



TRABAJO FINAL DE GRADO

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA RESOLVER LAS FILTRACIONES EN LA CERRADA DE LA PRESA DE ALLOZ (NAVARRA)

ANEJO Nº8: PROGRAMA DE TRABAJOS Y JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Titulación: *Grado en Ingeniería Civil*

Curso académico: *2017/2018*

Autor: *Vicente Juan Campos*

Tutor: *Julio Garzón Roca*

Cotutor: *Francisco Javier Torrijo Echarri*

Valencia, Junio de 2018

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 5

2. FASES DEL PROCESO 5

2.1. TRABAJOS PREVIOS 5

2.2 EJECUCIÓN DE LAS INYECCIONES 6

2.3 REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO 7

3. VALORACIÓN ECONÓMICA 7

4. DIAGRAMA DE GANTT 10

5. REFERENCIAS..... 12

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este anejo es la descripción del proceso de ejecución de la solución elegida en el Anejo n°6 y desarrollada en el Anejo n°7, para resolver la problemática de las filtraciones en la cerrada de la presa de Alloz (Navarra). Se describen las fases del proceso según su cronología de ejecución y, finalmente, se expone una valoración económica aproximativa de las mismas y de la solución en su totalidad, proseguido del diagrama de Gantt asociado.

2. FASES DEL PROCESO

Para el proceso de ejecución de la solución, se han tenido en cuenta 3 fases o capítulos en los que se divide el proceso, a partir de los cuales se ha realizado la estimación económica, así como el programa de trabajos. Estas fases son las definidas a continuación.

2.1. TRABAJOS PREVIOS

Conforme lo expuesto en el Anejo n°1, nos encontramos en zona de montaña, donde el terreno es muy irregular, por lo que los trabajos previos se centrarán en el desbroce de la zona de actuación y excavación de materiales hasta 0,5 metros por debajo de la cota del terreno para regularizar la superficie.

El desbroce y la excavación de 0,5 metros de profundidad, se realizarán según línea de ejecución de las inyecciones, asegurando una superficie plana y limpia sin afectar lo más mínimo a la ejecución de estas, según la Figura 1. De este modo, la superficie aproximada a desbrozar ocupa una extensión de 925 m², mientras que el volumen de terreno a excavar supone un total de 462,5 m³.

Puesto que la zona de trabajo es bastante peligrosa, ya que este se llevará a cabo en alturas considerables, se utilizarán cintas de señalización para rodear la zona, así como mallas y barandillas de protección. Esta parte, junto con la señalización de la zona, vendrá incluida dentro del capítulo de seguridad y salud que se tendrá en cuenta a la hora de llevar a cabo la valoración económica.

También se tendrá en cuenta el desplazamiento de los equipos hasta la zona desde una distancia no superior a 200 km. Esta, al ser maquinaria especial, será necesario que se obtengan los permisos apropiados para poder realizar el transporte sin afectar a la circulación de la zona y respetando las indicaciones que se reflejan en el apartado “Accesos” del Anejo n°7.

Tal y como se expuso en el Anejo n°7, se establecerán dos centrales de inyección con los equipos necesarios para el mezclado, agitado y bombeo de la mezcla, por lo que se emplearán 2 equipos de inyección para la ejecución. Puesto que estos equipos quedarán instalados sobre terreno pavimentado, no será necesario llevar a cabo ningún tipo de trabajo de adecuación del terreno para su colocación.

Se establece una duración aproximada de las actuaciones previas a la ejecución de la pantalla de dos semanas.



Figura 1. Superficie de desbroce y excavación. Fuente: Propia

2.2 EJECUCIÓN DE LAS INYECCIONES

Para la ejecución de las inyecciones se han planteado dos fases de 34 y 33 taladros respectivamente. En la Fase 1, se realizan las perforaciones S-1 hasta S-19 en la margen derecha desde la superficie del terreno, con una longitud de 69,3 metros y alcanzando una profundidad de 60 metros desde la superficie, ejecutándose con una inclinación de 60° en dirección al embalse. Los taladros S-27 hasta S-34 se realizan del mismo modo en la margen izquierda de la presa, mientras que el resto se efectúan desde la galería de servicio de la presa, la cual presenta unas dimensiones de 2,5 metros de alto y 2 metros de ancho.

La Fase 2 de inyecciones será llevada a cabo mediante un total de 33 perforaciones dispuestas una cada dos de las perforaciones ejecutadas en la Fase 1. La orientación de las mismas seguirá el mismo patrón que en la Fase 1, incluyendo aquellas que se lleven a cabo desde la galería de servicio.

Se tienen, por tanto, un total de 67 inyecciones, de 69,3 metros de longitud cada una, lo que suma un total de 4643,1 metros lineales de inyección. Estas inyecciones se llevarán a cabo por cierre progresivo, que consiste en perforar e inyectar sucesivamente las dos fases de perforación. De este modo, se garantizará un tratamiento uniforme mínimo. Se inyectarán, en primer lugar, las perforaciones de la Fase 1, y, a fin de limitar la migración de la mezcla de inyección fuera de los límites de la zona a tratar, se comenzarán las inyecciones en la periferia de la zona yendo progresivamente

hasta la zona central. Así, también se irá cerrando progresivamente el paso de agua subterránea hasta reconducirse en la zona central de la presa hasta el cauce del Río Salado situado aguas abajo.

Los trabajos de inyección deberán estar dirigidos por personal cualificado, que cuente con amplia experiencia anterior en materia de inyecciones. Por su parte, los equipamientos utilizados para la colocación de la mezcla de inyección deben resistir con toda seguridad las presiones de inyección máximas previstas. Además, un personal competente deberá mantener el equipo de inyección en buen estado de funcionamiento durante la duración de los trabajos.

Las perforaciones se realizarán a rotación con un diámetro de 50 mm de forma descendente en 6 tramos de 10 metros y un último tramo de 9,3 metros. En caso de que se observasen inestabilidades en el macizo a la hora de perforar, se emplearán entubaciones temporales recuperables. El proceso se regirá del siguiente modo:

- 1) Perforación del primer tramo de inyección, instalando el circuito y realizando pruebas de presión de agua para posteriormente inyectar la zona y lavarla a fin de evacuar todos los detritus, y abrir las fisuras y las fracturas.
- 2) Perforación del segundo tramo, colocando en primer lugar el obturador en el límite de la zona previamente inyectada para evitar que pueda cubrir alguna fractura. Posteriormente, realización de pruebas de presión de agua, inyección y lavado del taladro.
- 3) Repetir hasta alcanzar la profundidad requerida.

La separación de las perforaciones queda definida en el Documento n°2: Planos, así como su localización, aunque, si fuese necesario, se recurrirá a adaptaciones locales de los ángulos de orientación y el espaciado de las perforaciones de inyección, así como a efectuar nuevas perforaciones.

En cuanto a las mezclas a inyectar, los depósitos de mezcla de inyección lista para su uso deberán estar diseñados para garantizar que las propiedades reológicas, u otras, no se modifiquen de forma inadmisiblemente durante el almacenamiento. La dosificación de los componentes de la mezcla de inyección se hará con un equipo calibrado, de acuerdo con las tolerancias específicas de los trabajos. Por otra parte, a fin de que se pueda asegurar un aprovisionamiento continuo de las mezclas de inyección de la Fase 1, se colocará un depósito de regulación entre la amasadora y la bomba a fin de evitar la sedimentación y/o fraguado prematuro.

Finalmente, en cuanto a las presiones de inyección, estas no superarán los 0,8 MPa a fin de evitar la rotura del macizo, controlando en todo momento que ésta no sea superada.

Expuestas las disposiciones y proceso constructivo de la pantalla, se estima un rendimiento medio de ejecución de 40 metros por día, lo que supone un total de 116 días para ejecutar los 4643,10 metros lineales de inyección. Puesto que se realizará el proceso desde dos centrales de inyección independientes que trabajarán de forma simultánea, la duración se reduce a la mitad, es decir, 58 días en total.

2.3 REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Tras haber finalizado la ejecución de las inyecciones, se deberá proceder al reacondicionamiento de la zona de actuación. Para ello se extenderá una capa de tierra vegetal sobre toda la zona tratada extendida con medios mecánicos, mediante miniretroexcavadora. Con ello se pretende que la zona vegetal afectada se regenere de la forma más rápida posible a fin de que el impacto ambiental sea mínimo una vez finalizado el proceso de ejecución.

Se aportará un espesor de tierra vegetal igual a 0,5 metros a lo largo de toda la superficie previamente desbrozada y excavada, por lo que será necesario un volumen de tierra vegetal a extender igual a 462,5 m³.

Se estima una duración de una semana para la realización del reacondicionamiento del terreno mediante extensión de tierra vegetal.

3. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se realizará una valoración económica de las distintas unidades de obra presentes en el estudio a fin de justificar el precio del mismo a la hora de llevar a cabo su ejecución. Para su realización se empleará la Base de Precios de la empresa CYPE Ingenieros S.A.

A continuación, se muestran divididas las diferentes unidades que componen el proceso completo de ejecución agrupadas en tres bloques.

CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS

1.1 Desbroce de la zona de actuación

- (m²) Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para ejecución: arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión incluyendo transporte a vertedero hasta una distancia de 50 km.
➤ **COSTE = 1,66 €/m²**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Equipo y maquinaria				
h	Motosierra a gasolina, de 50 cm de espada y 2 kW de potencia.	0,020	3,00	0,06
h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m³.	0,015	40,13	0,60
			Subtotal equipo y maquinaria:	0,66
Mano de obra				
h	Peón ordinario construcción.	0,060	16,16	0,97
			Subtotal mano de obra:	0,97
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	1,63	0,03
			Costes directos (1+2+3):	1,66

1.2 Regularización del terreno

- (m³) Excavación para regularización del terreno hasta una profundidad de 2 m, en suelo de roca blanda, con medios mecánicos, y carga a camión, incluido transporte a vertedero hasta una distancia de 50 km.
 - **COSTE = 38,08 €/m³**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Equipo y maquinaria				
h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0.151	36.43	5.50
h	Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor.	0.302	64.84	19.58
Subtotal equipo y maquinaria:				25.08
Mano de obra				
h	Peón ordinario construcción.	0.758	16.16	12.25
Subtotal mano de obra:				12.25
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	37.33	0.75
Costes directos (1+2+3):				38.08

1.3 Transporte de los equipos y puesta en obra

- (Ud.) Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para inyecciones a presión, a una distancia de hasta 200 km.
 - **COSTE = 777,82 €/Ud.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Equipo y maquinaria				
Ud	Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para realización de inyecciones a presión, a una distancia de hasta 200 km.	1,005	758,78	762,57
Subtotal equipo y maquinaria:				762,57
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	762,57	15,25
Costes directos (1+2):				777,82

CAPÍTULO 2: EJECUCIÓN DE LAS INYECCIONES

- (m) Columna de terreno consolidado con inyecciones de lechada de cemento a presión, 300 kg/m de consumo medio de cemento y colocación en el terreno de tubos provistos de válvulas, a través de las cuales se inyecta a presión la lechada de cemento.
 - **COSTE = 72,51 €/m**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m³	Agua.	0,375	1,50	0,56
t	Cemento CEM II / A-P 32,5 N, a granel, según UNE-EN 197-1.	0,300	92,76	27,83
Subtotal materiales:				28,39
Equipo y maquinaria				
h	Equipo para inyecciones de lechada de cemento, con bomba de presión y carro de perforación para taladros.	0,090	404,35	36,39
Subtotal equipo y maquinaria:				36,39
Mano de obra				
h	Oficial 1ª construcción.	0,187	17,54	3,28
h	Peón ordinario construcción.	0,093	16,16	1,50
h	Peón especializado construcción.	0,093	16,50	1,53
Subtotal mano de obra:				6,31
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	71,09	1,42
Costes directos (1+2+3+4):				72,51

- (m) Columna de terreno consolidado con inyecciones de mortero de cemento y arcilla a presión, 300 kg/m de consumo medio de cemento y colocación en el terreno de tubos provistos de válvulas, a través de las cuales se inyecta a presión el mortero de cemento y arcilla.
 - **COSTE = 36,26 €/m**

Debe mencionarse que, puesto que la base de precios empleada no cuenta con información acerca de inyecciones mediante mezclas estables de arcilla y cemento, se ha optado por obtener el coste de la unidad en base a la relación existente entre el precio de una inyección mediante suspensión de agua-cemento y una mezcla estable con arcilla, la cual es igual a 2/1 según Cabemfort (1968). De este modo, se establece el coste de la unidad en 36,26 euros por metro lineal de inyección.

CAPÍTULO 3: REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

3.1 Aporte de tierra vegetal

- (m³) Aporte de tierra vegetal, suministrada a granel y extendida con medios mecánicos, mediante miniretroexcavadora.
 - **COSTE = 35,81 €/m³**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m³	Tierra vegetal cribada, suministrada a granel.	1.150	23.70	27.26
Subtotal materiales:				27.26
Equipo y maquinaria				
h	Miniretroexcavadora sobre neumáticos, de 37,5 kW.	0.101	45.59	4.60
Subtotal equipo y maquinaria:				4.60
Mano de obra				
h	Peón jardinero.	0.201	16.16	3.25
Subtotal mano de obra:				3.25
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2.000	35.11	0.70
Costes directos (1+2+3+4):				35.81

Una vez expuestas las principales unidades de obra, se calcula la estimación económica del coste de ejecución material del conjunto de la actuación propuesta a partir de las mediciones estimadas anteriormente en el apartado de la programación de los trabajos. Además, se tendrán en cuenta unos porcentajes representativos para las labores de gestión de residuos (transporte de tierras principalmente) y de seguridad y salud en lo relativo al personal presente en la ejecución de las obras.

En la siguiente tabla se muestra desglosado el precio de cada unidad de obra junto con la medición de la misma, así como la estimación económica total sin tener en cuenta el beneficio industrial, los gastos generales y el IVA.

	UNIDAD DE OBRA	IMPORTE	MEDICIÓN	TOTAL
CAP. 1: ACTUACIONES PREVIAS	Desbroce de la zona de actuación (m²)	1,66	925,00	1.535,50
	Regularización del terreno (m³)	38,08	462,50	17.612,00
	Transporte de los equipos y puesta en obra (Ud.)	777,82	2	1.555,64
CAP. 2: EJECUCIÓN DE LAS INYECCIONES	Inyecciones Fase 1 (m)	36,26	69,30 · 34	85.435,81
	Inyecciones Fase 2 (m)	72,51	69,30 · 33	165.823,12
CAP. 3: REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	Aporte de tierra vegetal (m³)	35,81	462,50	16.562,12
COSTE TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL				288.524,19
CAP. 4: GESTIÓN DE RESIDUOS (2% COSTE TOTAL)				5.770,48
CAP. 5: SEGURIDAD Y SALUD (3% COSTE TOTAL)				8.655,73
ESTIMACIÓN ECONÓMICA TOTAL (S/N B.I. – G.G. – I.V.A.)				302.950,40

Tabla 1. Estimación económica. Fuente: Propia

Por tanto, el coste total de la estimación de ejecución material de la actuación propuesta asciende a la cantidad de *TRESCIENTOS DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS*, sin tener en cuenta ni el beneficio industrial, ni los gastos generales ni el I.V.A.

4. DIAGRAMA DE GANTT


Una vez detalladas todas las tareas principales de los capítulos que resumen el programa de trabajos para la ejecución de la solución propuesta, las mediciones y la estimación de los costes de las mismas, queda únicamente por definir la escala temporal del plan de trabajo por capítulos y unidades.

En la siguiente tabla se muestran cada una de las unidades o actividades a realizar, así como su duración temporal en semanas y las actividades precedentes:

ACTIVIDAD	DURACIÓN (Semanas)	PRECEDENCIA
1.1 Desbroce de la zona de actuación	1	-
1.2 Regularización del terreno	1	1.1
1.3 Transporte de los equipos y puesta en obra	1	1.1
2.1 Inyecciones Fase 1	6	1.2, 1.3
2.2 Inyecciones Fase 2	6	2.1
3.1 Aporte de tierra vegetal	1	2.2
4.1 Gestión de residuos	15	-
5.1 Seguridad y salud	15	-

Tabla 2. Duración y precedencia de las actividades a realizar. Fuente: Propia

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt, en el que se puede observar gráficamente como todas las actividades forman parte del camino crítico del proceso de ejecución y que la duración total de la obra es de 15 semanas.

		ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA RESOLVER LAS FILTRACIONES EN LA CERRADA DE LA PRESA DE ALLOZ (NAVARRA)														
PLAN DE OBRA																
UNIDADES		DIAGRAMA DE GANTT														
ACT.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15
CAP. 1: ACTUACIONES PREVIAS																
1.1	Desbroce de la zona de actuación															
1.2	Regularización del terreno															
1.3	Transporte de los equipos y puesta en obra															
CAP. 2: EJECUCIÓN DE LAS INYECCIONES																
2.1	Inyecciones Fase 1															
2.2	Inyecciones Fase 2															
CAP. 3: REACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO																
3.1	Aporte de tierra vegetal															
CAP. 4: GESTIÓN DE RESIDUOS																
4.1	Gestión de residuos															
CAP. 5: SEGUIRIDAD Y SALUD																
5.1	Seguridad y salud															

5. REFERENCIAS

Las fuentes de información o referencias empleadas para la redacción de este anejo son las mencionadas a continuación:

- 1) UNE-EN 12715 (2001). *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Inyecciones*. AENOR.
- 2) SECRETARÍA DE ESTADO DE PLANIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS (2013). *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*. Ministerio de Fomento.
- 3) Web de la Base de Precios de la empresa CYPE Ingenieros S.A. (1º consulta en mayo de 2018). Disponible en: <http://generadorprecios.cype.es/>