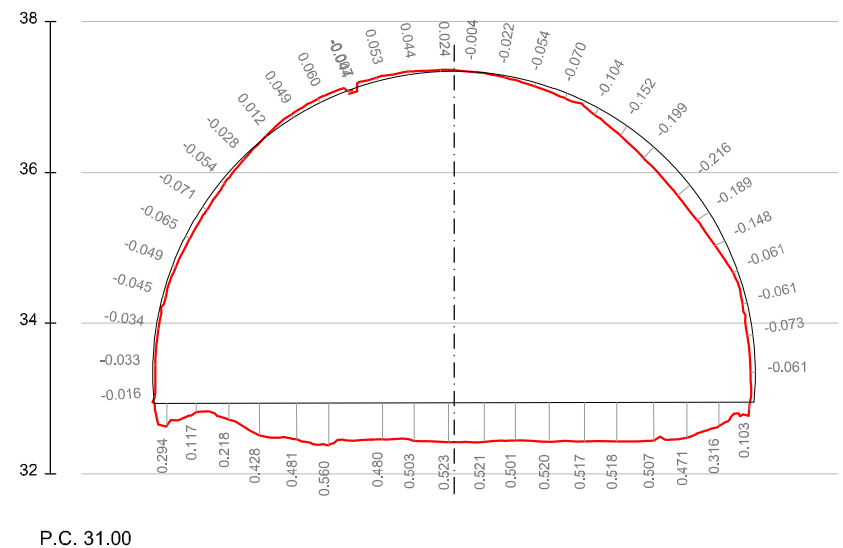
P.C. 31.00

P.K. 75.000
Z=32.427



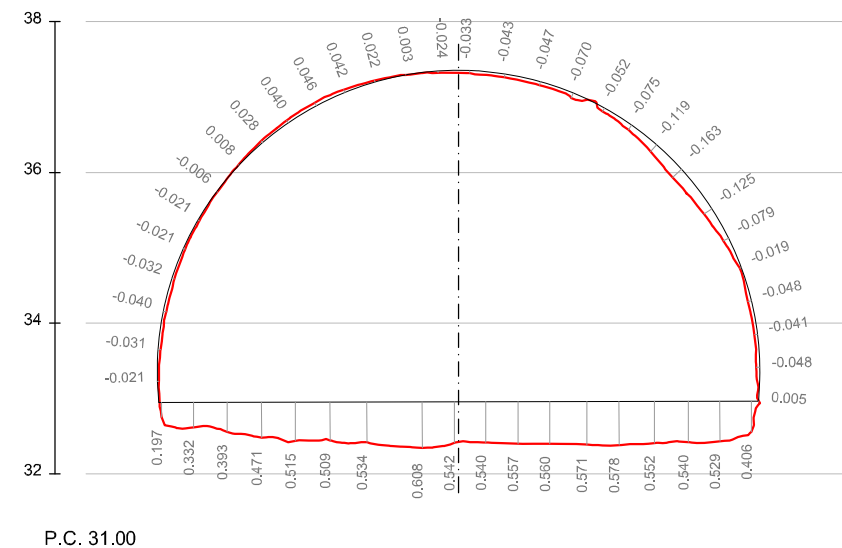
P.C. 31.00

P.K. 60.000
Z=32.359



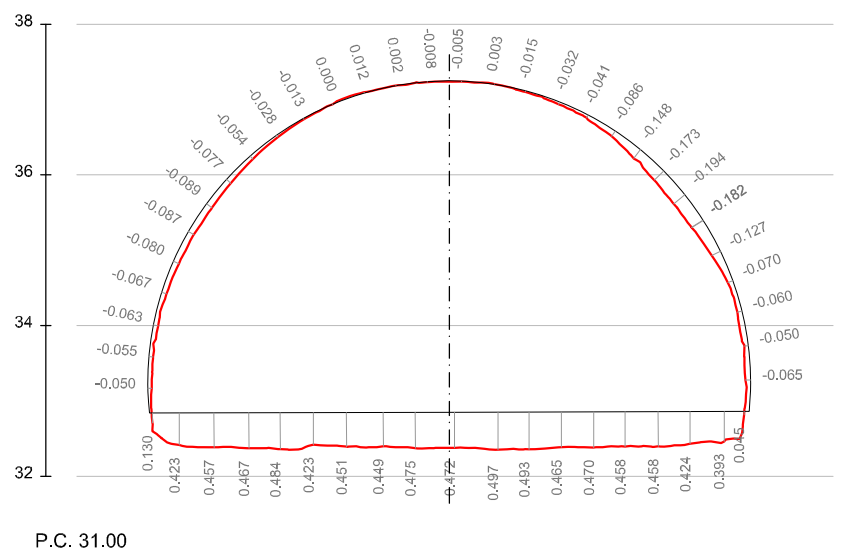
P.C. 31.00

P.K. 69.000
Z=32.421



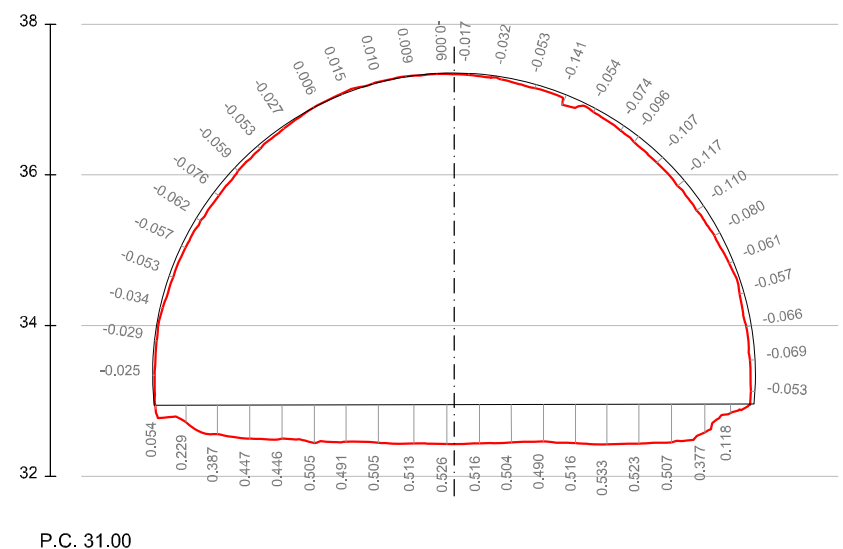
P.C. 31.00

P.K. 78.000
Z=32.424



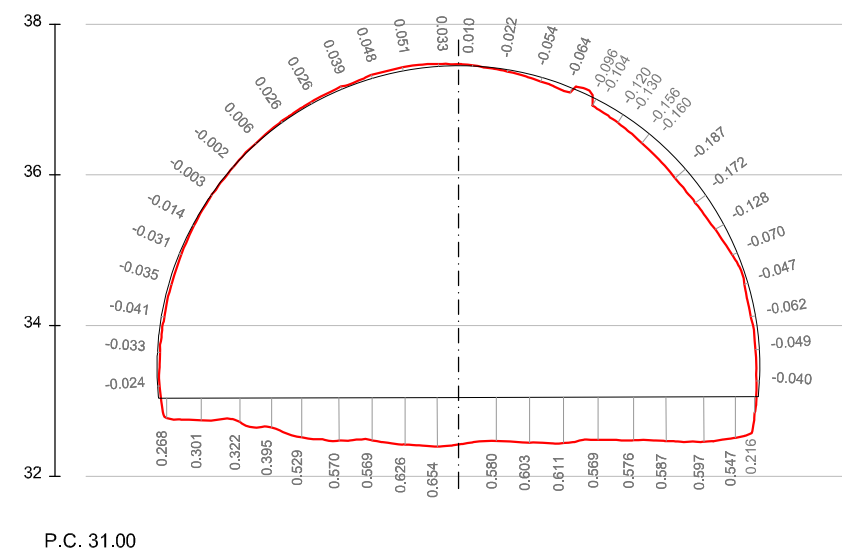
P.C. 31.00

P.K. 63.000
Z=32.378



P.C. 31.00

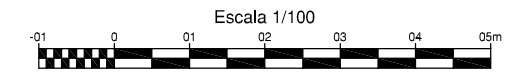
P.K. 72.000
Z=32.428

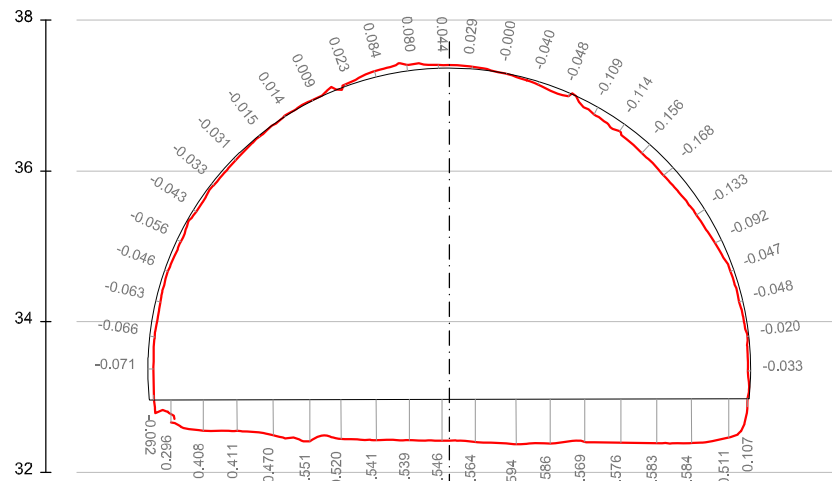


P.C. 31.00

P.K. 81.000
Z=32.422

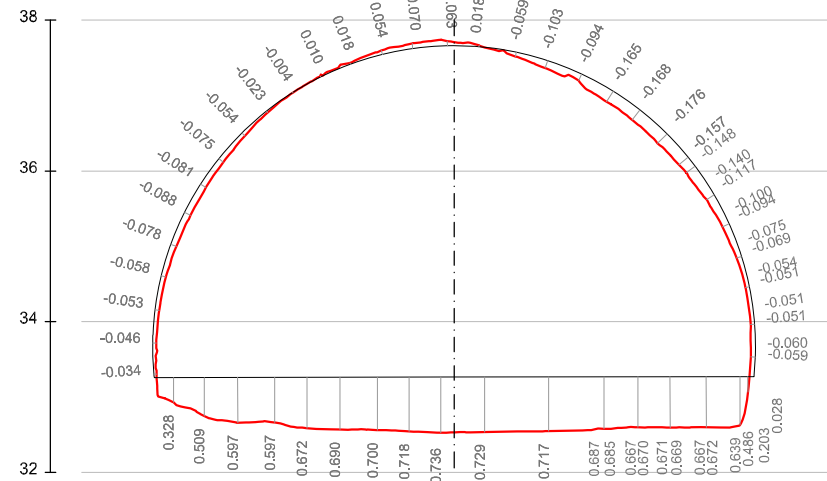
LEYENDA:
Sección tipo
Sección real





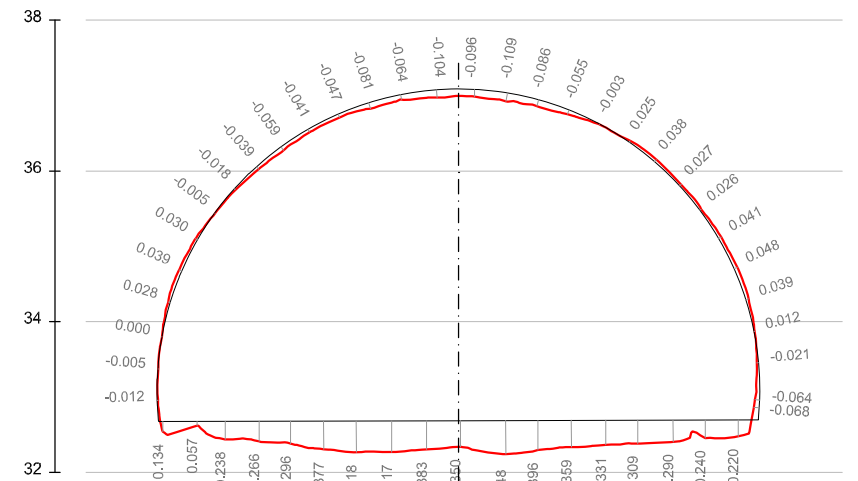
P.C. 31.00

P.K. 84.000
Z=32.421



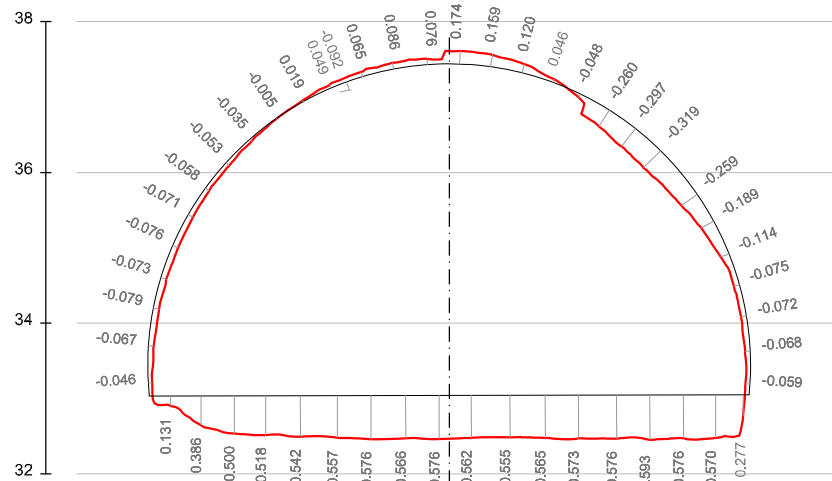
P.C. 31.00

P.K. 93.000
Z=32.533



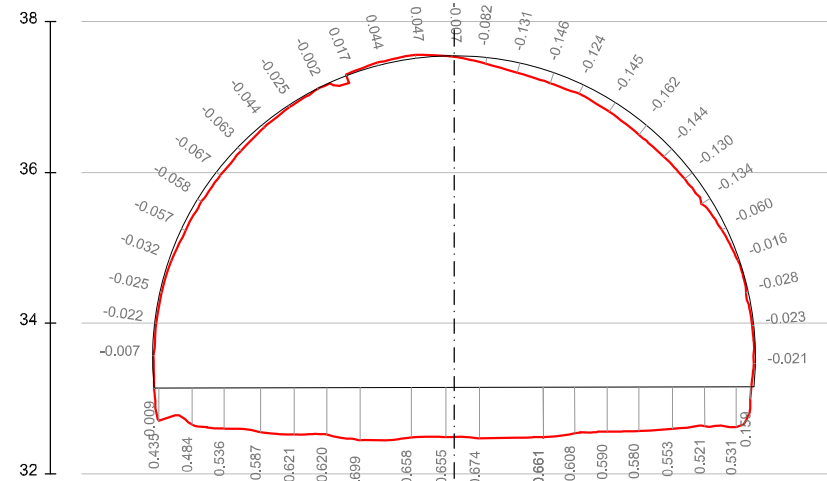
P.C. 31.00

P.K. 102.000
Z=32.336



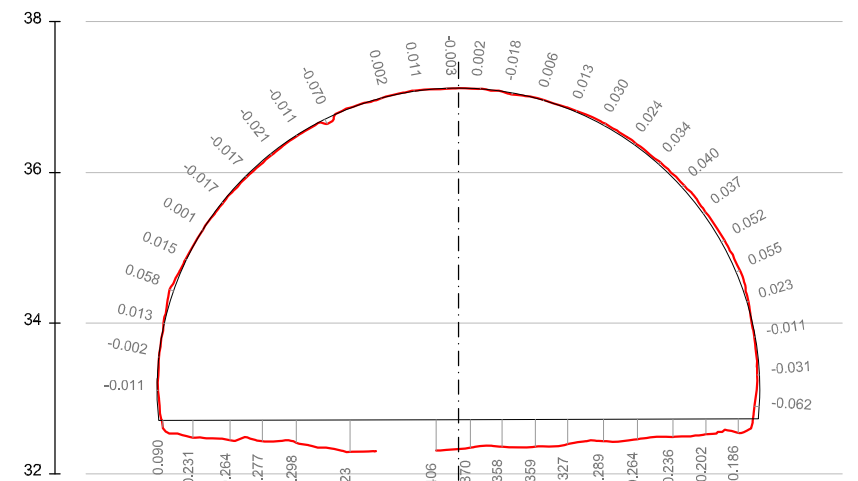
P.C. 31.00

P.K. 87.000
Z=32.468



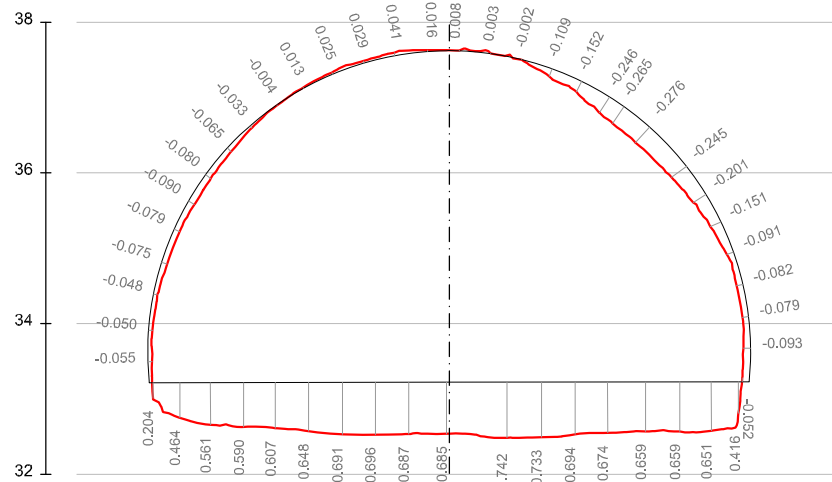
P.C. 31.00

P.K. 96.000
Z=32.492



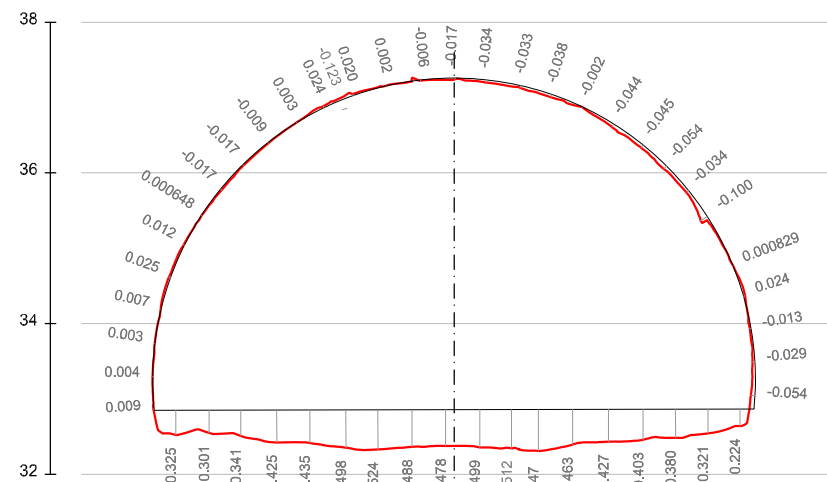
P.C. 31.00

P.K. 105.000
Z=32.332



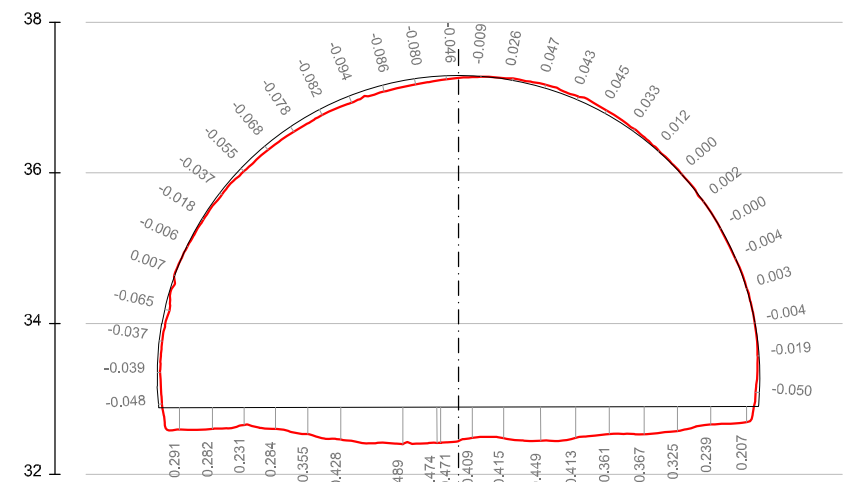
P.C. 31.00

P.K. 90.000
Z=32.538



P.C. 31.00

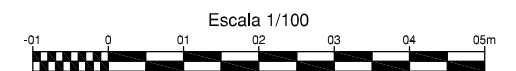
P.K. 99.000
Z=32.377



P.C. 31.00

P.K. 108.000
Z=32.442

LEYENDA:
—— Sección tipo ——— Sección real



Eus-18586-01



Proyecto:
Título del proyecto:

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE,
TRANVÍA DE BILBAO A DURANGO Y ARRATIA
(T.M. ETXEBARRI)

Plano izenburua:
Título del plano:

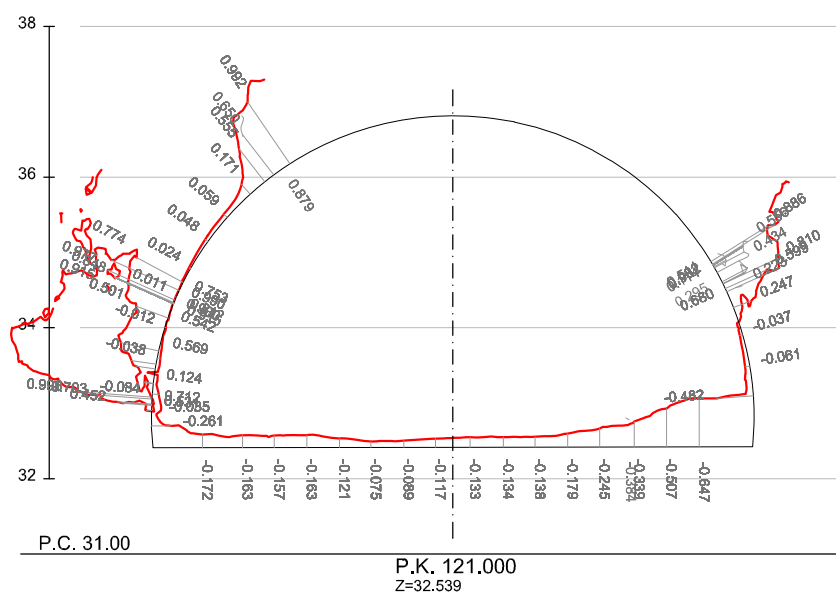
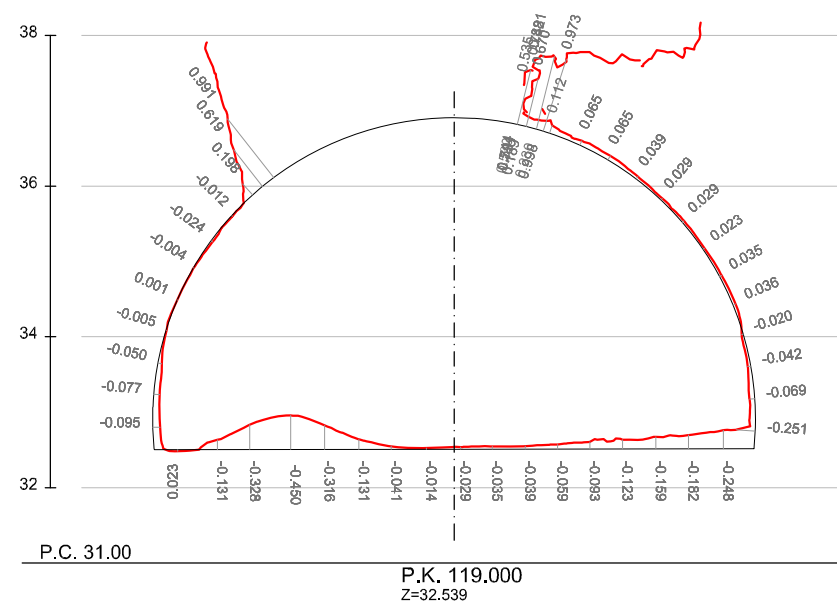
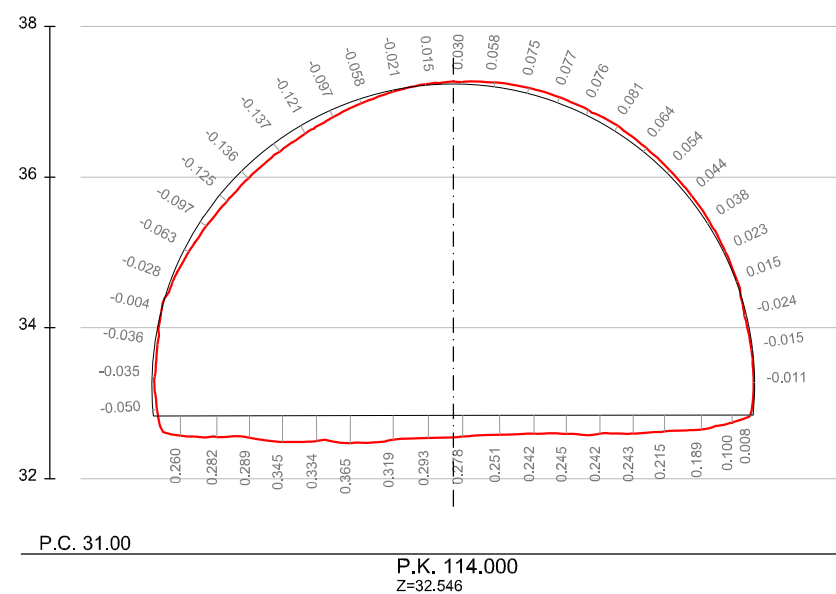
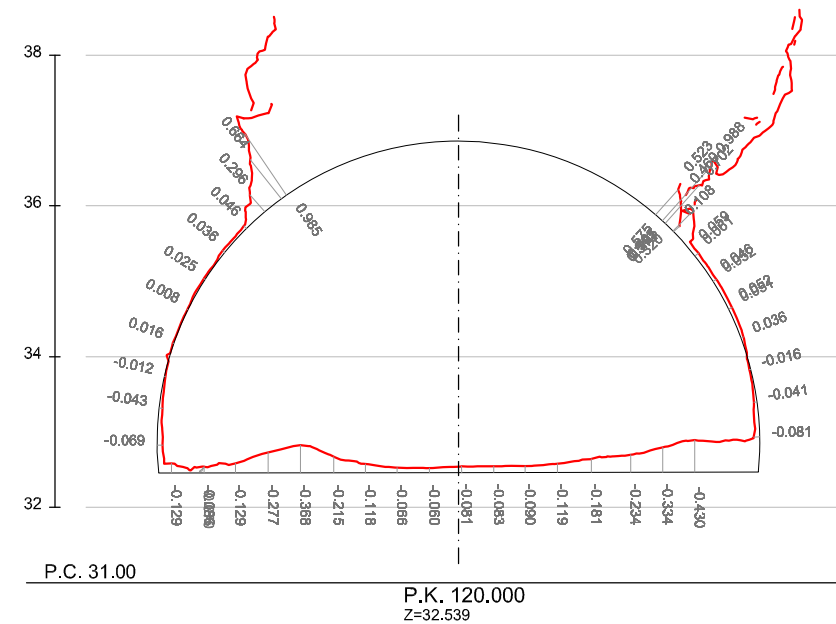
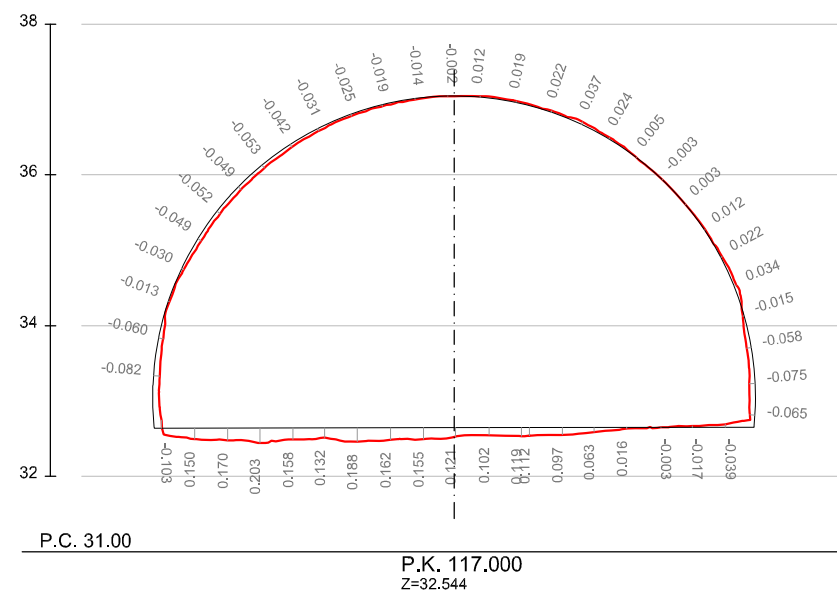
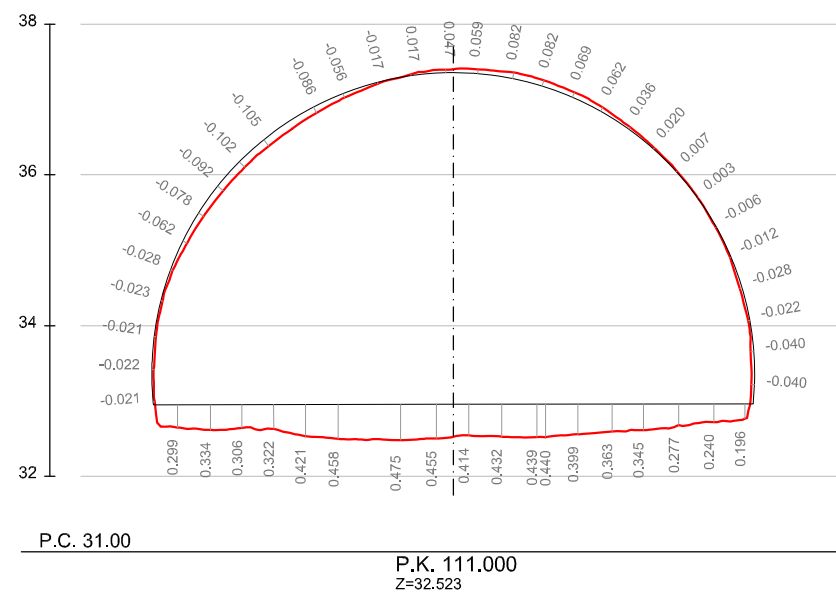
PERFILES TRANSVERSALES

Data:
Fecha:

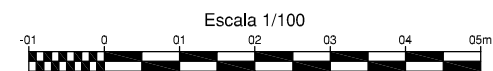
2020ko ekaina
Junio de 2020

Bizkaia:
Nº: 1.3.2

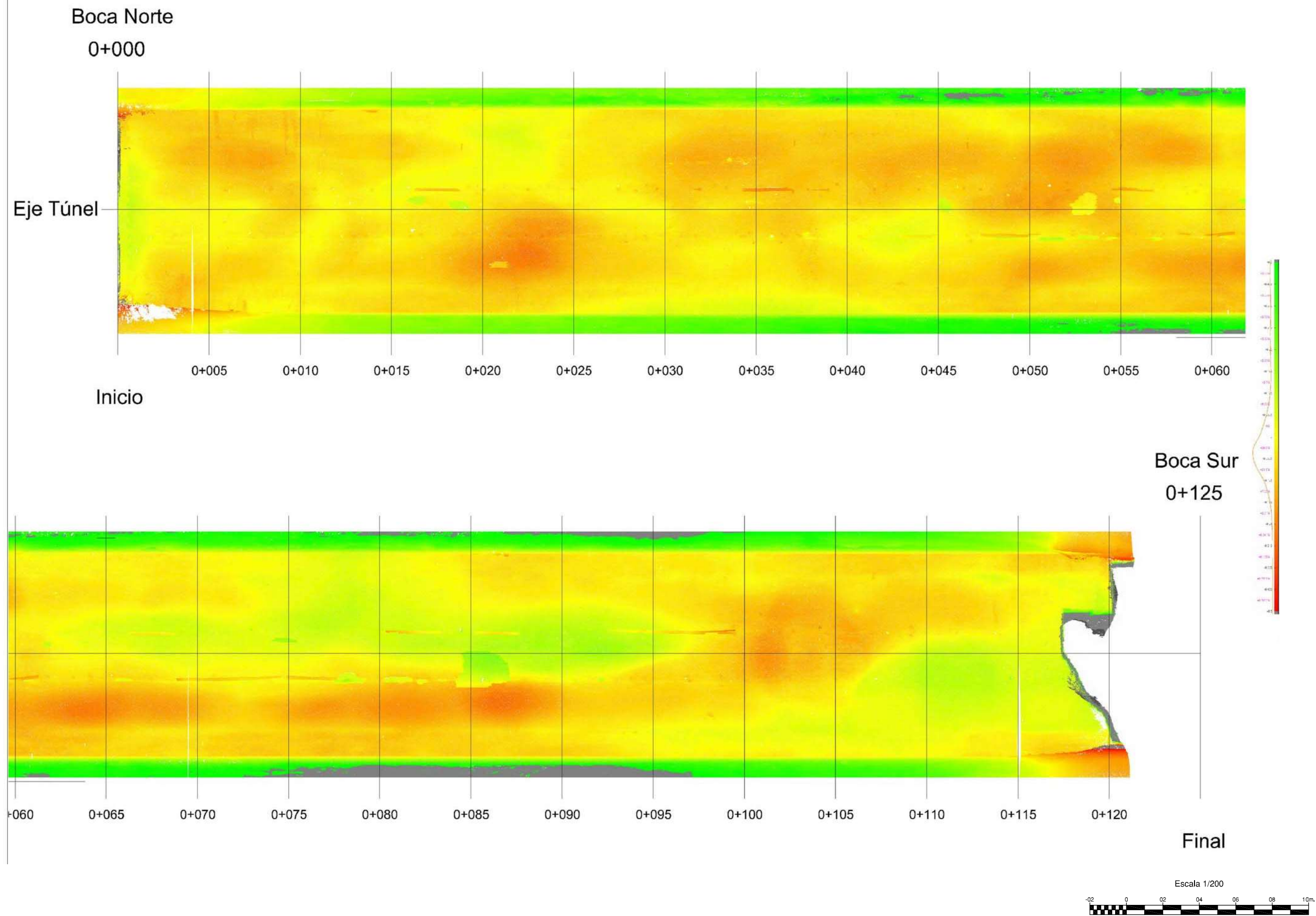
5 4
4 5
Hoja:.....de.....



LEYENDA:
—— Sección tipo — Sección real



Apéndice 1.4 Inspecciones de gálibo



Eus-18586-01



Bezeroa:
Cliente:



Proiektua:
Título del proyecto:

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE,
TRANVÍA DE BILBAO A DURANGO Y ARRATIA
(T.M. ETXEBARRI)

Piano izenburua:
Título del plano:

INSPECCIÓN DE GÁLIBOS
PLANO DE PLANTA

Data:
Fecha:

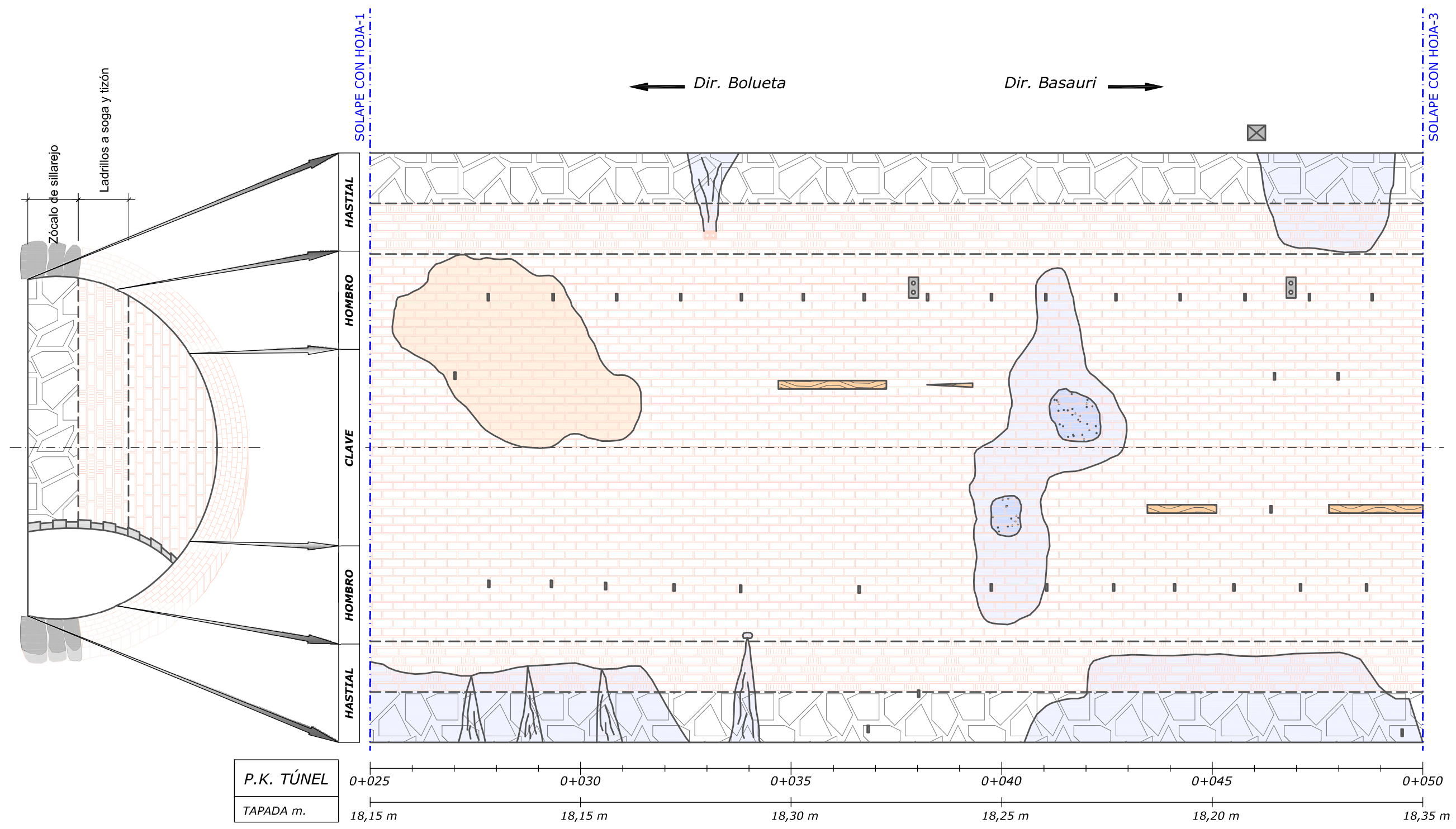
2020ko ekaina
Junio de 2020

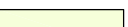
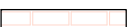
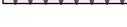
Zakia:
Nº:

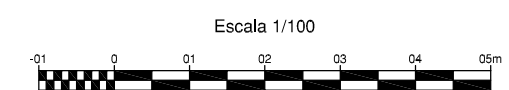
1.4

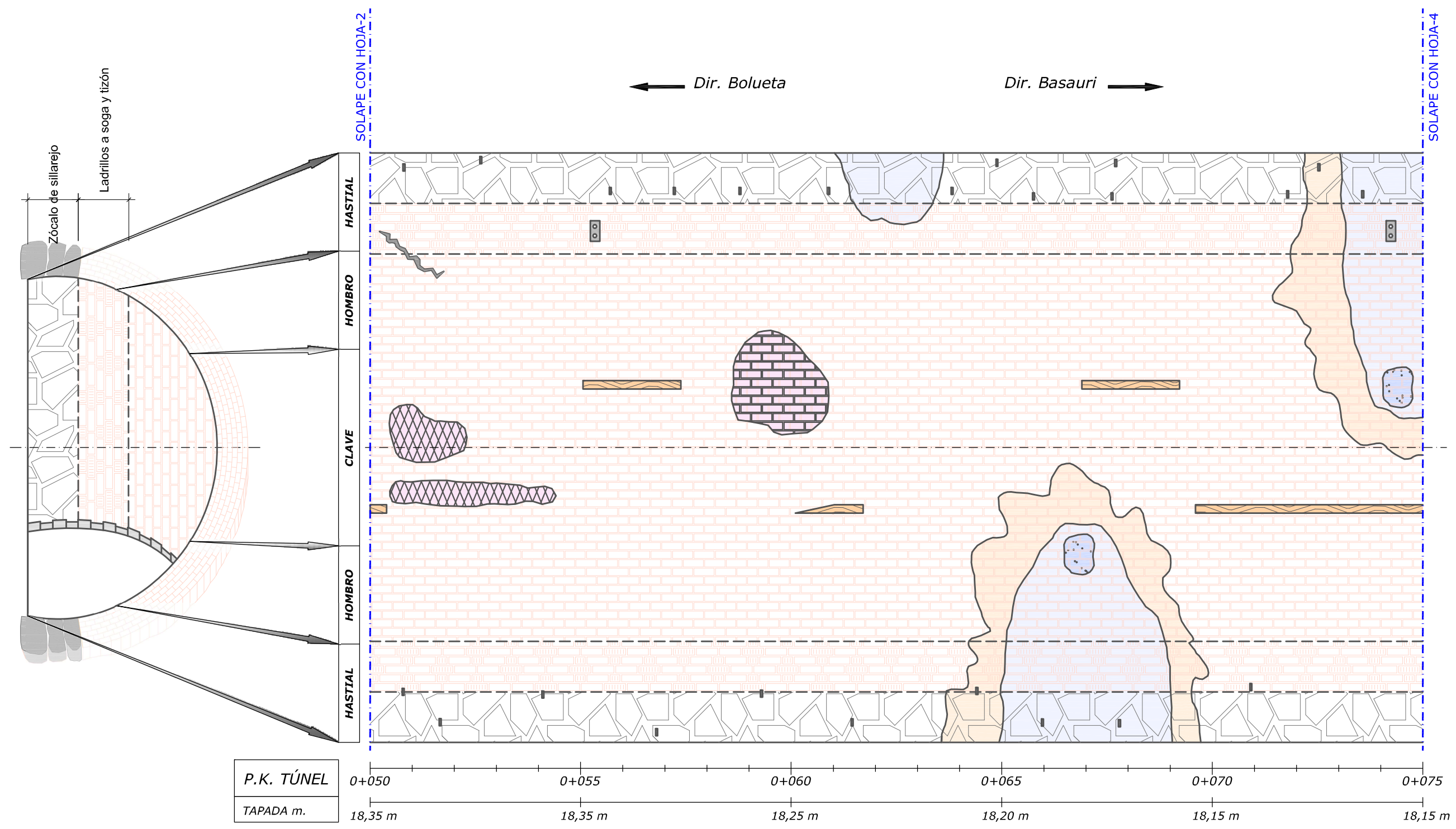
1 tk 1 orria
Hoja 1 de 1

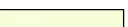
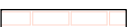
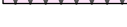
Apéndice 2 Levantamiento de patologías. Inspecciones visuales

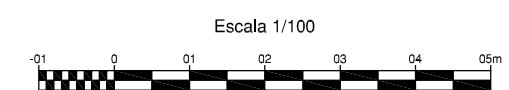


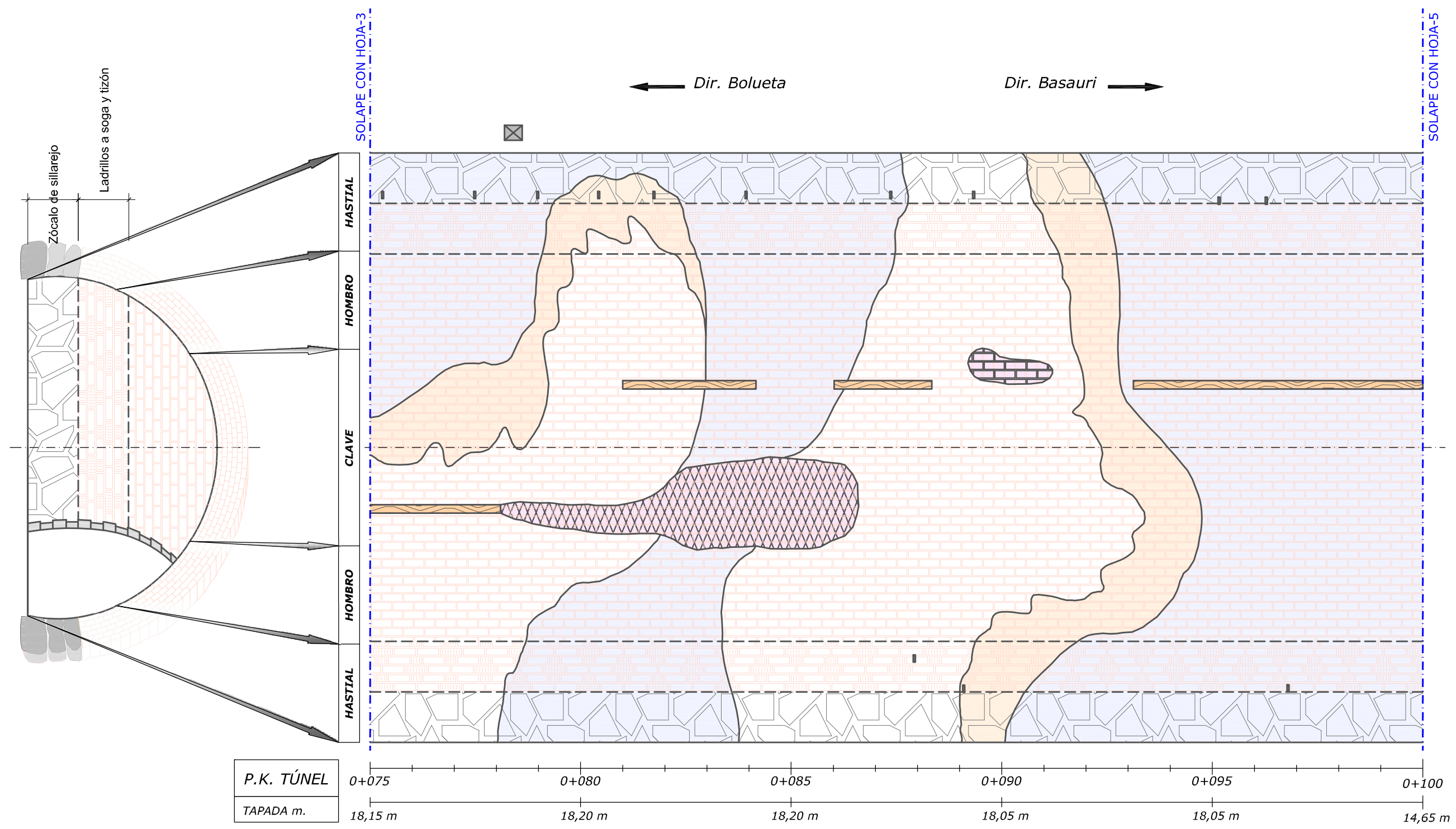
LEYENDA:											
AGUA:		PATOLOGÍAS:		PRECIPITADOS:		REVESTIMIENTO:		ELEMENTOS ASOCIADOS:			
	Humedad		Desconchones		Concreciones calcáreas		Ladrillos a soga		Mechinales		Tubo drenaje
	Goteo		Fisuras		Eflorescencias blanquecinas		Ladrillos a soga y tizón		Soporte eléctrico		Madera
	Flujos		Reparaciones		Concreciones negras		Zócalo de sillarejo		Hito de gas		



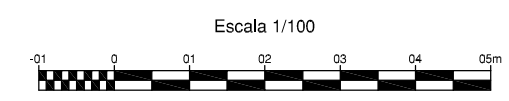


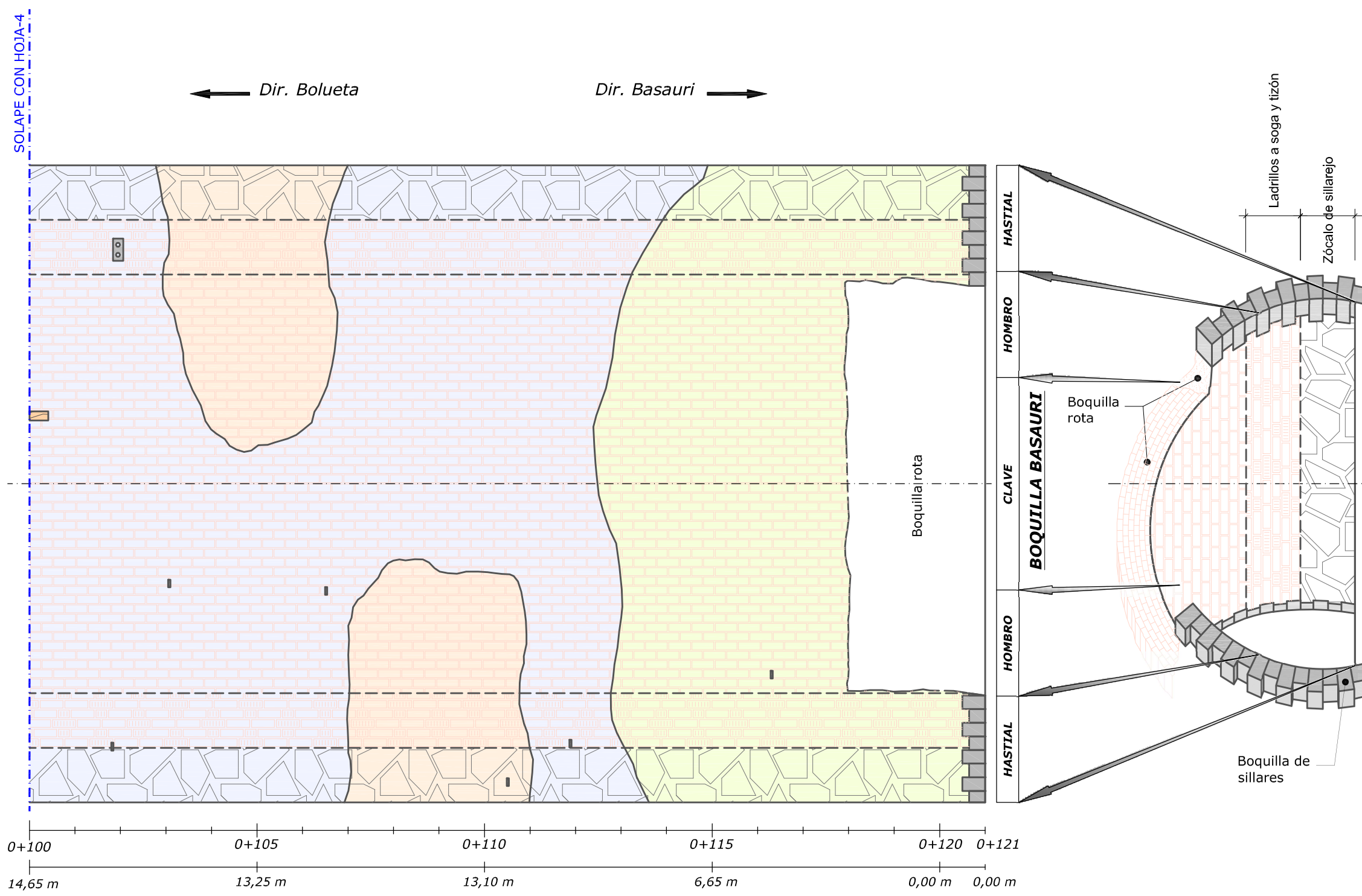
LEYENDA:											
AGUA:		PATOLOGÍAS:		PRECIPITADOS:		REVESTIMIENTO:		ELEMENTOS ASOCIADOS:			
	Humedad		Desconchones		Concreciones calcáreas		Ladrillos a soga		Mechinales		Tubo drenaje
	Goteo		Fisuras		Eflorescencias blanquecinas		Ladrillos a soga y tizón		Soporte eléctrico		Madera
	Flujos		Reparaciones		Concreciones negras		Zócalo de sillarejo		Hito de gas		





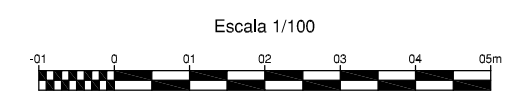
LEYENDA:				
AGUA:	PATOLOGÍAS:	PRECIPITADOS:	REVESTIMIENTO:	ELEMENTOS ASOCIADOS:
Humedad	Desconchones	Concreciones calcáreas	Ladrillos a sogá	Mechinales
Goteo	Fisuras	Eflorescencias blanquecinas	Ladrillos a sogá y tizón	Soporte eléctrico
Flujos	Reparaciones	Concreciones negras	Zócalo de sillarejo	Hito de gas
				Tubo drenaje
				Madera





P.K. TÚNEL	0+100	0+105	0+110	0+115	0+120	0+121
TAPADA m.	14,65 m	13,25 m	13,10 m	6,65 m	0,00 m	0,00 m

LEYENDA:					
AGUA:	PATOLOGÍAS:	PRECIPITADOS:	REVESTIMIENTO:	ELEMENTOS ASOCIADOS:	
Humedad	Desconchones	Concreciones calcáreas	Ladrillos a soga	Mechinales	Tubo drenaje
Goteo	Fisuras	Eflorescencias blanquecinas	Ladrillos a soga y tizón	Soporte eléctrico	Madera
Flujos	Reparaciones	Concreciones negras	Zócalo de sillarejo	Hito de gas	

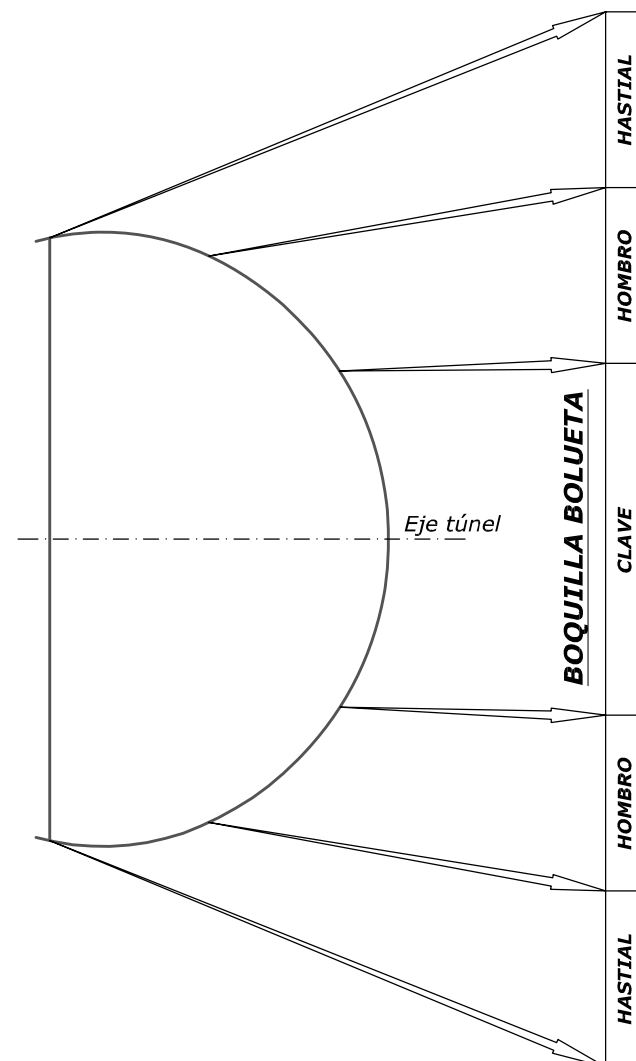


Apéndice 3 Fotografía de alta resolución (HD)

← Dir. Bolueta

Dir. Basauri →

Boquilla de sillares



P.K. TÚNEL

0+000 0+005 0+010 0+015 0+020 0+025

Escala 1/100



Eus-18586-01



Bezeroa:
Cliente:



Proiektua:
Título del proyecto:

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE,
TRANVÍA DE BILBAO A DURANGO Y ARRATIA
(T.M. ETXEBARRI)

Plano izenburua:
Título del plano:

INSPECCIÓN FOTOGRAFÍA ALTA RESOLUCIÓN

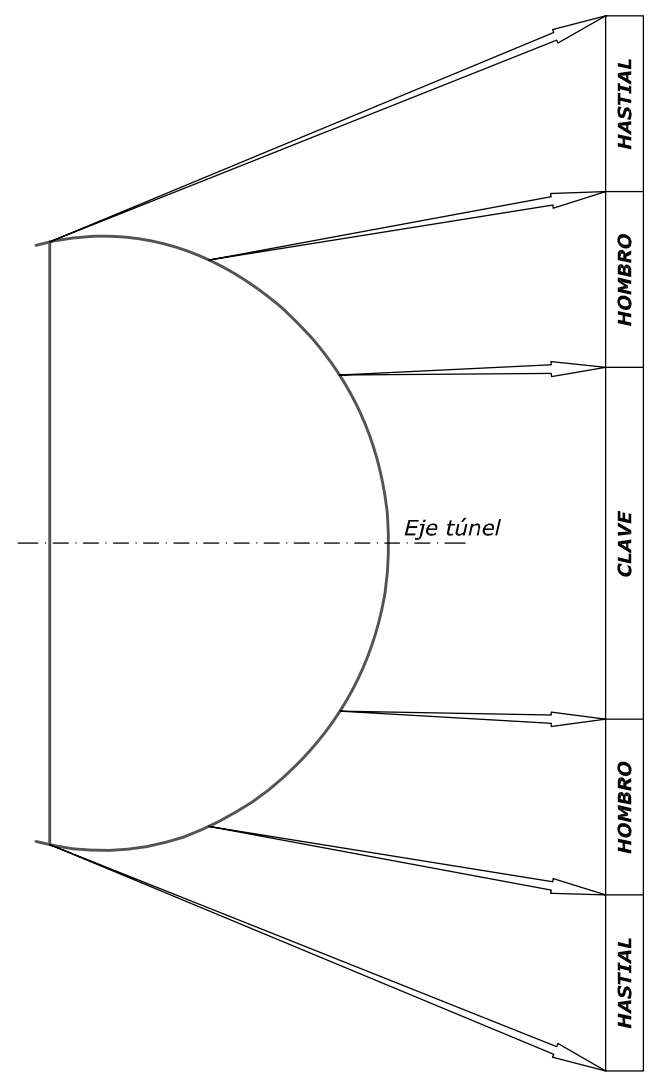
Data:
Fecha:

2020ko ekaina
Junio de 2020

Zakia:
Nº:

1.6

5 1
Hoja 1 de 5

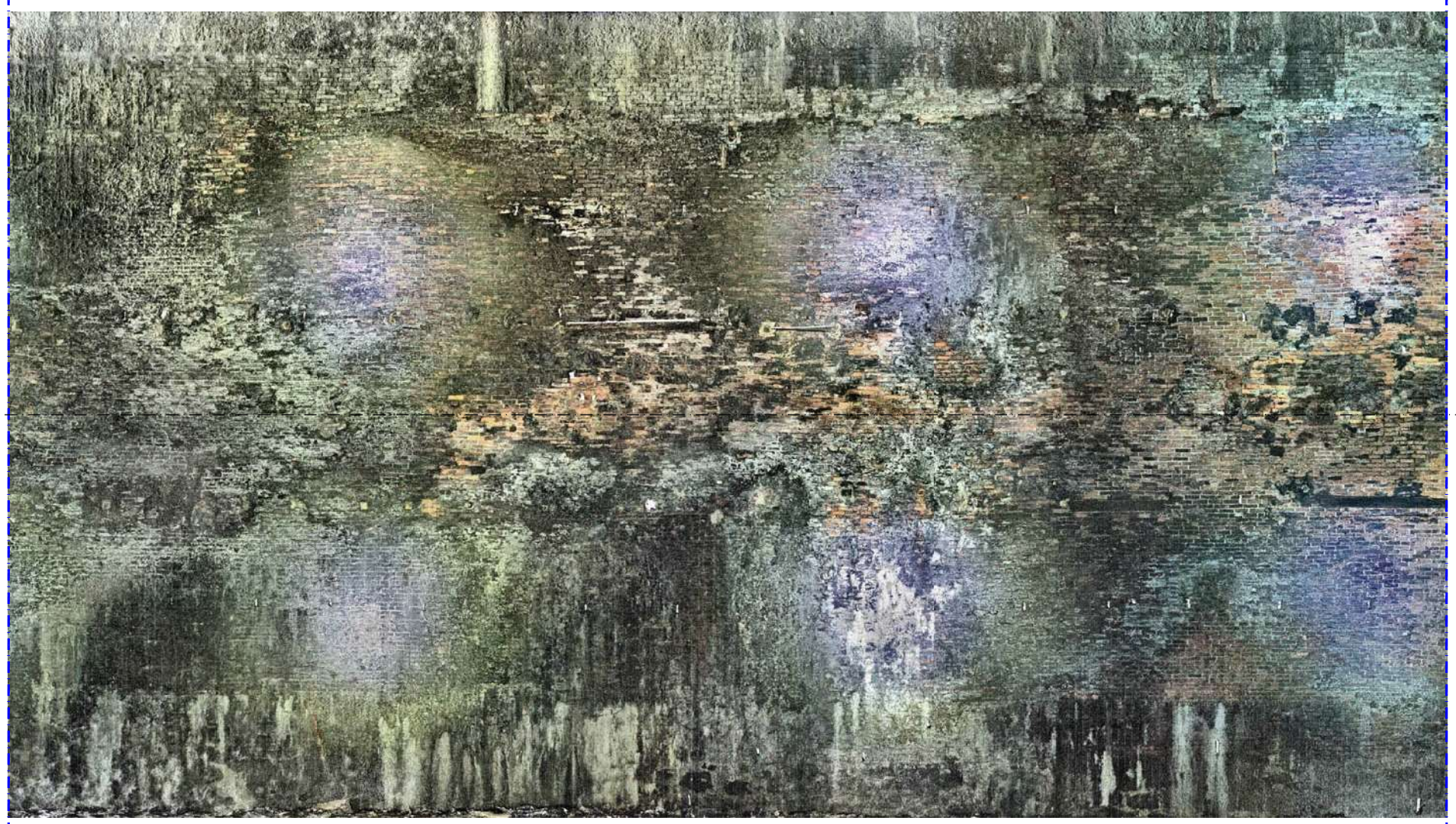


SOLAPE CON HOJA-1

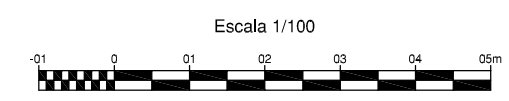
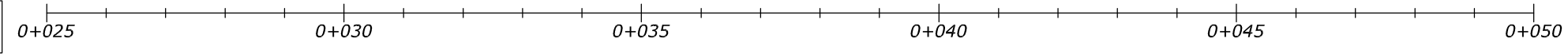
← Dir. Bolueta

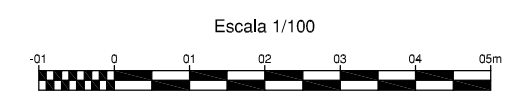
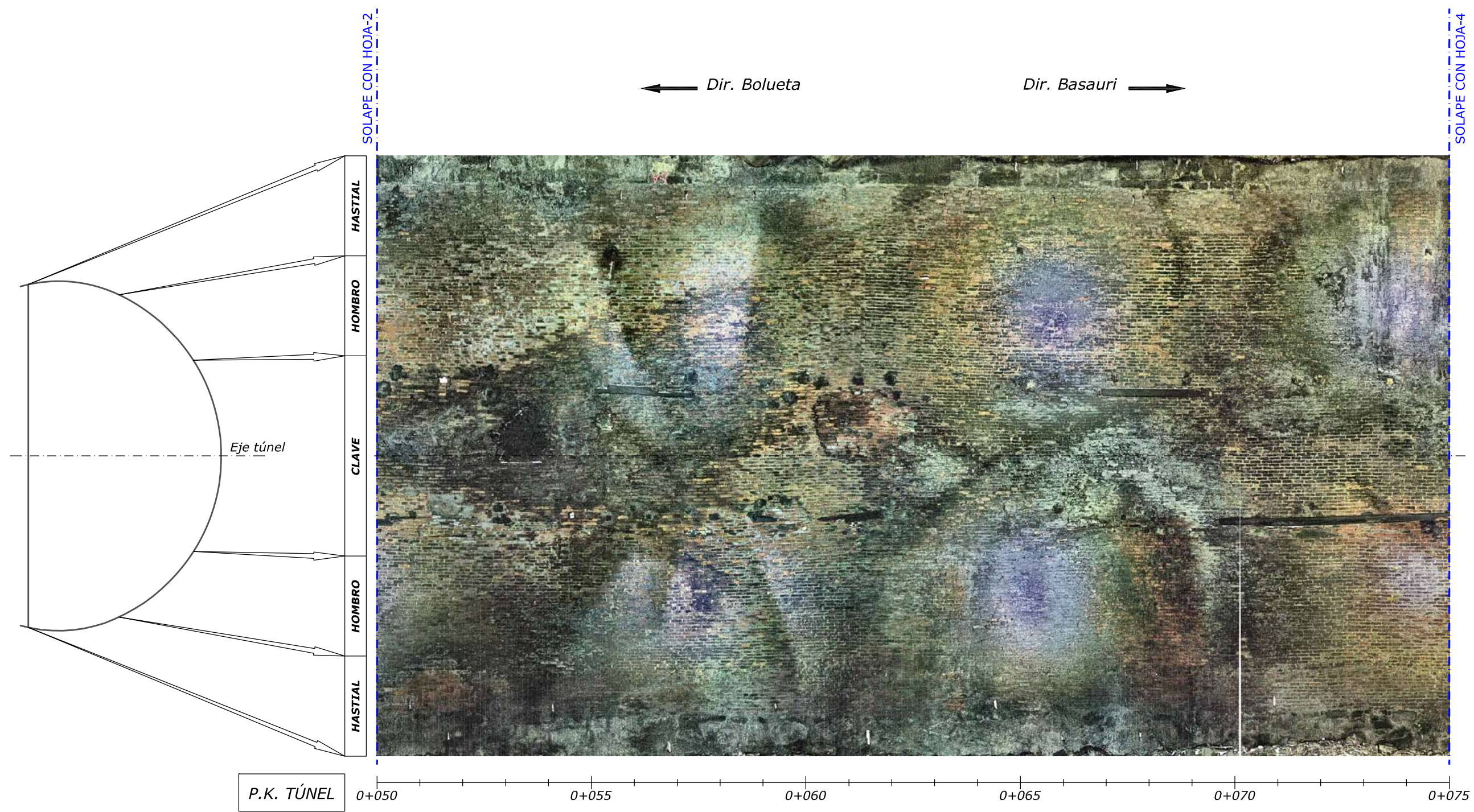
Dir. Basauri →

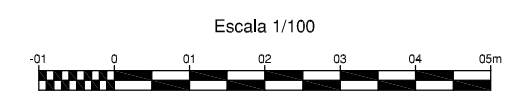
SOLAPE CON HOJA-3



P.K. TÚNEL



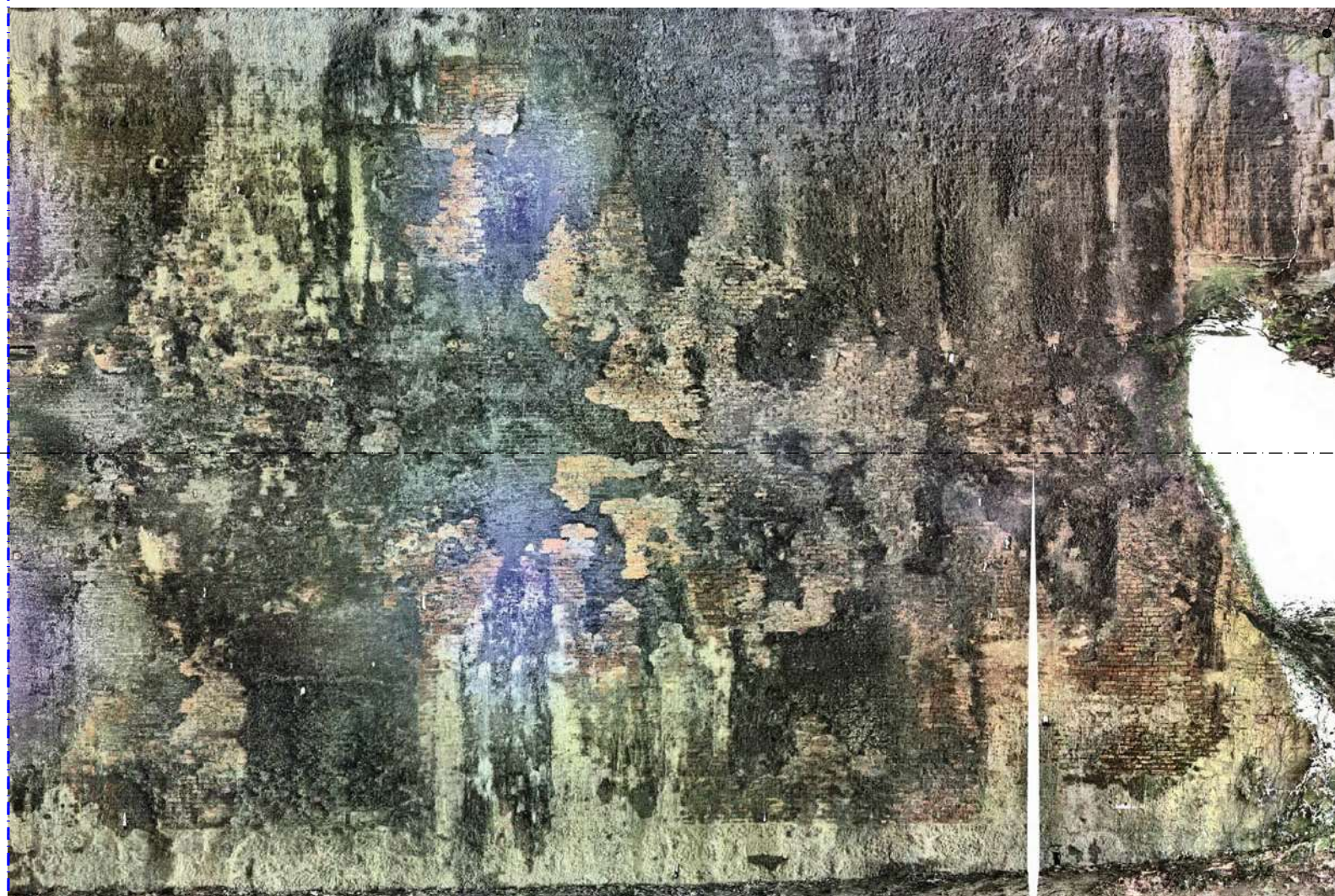




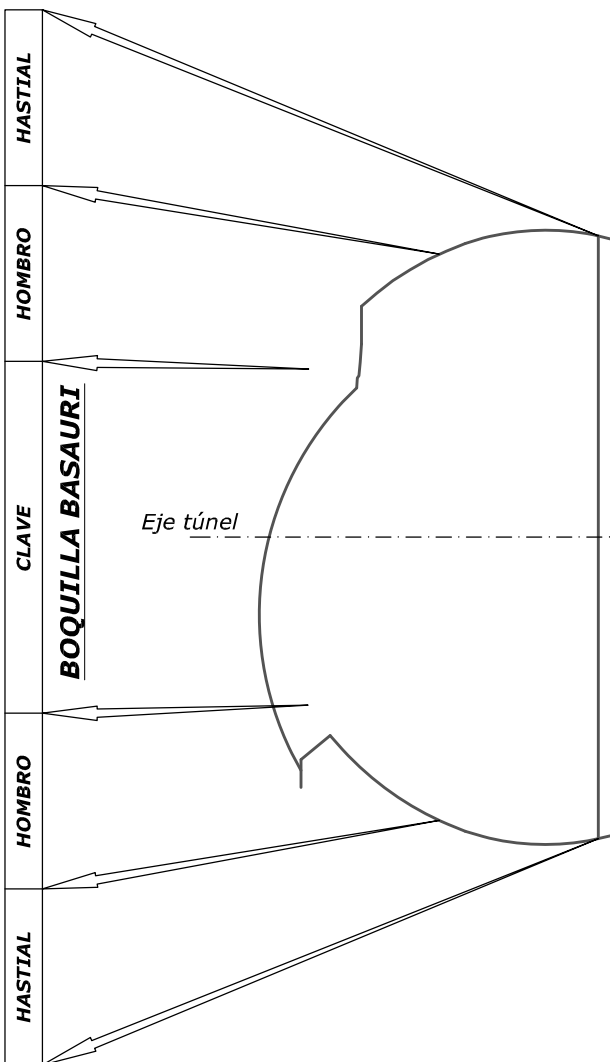
SOLAPE CON HOJA-4

← Dir. Bolueta

Dir. Basauri →

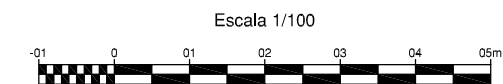


Boquilla de sillares



P.K. TÚNEL

0+100 0+105 0+110 0+115 0+120 0+121



Eus-18586-01



Bezeroa:
Cliente:



Proiektua:
Título del proyecto:

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE,
TRANVÍA DE BILBAO A DURANGO Y ARRATIA
(T.M. ETXEBARRI)

Plano izenburua:
Título del plano:

INSPECCIÓN FOTOGRAFÍA ALTA RESOLUCIÓN

Data:
Fecha:

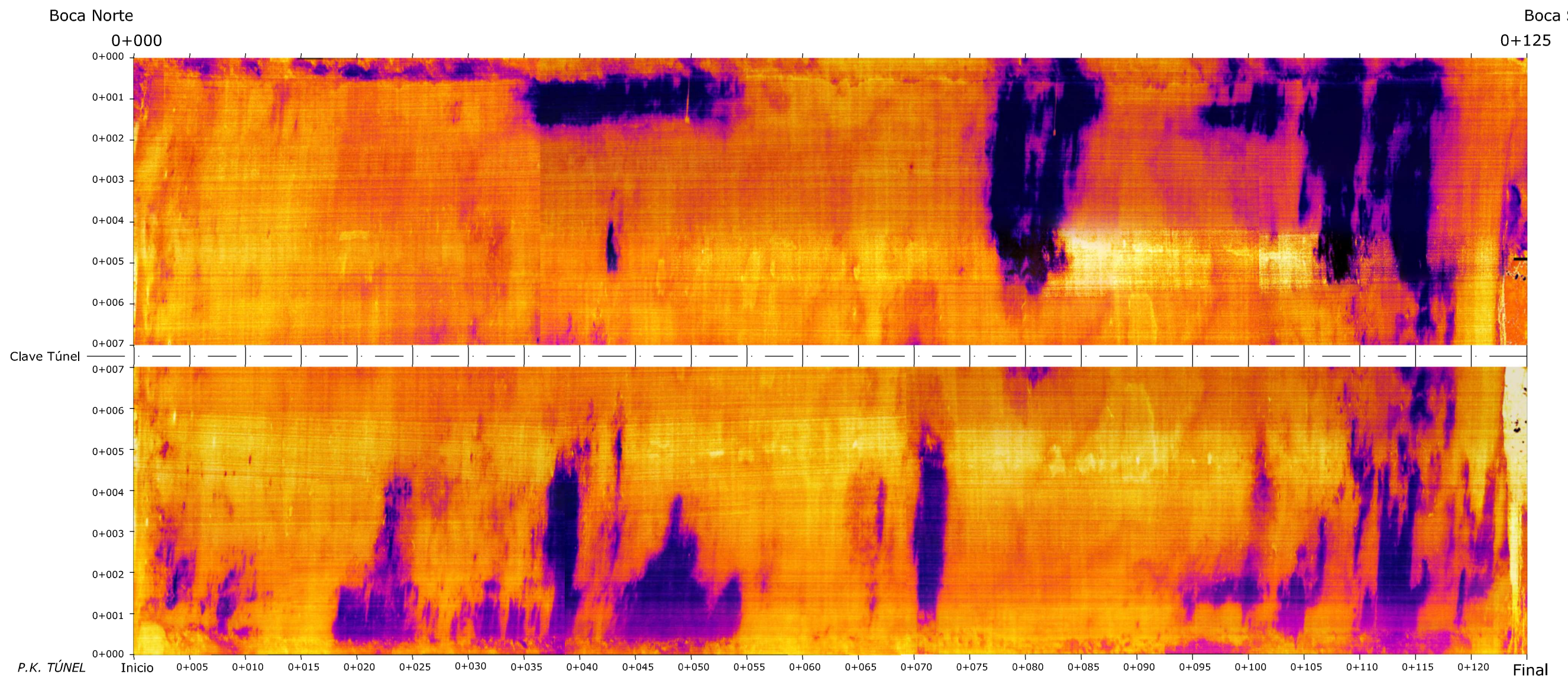
2020ko ekaina
Junio de 2020

Zakia:
Nº:

1.6

5 5
5 5
Hojas: 5 de 5

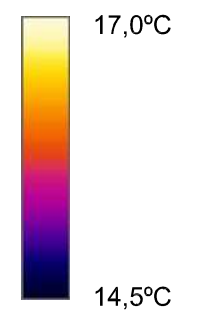
Apéndice 4 Análisis termográfico



INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

ESCALA HORIZONTAL 1:400
ESCALA VERTICAL S.E.

Escala Térmica



Eus-18586-01



Bezeroa:
Cliente:



Proiektua:
Título del proyecto:

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL TÚNEL DE EL BOQUETE,
TRANVÍA DE BILBAO A DURANGO Y ARRATIA
(T.M. ETXEBARRI)

Plano izenburua:
Título del plano:

INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

Data:
Fecha:

2020ko ekaina
Junio de 2020

Zakia:
Nº:

1.7

1 1
Hoja 1 de 1