



PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA SUPRESION DEL PASO A NIVEL DE LA ESTACION DE BEDIA Y NUEVO APARCAMIENTO

BEDIAKO GELTOKIAN TRENBIDE-PASAGUNEA EZABATZEKO ETA APARKALEKU BERRIA EGITEKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA



ANEJO 14: MOVIMIENTO DE TIERRAS

14. LURREN MUGIMENDUA

DICIEMBRE, 2023ko.ABENDUA

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA SUPRESION DEL PASO A NIVEL DE LA ESTACION DE BEDIA Y NUEVO APARCAMIENTO

ANEJO Nº 14: MOVIMIENTO DE TIERRAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	2
3. DESCRIPCION MATERIAL EXISTENTE.....	3
4. EXCAVACIONES	4
5. RELLENOS	6
6. BALANCE DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS	8
7. ESQUEMA BANQUETA DE RELLENO Y PAQUETE DE FIRMES.....	9

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Anejo es facilitar de forma resumida las mediciones de movimiento de tierras que se prevén para la formación de la meseta sobre la que se situará el aparcamiento, obteniéndose como resultado final el volumen de material sobrante o necesario.

2. VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

A continuación, se adjunta el cuadro resumen en el que se recogen las mediciones de movimiento de tierras según. Para el cálculo de excavación se ha considerado que se realiza un saneo de 0,50 metros con el fin de eliminar la capa superior compuesta por lo general por tierra vegetal.

Para los rellenos necesarios para la ejecución de la meseta donde se sitúa la actuación se seguirán las pautas del PG-3 y el estudio geotécnico

EJE	Excavación (m ³)	Relleno (m ³)
RAMPA DE ACCESO	223	1.215,45
APARCAMIENTO	1.727,8	8.817,90
FOSOS ASCENSOR	56	
CIMENTACION PASARELA	38	
CIMENTACION EDIFICIO	40,5	
TOTAL	2.085,3	10.033,35

3. DESCRIPCION MATERIAL EXISTENTE

El terreno natural se caracteriza por presentarse bajo un escaso espesor de rellenos como un macizo calizo karstificado, en el que más superficialmente predominan los suelos eluviales producto del proceso de disolución de la roca, para a continuación existir un horizonte de espesor métrico en el que se intercalan suelos eluviales y roca sana en forma de crestas o bloques aislados. Bajo este horizonte, a unos 6,00 metros de profundidad la karstificación del macizo rocoso se ha reconocido más ocasional y diseminada.

Superficialmente son fácilmente reconocibles los rellenos de la plataforma ferroviaria, que consisten en rellenos de mejora coronados por una capa de balasto. En la propia parcela norte y en el camino al sur de los andenes se ha reconocido tanto superficialmente como mezclado con la capa de tierra vegetal o suelo eluvial una capa de espesor irregular centimétrico a decimétrico de grava gris, posiblemente vertida y extendida para facilitar el paso de vehículos de obra. Estas gravas al encontrarse mezclada con suelos se comportan ahora como gravas grises con bastante arcilla e indicios de arena. Las gravas son milimétricas a centimétricas, angulosas de roca caliza sana.

Los suelos eluviales provienen del proceso de disolución del macizo rocoso. Son suelos que no han tenido transporte y se encuentran depositados en el lugar del macizo calizo de origen.

Presenta ocasionales gravas y bloques calizos embebidos en la matriz. En general se encuentran recubriendo por completo el macizo rocoso con un espesor superior de al menos 1,00 metro, si bien, se han localizado varios afloramientos de crestas de roca que alcanzan la superficie, así como depresiones en el macizo rocoso hasta 4,00 metros de profundidad en los que el eluvial aparece rellenándolas.

También puede aparecer rellenando total o parcialmente oquedades kársticas de la roca. El eluvial de rellenos de oquedades presenta en general una cohesión inferior a los eluviales más superficiales. Tratándose del material sobre el que se apoyarán los rellenos proyectados y ser uno de los materiales afectados por las excavaciones previstas, las cinco identificaciones realizadas se han completado con los ensayos para posibilitar su clasificación como suelo de terraplén según el PG3.

El resultado en cuatro de ellas ha correspondido a una arcilla (92%) con contenidos en arena (7%) y grava (1%) de indicios. La quinta, correspondiente al Sondeo S-1 recogió un tramo en el que aparecen restos de roca decalcificada; la granulometría ha resultado ser una arcilla con algo de grava (16%) y algo de arena (14%).

El macizo rocoso presenta un modelado kárstico al menos en sus cinco metros más superficiales; correspondiendo el primer metro prácticamente al suelo eluvial anteriormente descrito y los siguientes cuatro metros a crestas de roca caliza sana y depresiones rellenas de eluvial. También aparecen bloques de roca caliza sana embebidos en el suelo eluvial. La superficie de la roca, bien sean crestas o bloques presentan textura que denotan los procesos de disolución kárstica de la roca.

4. EXCAVACIONES

En este apartado se han calculado los volúmenes de excavación que se prevén para los saneos del terreno y excavaciones para cimentar elementos estructurales. Las hipótesis de cálculo se han basado en los criterios expuestos en el **Anejo Nº 5: Geología y Geotecnia**.

Las excavaciones previstas más importantes corresponden a la ejecución de la rampa para el vial que da acceso al aparcamiento. Los materiales que se verán afectados además de los antrópicos como rellenos o muros, serán suelos eluviales y el macizo rocoso.

Los rellenos y suelos eluviales son ripables con medios mecánicos convencionales. El macizo rocoso, con una resistencia a compresión simple de hasta 1.100 kg/cm² y una calidad buena (RQD>80%) necesitará del empleo de puntero.

Debido a los procesos kársticos sobre el macizo rocoso y su morfología en crestas y depresiones, la previsión que se puede realizar en cuanto a la necesidad del empleo de puntero es difícil de estimar. Dado que las excavaciones no se prevén de más de 2,50 metros de altura, y siendo el metro superior prácticamente completo de suelo eluvial, se puede considerar que de la altura total de excavación entre el 30 y 50% corresponderá a roca sana. Siendo este porcentaje menor cuanto menos altura tenga la excavación.

El empleo del material excavado en base a la clasificación propuesta por el PG3 del suelo aluvial y la roca será la siguiente:

MATERIAL	CLASIFICACIÓN PG3
SUELO ELUVIAL	TERRAPLÉN – TOLERABLE
ROCA SANA	PEDRAPLÉN O TODO UNO*

*Clasificación en función del tratamiento sobre el material excavado

El empleo de la roca como relleno dependerá del tratamiento (machaqueo y tamizado) que se realice sobre el material excavado. Será necesario realizar los correspondientes ensayos indicados en el PG3 para su definitiva clasificación.

Las excavaciones para la rampa del vial que dé acceso desde el Puente de Barroeta a la plataforma proyectada darán lugar a taludes de hasta 2,50 metros. Los materiales afectados serán suelos eluviales y roca sana interdigitados en crestas y depresiones de dimensiones decimétricas a métricas. Sobre estas excavaciones se ejecutarán los nuevos rellenos del aparcamiento.

A continuación, se definen las recomendaciones de ejecución de las excavaciones sobre los suelos eluviales, sobre las rocas y finalmente las recomendaciones para la ejecución de las excavaciones en el horizonte de meteorización en el que se intercalan las crestas de roca y depresiones rellenas de eluvial.

Las excavaciones en suelos eluviales son inestables con taludes verticales, siendo necesario considerar taludes inclinados estables o el empleo de entibaciones. Se podrán intentar los siguientes diseños de taludes:

MATERIAL	ALTURA	PLAZO	TALUD
SUELO ELUVIAL	< 1,25	CORTO - MEDIO	1:1
		LARGO	3H:2V
	> 1,25	CUALQUIERA	2H:1V

Los taludes de altura superior a 1,25 metros se podrán excavar por bataches verticales temporales, máxima altura 2,50 metros y longitud 5,00 metros. Un batache se excavará sólo si los bataches contiguos son estables, por no haberse realizado la excavación aun o por encontrarse ya estabilizados. Para taludes verticales en suelos eluviales de mayores dimensiones o plazo de exposición se recomienda el empleo de entibaciones o sistemas de contención

En cuanto a la excavación de la roca sana, se deberá vigilar que en el frente del talud no corresponda a bloques de roca susceptibles de desestabilizarse, debiéndose considerar en este caso las recomendaciones de los suelos eluviales en los que esta embebido.

En cuanto a la roca sana in situ, crestas o macizo continuo, se podrá intentar la excavación de taludes temporales con taludes subverticales para alturas inferiores a 1,25 metros siendo necesario tenderlos o estabilizarlos para alturas mayores y plazos mayores. Para estos casos se ha realizado un análisis de estabilidad estructural a partir de los datos adquiridos en los afloramientos del entorno (ver su registro en el Apéndice A-3).

El frente de talud principal corresponde con el muro derecho de la rampa de acceso al aparcamiento. Este muro tiene una orientación O-E, en concreto N110E orientado al Norte. También se ha estudiado la estabilidad del frente ortogonal que corresponde al acceso peatonal, con orientación N-S, N010E orientado al Oeste.

Para el análisis de los taludes que se excavarán en roca se ha analizado la estructura del macizo rocoso y las posibles inestabilidades que se pudieran generar en el desmonte en roca provocadas por la conjunción de las diferentes discontinuidades (estratificación y juntas principales) que afectan al macizo rocoso.

En el siguiente cuadro se presenta para cada una de estas orientaciones de talud, la pendiente que elimina todas las intersecciones y los empujes horizontales para alcanzar un factor de seguridad F.S.= 1,50.

	FACTOR DE SEGURIDAD	Talud de excavación que elimina las intersecciones inestables	Empujes horizontales Tn/m ² → FS= 1,50
Talud T-1 90/010	J1 vs J2: F.S.= 0,58 J1 vs J3: F.S.= 8,10	56°	0,95
Talud T-2 90/280	E vs J1: F.S.= 1,03 J1 vs J2: F.S.= 0,26	47°	0,95

Los frentes de excavación previstos para los muros perimetrales de contención del terreno bajo el aparcamiento en los que aflorarán suelos eluviales y roca sana en crestas y depresiones se recomienda afrontarlos con taludes temporales estables, ejecutar un muro de carga in situ o prefabricado para posteriormente rellenar el trasdós.

Al muro, independientemente de su diseño, se le deberá dotar de un sistema de drenaje que evite la retención de agua en su trasdós.

Por otra parte, las excavaciones abiertas un periodo muy corto de tiempo (horas) para la ejecución de cimentaciones, zanjas, etcétera podrán intentarse subverticales, siempre que no se prevea la entrada de operarios en ellas, en cuyo caso deberán entibarse o realizarse con taludes tendidos.

5. RELLENOS

Para la ejecución de los rellenos se recomienda aplicar las indicaciones que se recogen en el PG3.

El espesor de rellenos previsto será de hasta 4,00 metros. En estas condiciones se podrá considerar la ejecución de un terraplén con cimentación, núcleo y coronación.

	TIPO SUELO	ORIGEN O REUTILIZACIÓN	OBSERVACIONES
CORONACIÓN	ADECUADO o SELECCIONADO	PRESTAMO	Se podrá emplear la roca machacada a granulometría tipo seleccionado.
NUCLEO Y CIMENTACIÓN	TOLERABLE, ADECUADO, SELECCIONADO o TODO UNO	PRESTAMO, SUELO ELUVIAL o ROCA SANA	Se podrá emplear la roca machacada a granulometría todo uno o seleccionado. (se caracterizará el producto antes de su uso)
EXPLANADA	TOLERABLE	SUELO ELUVIAL	Para el tránsito de vehículos de obra se podrá verter una primera capa de relleno tipo rechazo de cantera o similar.

La puesta en obra de los rellenos tipo terraplén y todo uno deberán realizarse siguiendo las directrices descritas en el PG3. Todos los materiales empleados deberán tener la aprobación de la Dirección de Obra. Para terraplenes

- Espesor de la tongada será de 30cm.
- El grado de compactación corresponderá al menos al 95% del Próctor modificado de referencia. En coronación el grado de compactación se recomienda sea superior al 98%.
- La humedad no será inferior en un 2% ni superior en un 1% a la óptima del Próctor de referencia.
- Se deberá realizar un control del producto terminado sobre los lotes definidos consistente en determinaciones de densidad y humedad "in situ" y ensayos de carga con placa (□ 600mm)

Como caracterización de referencia del suelo eluvial para reutilización como rellenos se podrán considerar los siguientes datos:

PROCTOR MODIFICADO SOBRE SUELO ELUVIAL	
DENSIDAD MÁXIMA	1,85-1,87 Tn/m ³
HUMEDAD ÓPTIMA	13,70-14,50 %
C.B.R. (95%)	9,33-9,58
C.B.R. (100%)	10,17-11,35

Como coeficientes de paso, y de forma genérica, se proponen los siguientes valores:

En el caso de suelo tipo todo uno:

- - Espesor de la tongada será de al menos 40cm y no superior a 60cm.
- - Se deberá realizar un control del producto terminado sobre los lotes definidos consistente en ensayos de carga con placa (□ 600mm)

Las tongadas de cemento y núcleo se ejecutarán con pendiente transversal de en torno al 4% que aseguren la evacuación de las aguas sin riesgo de erosión ni concentración de depósitos.

Para los espaldones se recomienda emplear material tipo seleccionado o mejor que permitirá considerar unas inclinaciones superiores al caso de ejecutarlos con suelos tolerables.

TIPO RELLENO	INCLINACIÓN ESPALDÓN
SUELO TOLERABLE	2H:1V
SUELO SELECCIONADO O MEJOR	3H:2V

Para mayores inclinaciones de espaldones será necesario el empleo de refuerzos o sistemas de contención (escolleras, muros, etcétera) Para las situaciones en las que las reducidas dimensiones -zanjas, pozos, etc.- la puesta en obra de los rellenos no garantice una correcta compactación se deberán emplear materiales autocompactantes tipo balasto o gravas angulosas limpias de finos.

Siguiendo las recomendaciones de ejecución descritas y desarrolladas en el PG3, los propios rellenos tendrán un asiento inferior al 1% de su espesor.

En cuanto a los asientos provocados en el terreno de apoyo, estimándose una presión de preconsolidación de al menos 1 kg/cm² en los suelos eluviales y teniendo en cuenta que los rellenos presentan una carga de unos 0,75 kg/cm² para espesores de 4,00 metros, se pueden descartar procesos de consolidación.

Para el asiento elástico, se ha estimado con el módulo de deformación de estos suelos (80 MPa) un asiento despreciable inferior a 5mm y que en cualquier caso se producirá durante el propio proceso de ejecución de los rellenos no afectando al acabado del proyecto.

	Coeficiente de paso	
	Terraplén	Vertedero
Suelos	1,00	1,20
Sustrato rocoso	1,12	1,33

6. BALANCE DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Una vez realizadas las mediciones, se comprueba que la obra, en su conjunto, presenta un déficit de material de relleno, lo que implicará la necesidad de traer materiales de préstamo para rellenos de la banqueta del terraplén.

El volumen de excavación resultante, medido en perfil, es de unos 2.085,3 m³, de los cuales 684,2 m³ corresponden a tierra vegetal y 1401,38 m³ a excavación de suelo eluvial.

Para el relleno, tanto de terraplenes, como de estructuras o zanjas de servicios afectados, se necesita un volumen de 10.033,50m³ de tierras, que aplicando un coeficiente de paso de 1,12 corresponde con un volumen en perfil de unos 11.236,96m³, que en gran medida se deberán obtener del exterior de la obra.

Deduciendo de la excavación el volumen de tierra vegetal, resulta que se disponen 1401,38 m³ de tierras. Sin embargo, únicamente resultan aprovechables 840,83 m³. Con todo ello se

Por lo tanto, resulta un volumen de tierras sobrantes medido en perfil de 840,43 m³ de material aprovechable y 560,55 m³ no aprovechable, que tras aplicar los coeficientes de paso de 1,12 y 1,20 respectivamente, resultan 672,66 m³ de material con destino a vertedero.

En la tabla siguiente se resume los destinos de los materiales excavados en la obra.

MATERIAL DE EXCAVACIÓN	DESTINO DEL MATERIAL					
	Relleno y acondicionamiento			A vertedero		
	Volumen en Perfil	Coeficiente de Paso	Volumen Real	Volumen en Perfil	Coeficiente de Paso	Volumen Real
Aprovechable	840,83	1,12	941,73			
No aprovechable				560,55	1,2	672,66
Tierra vegetal	250,00	1,00	250,00	706,12	1,0	706,12

La tierra vegetal fruto de la excavación se reutilizará para la revegetación de las zonas

Este volumen se lleva al vertedero más cercano tal y como se indica en el **Anejo Nº18: Gestión de residuos**.

7. ESQUEMA BANQUETA DE RELLENO Y PAQUETE DE FIRMES

Por lo general, el esquema de capas que se seguirá para realizar la banqueta de rellenos será la siguiente:

- 0,50 metros de suelo tolerable en la zona excavada donde se elimina la tierra vegetal y se sanea la primera capa.
- 1,00-2,50 metros de suelo clasificado como adecuado según el PG-3 dependiendo de la altura de los rellenos en la zona en cuestión.
- 1,00 metro de suelo seleccionado tipo 2.
- 0,30 metros de suelo seleccionado tipo 3 (necesario según la norma de firmes de la CAV para formar la explanada tipo 2)

Y según se especifica en el *anejo 12: Firmes y Pavimentos*:

- Subbase de 30 cm de zahorra artificial.
- Riego de imprimación (1 kg/m²) C60BF4 IMP (antiguo ECL-1).
- 6 centímetros de capa intermedia de mezcla bituminosa AC22 bin S (Antiguo S-20) caliza.
- Riego de adherencia con emulsión termoadherente (1 kg/m²) C60B4 TER (antiguo ECR-1).
- 4 centímetros de base de mezcla bituminosa AC16 base S (Antiguo S-12) caliza.

En las zonas en las que el relleno sea de menor espesor, como en la rampa de acceso al aparcamiento, se reducirán las dos primeras capas de suelo tolerable y suelo adecuado, tratando de mantener siempre que sea posible el espesor del resto de las capas.