

NOTAS

REFERENCIA

NOTAS INSPECCION

QUEDA PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN
PREVIA AUTORIZACION DE REPRESAS PATAGONIA UTE

| | | | | | | |
|------|------------------|----------|----------|---------|--------|----------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 0A | EMISION ORIGINAL | 02-02-22 | UTE | RED | EF | CA |
| REV. | DESCRIPCIÓN | FECHA | PROYECTÓ | EJECUTÓ | REVISÓ | VERIFICÓ |

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA SECRETARÍA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUBSECRETARÍA DE
ENERGÍA HIDROELÉCTRICA



APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO

SANTA CRUZ

Pte. Néstor KIRCHNER y Gdor. Jorge CEPERNIC

| NOMBRE | | FECHA |
|--------------|----|----------|
| EJECUTÓ | EG | 02-02-22 |
| REPRES. TEC. | | |

REPRESA GDOR. JORGE CEPERNIC
MONITOREO POR FIBRA OPTICA
PROCEDIMIENTO QUE HABILITA EL INICIO DEL
HORMIGONADO ANTES DEL SUMINISTRO DEL
CABLE DE FIBRA OPTICA

| | | |
|--|--|-------------------|
| | | Etapa Proyecto: |
| | | |
| | | Nivel desarrollo: |
| | | 100 |

| | | | | |
|------|-------|------|-------------------------------|------|
| Pág. | Form. | Esc. | Doc. N° | Rev. |
| 1/ | A4 | s/e | LB-A.CV-MT.GT-(AU-00-00)-D903 | 0A |

OBJETO DEL DOCUMENTO

En el marco de la construcción del proyecto de la presa La Barrancosa en el río Santa Cruz, se presentan los dos documentos iniciales para cumplimentar el requerimiento del Comitente y la Inspección de la instalación de fibra óptica (FO) a lo largo de la presa en la junta perimetral de Plinto y losa.

La consultora RED Ingeniería y sus subcontratistas EDF (subcontratista nivel 1) y geophyConsult (subcontratista nivel 2) están a cargo del diseño, control de realización y puesta en marcha de la instalación fibra óptica para esta auscultación.

La primera fase de esta presentación tiene como objetivo proporcionar especificaciones detalladas de los equipos a suministrar y el diseño detallado de la instalación de la Fibra Óptica (FO), luego de haber recopilado y analizado los documentos antecedentes proporcionados por la UTE Represas Patagonia.

Se incluye en la emisión otro documento relacionado con el llamado sistema de espera que tiene como objetivo describir el procedimiento que permita iniciar el hormigonado de algunas losas antes del suministro del cable de FO. Proporciona el diseño y el procedimiento de instalación del sistema en espera.



REPRESAS PATAGONIA
ELING·CGGC·HCSA·UTE

MONITOREO POR FIBRA ÓPTICA

PRESA LA BARRANCOSA



PROCEDIMIENTO QUE HABILITA EL INICIO DEL HORMIGONADO ANTES DEL SUMINISTRO DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA



Av. Luis Toschi 258, Of. 13, Cipolletti, Río Negro (CP: R8324DQF), Argentina
Tel: (299) 154 693 670 / 154 585 112 / Tel desde el exterior: +54 9 299 4 693 670 / 4 585 112
E-mail: info@reding.com.ar
www.reding.com.ar

| | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|----------------|-----|---------------|--|---------------|--|
| Fecha de emisión: Febrero 2022 | | | | | | | | |
| Título: Procedimiento que habilita el inicio del hormigonado antes del suministro del cable de fibra óptica | | | | | | | | |
| Obra: Aprovechamiento Hidroeléctrico La Barrancosa | | | | | | | | |
| Lugar: Santa Cruz, Argentina | | | | | | | | |
| Cliente: REPRESAS PATAGONIA UTE. | | | | | | | | |
| Código N°: 435LB-AU-ET-I-2121-Rev00 | | | | | | | | |
| Tipo de documento: Especificación técnica | | | | | | | | |
| Archivo: R:\AR\REPRESAS PAT\435-IngFOAusc-LaBarrancosa\DocEmitida\Tarea 1.3 | | | | | | | | |
| Revisión: 00 | | | | | | | | |
| LISTADO DE REVISIONES | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 00 | Documento original | 11/02/22 | CCA | EDF | CCA | | MCO | |
| Rev. | DESCRIPCIÓN | FECHA | ELABORÓ | | REVISÓ | | APROBÓ | |

Project : **LA BARRANCOSA DAM - FIBRE OPTICS MONITORING**

Title :

Procedure enabling starting concreting before FO cable supply

| | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|
| IH | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|

Summary : This report presents the specifications of the waiting system for the fibre optics monitoring installation and the associated installation procedure on La Barrancosa dam project.

Revision :

| <i>Written by</i> | | <i>Checked by</i> | | <i>Approved by</i> | |
|--------------------|--------------|--|--------------|---|--------------|
| <i>name / date</i> | <i>sign.</i> | <i>name / date</i> | <i>sign.</i> | <i>name / date</i> | <i>sign.</i> |
| RÉMI BÉGUIN | | EDOUARD BUCHOUD, JEAN- ROBERT COURIVAUD | | DENIS AELBRECHT | |
| OTP : | | Technical note <input checked="" type="checkbox"/> | | Report <input type="checkbox"/> | |
| Filing : | | | | Calculation note <input type="checkbox"/> | |

| Accessibility | |
|---------------|---|
| Confidential | <input type="checkbox"/> Access limited to the addressee only |
| Limited | <input type="checkbox"/> Distribution limited to the names listed on the transmitted notice |
| E.D.F. | <input checked="" type="checkbox"/> Distribution outside of EDF only after approval of Head of Department |
| Free | <input type="checkbox"/> Public document |

| Classification (Cf. procedure IH.PRO.1600) | |
|--|--------------------------|
| Category 1 | <input type="checkbox"/> |
| Category 2 | <input type="checkbox"/> |
| Category 3 | <input type="checkbox"/> |
| Category 4 | <input type="checkbox"/> |

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 | PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN GLOBAL | 1 |
| 2.1 | RECEPCIÓN DEL CABLE | 1 |
| 2.2 | FASES DE LA INSTALACIÓN DEL CABLE | 1 |
| 2.3 | COLOCACIÓN DE CABLES | 2 |
| 2.4 | CONTROL DE POSICIÓN Y RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO | 2 |
| 2.5 | RELLENO DE ZANJAS..... | 3 |
| 2.6 | MEDICIONES DE CALIDAD ÓPTICA Y ELÉCTRICA | 3 |
| 2.7 | PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN EN CASO DE DAÑO EN EL CABLE.... | 3 |
| 3 | UBICACIÓN ÓPTIMA DEL CABLE Y DEL SISTEMA EN ESPERA | 4 |
| 3.1 | PRINCIPIO..... | 4 |
| 3.2 | MODELO NUMÉRICO | 4 |
| 3.2.1 | DESCRIPCIÓN | 4 |
| 3.2.2 | INSTALACIÓN ESTÁNDAR, DIRECTAMENTE EN MATERIAL 2A..... | 5 |
| 3.2.3 | INFLUENCIA DEL SISTEMA EN ESPERA..... | 7 |
| 4 | SISTEMA EN ESPERA | 10 |
| 4.1 | FASES | 10 |
| 4.1.1 | Antes de la llegada del cable al sitio..... | 10 |
| 4.1.2 | Después de la llegada del cable al sitio..... | 11 |
| 4.1.3 | Tubería | 14 |
| 4.1.4 | Geotextil | 14 |
| 5 | DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA | 14 |

FIGURAS

| | | |
|-------------|---|---|
| Figura 2.1: | Posibilidades de colocación del geotextil | 2 |
| Figura 2.2 | Ejemplo de caja de empalme que se puede utilizar para la reparación | 3 |
| Figura 3.1: | Esquema del modelo numérico de escurrimiento | 5 |
| Figura 3.2: | Campo de velocidades ($\times 10^{-4}$ m/s) en las proximidades de la filtración a través de la junta para un caudal de filtración total de 0,4 l/s (carga hidráulica total aplicada). | 6 |
| Figura 3.3: | Campo de velocidades ($\times 10^{-5}$ m/s) en la vecindad de la filtración a través de la junta para una filtración de ~1 l/min (3 m de altura hidráulica) | 6 |
| Figura 3.4: | Posición propuesta para el cable | 7 |
| Figura 3.5: | Velocidad a lo largo de los cables cuando se instalan en el material 2A para una filtración de 0,4 l/s | 7 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.6: Campo de velocidades con presencia del sistema en espera y filtración de 0,4 l/s | 8 |
| Figura 3.7: Velocidades a lo largo de los cables cuando se instalan en el sistema en espera debajo de la losa primaria (la tubería se encuentra entre 7.5 y 22.5 m) para una filtración de 0,4 l/s | 9 |
| Figura 3.8: Velocidades a lo largo de los cables cuando se instalan en el sistema en espera debajo de la losa primaria (la tubería se encuentra entre 7.5 y 22.5 m) para una filtración de 1 l/min | 9 |
| Figura 4.1: Sistema en espera | 10 |
| Figura 4.2: Tuberías y geotextil en el fondo de la zanja..... | 11 |
| Figura 4.3: Sistema en espera después del hormigonado de las losas primarias | 11 |
| Figura 4.4: Después de excavado de la zanja y a tubería sin tapones | 12 |
| Figura 4.5: Después de colocado el cable y el geotextil | 13 |
| Figura 4.6: Después de relleno de la zanja y hormigonado de las losas secundarias .. | 13 |
| Figura 4.7: Ficha técnica de tubo Drena Flex propuesto por UTE | 14 |

1 INTRODUCCIÓN

En el marco de la construcción del proyecto de la presa La Barrancosa en el río Santa Cruz, en la región de la Patagonia, Argentina, RED Ingeniería y sus subcontratistas EDF (subcontratista nivel 1) y geophyConsult (subcontratista nivel 2) están a cargo del diseño, control de realización y puesta en marcha de la instalación fibra óptica para auscultación.

La primera fase de esta misión tiene como objetivo proporcionar especificaciones detalladas de los equipos a suministrar y la ingeniería de detalle de la instalación de fibra óptica. Dentro de esta primera fase, luego de haber recopilado y analizado los documentos antecedentes proporcionados por UTE Represas Patagonia (Tarea 1.1) y definido las especificaciones del cable de fibra óptica (Tarea 1.2), la Tarea 1.3 tiene como objetivo describir el procedimiento que permita iniciar el hormigonado antes del suministro del cable de FO, consistente en la instalación de los “sistemas en espera”.

Este informe es el entregable de la Tarea 1.3, que proporciona el diseño y el procedimiento de instalación del sistema en espera.

El procedimiento global propuesto para la instalación del cable se introduce brevemente en el capítulo 2 como base para describir los ajustes necesarios para comenzar el hormigonado. Este procedimiento global se presentará detalladamente en la ingeniería de detalle.

En el capítulo 3 se define la posición óptima del cable para todo el sistema, incluyendo el sistema en espera a partir de una modelación numérica hidráulica de las filtraciones.

Finalmente, el procedimiento a seguir para poder empezar a hormigonar antes de la entrega del cable de fibra óptica se presenta en el capítulo 4.

2 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN GLOBAL

2.1 RECEPCIÓN DEL CABLE

Cuando los cables de fibra óptica se entreguen en el sitio, se realizará una verificación completa de su funcionamiento. Esto incluye: la verificación de la longitud, la continuidad, las pérdidas ópticas en la fibra, la resistencia eléctrica de los hilos de cobre, el aislamiento de los hilos, el marcado de la cubierta, la ausencia de daños visibles.

El procedimiento completo se describirá en la ingeniería de detalle (informe de la Tarea 1.4).

2.2 FASES DE LA INSTALACIÓN DEL CABLE

La planificación de las obras indica que primero se construye el terraplén por compactación del suelo, luego se hormigona el plinto y finalmente se hormigonan las losas. En consecuencia, los cables deben instalarse después del hormigonado del plinto y antes del hormigonado de las losas.

Como se prevén varios circuitos de cable, conectados a diferentes casetas en el coronamiento de la presa, el escalonamiento de cada instalación de cable debe estar sincronizado con el escalonamiento de obra, especialmente el hormigonado del plinto y losas en las distintas zonas de la presa. Todo el cronograma de instalación se estudiará en el diseño de detalle.

Es importante señalar que los sistemas de espera se refieren sólo al inicio de las obras, y por lo tanto están restringidos a una zona de la presa: la “Margen Derecha”, desde PR2+075 hasta PR1+050.

2.3 COLOCACIÓN DE CABLES

Las filtraciones a detectar procederían de un defecto en la junta perimetral. Por tanto, los cables se instalarán justo debajo de este empalme, en el material 2A. La posición óptima de los cables se analiza en §3.

El cable debe estar envuelto en una capa de geotextil. Este geotextil tiene varias funciones: (i) proteger el cable en el suelo; (ii) mejorar la capacidad de detección de filtraciones (cambiando las propiedades térmicas del entorno del cable) y (iii) guiar las filtraciones hacia el cable.

No existe un requisito específico sobre la apertura de filtración o la resistencia mecánica del geotextil. Sin embargo, los requisitos para el geotextil son un espesor mínimo de 5 mm (carga de 2 kPa) y una masa superficial mínima de 650 g/m². Si un producto de estas características es difícil de suministrar, se pueden utilizar varias capas de un geotextil más delgado y agregar sus características para alcanzar el requerimiento. Son posibles varias configuraciones y el más simple de realizar en el sitio puede conservarse tan pronto como haya al menos una capa de geotextil alrededor de cada cable (Figura 2.1).

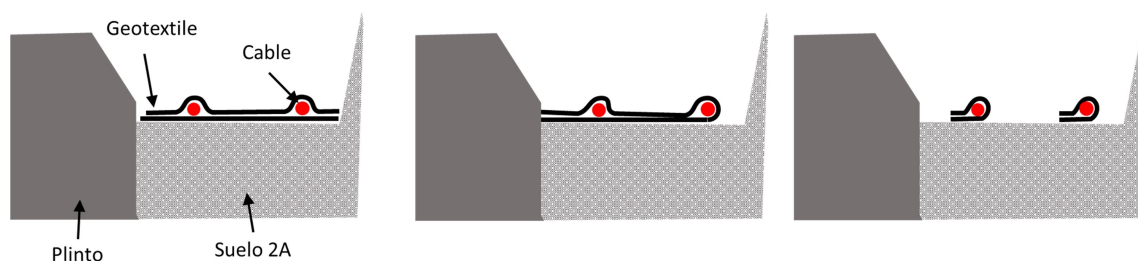


Figura 2.1: Posibilidades de colocación del geotextil

Los cables se desenrollan y se instalan en la zanja evitando que la tensión sobrepase el límite aceptable para el cable y utilizando un gancho giratorio para evitar la torsión.

En todo momento, el cable deberá respetar el radio mínimo de curvatura del cable para no dañar la fibra, tal y como se indica en la ficha técnica del cable.

2.4 CONTROL DE POSICIÓN Y RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO

Una vez instalados ambos cables de fibra óptica, se comprueba su posición, especialmente la distancia al empalme (ver §3). Se realiza un relevamiento topográfico del marcado que el cable posee en la cubierta en los siguientes puntos específicos:

- Giros, extremos de la zona monitoreada, entrada y salida de casetas,
- Entrada y salida de los sistemas en espera (ver §4),
- Regularmente, en las juntas de cada losa,
- En caso de cualquier particularidad (daños en el cable, modificación local del material de asiento, eventos puntuales...).

Este relevamiento topográfico debe ser realizado por GPS, proporcionando las coordenadas (x, y, z) de cada punto medido. La incertidumbre de medida máxima

requerida es de 10 cm para las coordenadas (x, y) y 5 cm de altura, para conocer con precisión la distancia entre el empalme y el cable.

2.5 RELLENO DE ZANJAS

Después de la instalación del cable de fibra óptica y el control de su posición, la zanja se puede rellenar con el material 2A.

La compactación manual de este material debe realizarse después de la colocación de una capa de relleno de 20 cm de espesor que cubra el cable.

2.6 MEDICIONES DE CALIDAD ÓPTICA Y ELÉCTRICA

La continuidad del cable y su calidad óptica se comprueba después de cada etapa de recubrimiento del cable. La frecuencia de esta medición deberá ajustarse a la celeridad de la obra, pero se recomienda realizar al menos una verificación antes del hormigonado de las losas (para poder reparar el cable en caso necesario).

Estas medidas se tendrán que realizar con un OTDR¹ desde el extremo del cable, en cada fibra óptica del cable. El procedimiento y requisitos mínimos para estas mediciones se definirán en el informe de ingeniería de detalle.

Además de las medidas de calidad óptica, habrá que realizar medidas de resistencia eléctrica en el cable con la misma frecuencia que las medidas ópticas.

2.7 PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN EN CASO DE DAÑO EN EL CABLE

En caso de daño del cable durante los trabajos (comprobado visualmente o identificado a partir de la medición óptica o eléctrica), se debe realizar una soldadura para restaurar la continuidad del cable.

Esta operación consiste en cortar el cable en el lugar del daño y realizar empalmes para las fibras ópticas y soldaduras en los hilos de cobre. Estas conexiones deben protegerse en una caja de protección adecuada (Figura 2.2).

Para garantizar la estanqueidad de la caja bajo presión de agua (especialmente para evitar cortocircuitos entre los hilos de soldadura), se puede realizar una inyección de polímeros en la caja de protección.

El procedimiento para esta reparación se describirá detalladamente en el informe de ingeniería de detalle.



Figura 2.2 Ejemplo de caja de empalme que se puede utilizar para la reparación

Cada una de estas reparaciones será un punto débil de la instalación. Por lo tanto, su número debe limitarse tanto como sea posible tomando todas las precauciones para evitar cualquier daño en el cable.

¹ Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)

3 UBICACIÓN ÓPTIMA DEL CABLE Y DEL SISTEMA EN ESPERA

3.1 PRINCIPIO

Las filtraciones a detectar pueden variar desde una filtración muy puntual hasta una filtración lineal que puede afectar a varias decenas de metros de junta. Estas filtraciones se extenderán en el material 2A, justo detrás de la junta.

El caudal será cuasi esférico (filtración puntual) o cilíndrico (filtración lineal) en los primeros metros y luego se difundirá más uniformemente en el relleno hasta ser evacuado bien por el dren o bien por la fundación. La velocidad del flujo es máxima en el punto de entrada (junta) y luego disminuyen muy rápidamente debido a la difusión esférica o cilíndrica del flujo.

La detección de filtraciones con el sistema activo de fibra óptica (con calefacción) puede detectar cambios en la saturación del suelo (suelo seco y saturado reaccionarán de manera diferente al calentamiento).

En un suelo saturado que se corresponde con el caso asumido aquí, se producirá un cambio térmico detectable para velocidades de alrededor de 10^{-5} m/s. Este límite inferior depende del tipo de cable, de la potencia de calentamiento, del material que lo rodea, etc.

A partir de velocidades en torno a 10^{-3} m/s, el calentamiento del cable será mínimo, siendo evacuado todo el calor por la filtración. Significa que una velocidad de flujo de 10^{-1} m/s (por ejemplo) producirá una medición de temperatura similar a una velocidad de 10^{-3} m/s: ambas filtraciones se detectarán fácilmente pero no se podrán diferenciar ni clasificar.

Por lo tanto, si el cable está muy cerca de la junta, todas las filtraciones se detectan fácilmente, pero todas generarán velocidades superiores a 10^{-3} m/s y mediciones de temperatura similares, cualquiera que sea la tasa de filtración. Si el cable está demasiado alejado de la junta, algunas filtraciones podrían generar velocidades del orden de 10^{-5} m/s, y por tanto ser indetectables.

Para seleccionar la posición óptima del sistema en espera, por lo tanto, se necesita un análisis hidráulico de las filtraciones. Además, se recomienda instalar el sistema en espera en la misma posición transversal que el cable enterrado directamente en el material 2A: esto simplificará el procedimiento de instalación y limitará el riesgo de generar fuerzas de corte que afecten al cable en las transiciones con el sistema en espera. Por lo tanto, ambos análisis (cable directamente enterrado y sistema en espera) deben realizarse de forma conjunta.

3.2 MODELO NUMÉRICO

3.2.1 Descripción

Se ha construido un modelo numérico hidráulico con el software Geostudio Seep3D para representar la propagación de la filtración en el material 2A. El objetivo es identificar la ubicación del cable que proporciona velocidades en el rango óptimo de detección. Las hipótesis para este modelo son:

- El plinto y la losa se representan con contornos cerrados y se desprecia la componente del flujo hacia la fundación (se considera un borde cerrado).
- Tanto el material 2A como el 2B se consideran idénticos con una permeabilidad horizontal de $5 \cdot 10^{-5}$ m/s y una anisotropía $K_h/K_v=5$. Se considera el material 3B con una permeabilidad horizontal de $5 \cdot 10^{-4}$ m/s y una anisotropía $K_h/K_v=5$.

- Se considera que la salida del flujo se genera en el dren, con un nivel de agua constante de 0.5 m en el mismo.
- La filtración está representada por una carga hidráulica fija aplicada en una abertura de 2 cm de ancho, en un tramo de la junta de 1 m de largo.
- Se representa una sección de la presa de 30 m de largo, que incluye la mitad de una losa secundaria, una losa primaria completa y nuevamente la mitad de una losa secundaria. La filtración puntual se centra en la losa primaria (Figura 3.1).

Se debe tener en cuenta que el flujo se analiza solo en el primer metro desde la junta. El modelo es más grande para reducir la influencia de las condiciones de contorno: no se necesita una representación precisa del flujo dentro de la presa.

En el área de interés, el campo de velocidad está controlado principalmente por el caudal de entrada a través del defecto en la junta. Se verificó por ejemplo que cambiando la permeabilidad del material 2A por un factor de 10 no modifica el campo de velocidades en la ubicación del cable, y para un mismo caudal de filtración, las velocidades son muy similares.

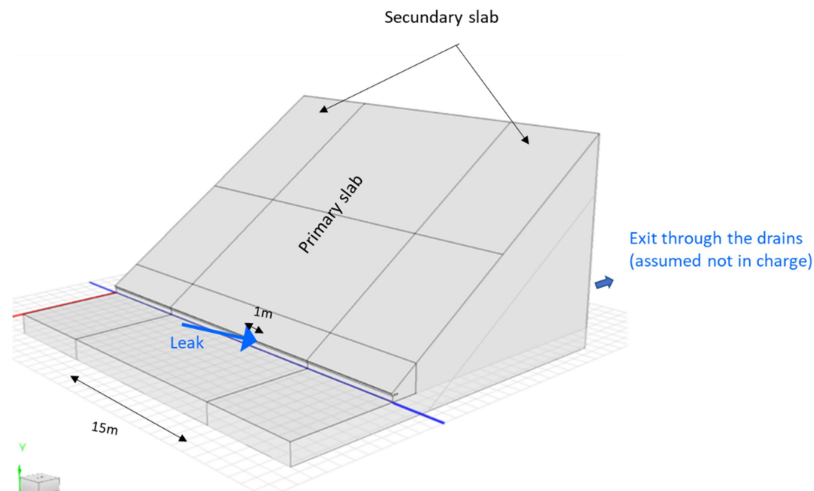


Figura 3.1: Esquema del modelo numérico de escurrimiento

3.2.2 Instalación estándar, directamente sobre el material 2A

El campo de velocidades obtenido en un plano vertical centrado en la falla se representa en la Figura 3.2 para una filtración de ~0,4 l/s (carga hidráulica de embalse lleno aplicada al defecto).

La zona roja que se muestra en la Figura 3.2 corresponde a velocidades superiores a 10^{-3} m/s. En esta área, la detección de filtraciones no será posible con la medición activa de fibra óptica.

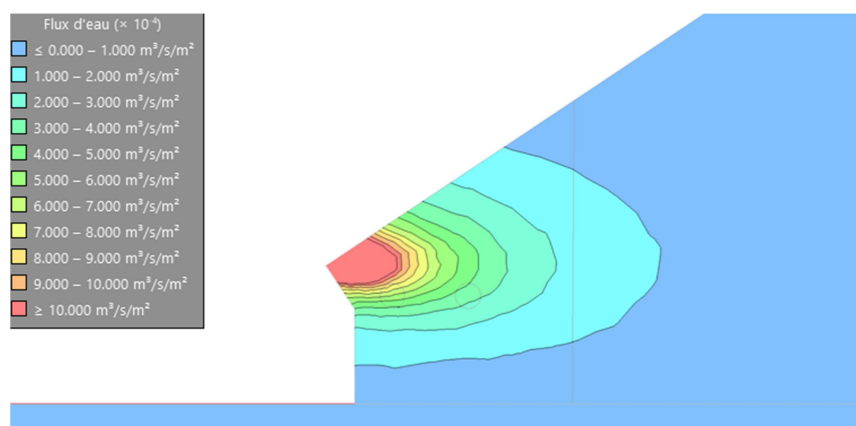


Figura 3.2: Campo de velocidades ($\times 10^{-4}$ m/s) en las proximidades de la filtración a través de la junta para un caudal de filtración total de 0,4 l/s (carga hidráulica total aplicada).

En la Figura 3.3 se representa el campo de velocidades para una filtración de ~ 1 l/min (carga hidráulica aplicada de 3 m). La zona azul corresponde a velocidades inferiores a 10^{-5} m/s. Significa que esta filtración de 1 l/min es indetectable si el cable está en la zona azul.

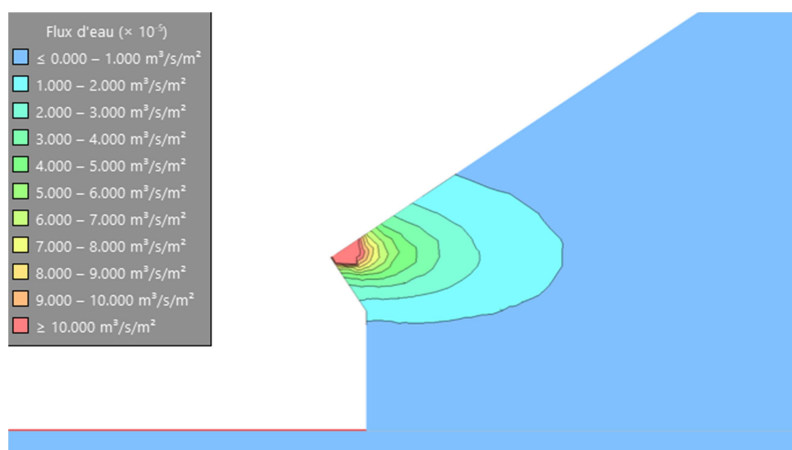


Figura 3.3: Campo de velocidades ($\times 10^{-5}$ m/s) en la vecindad de la filtración a través de la junta para una filtración de ~ 1 l/min (3 m de altura hidráulica)

De estos resultados se concluye que se deben evitar los primeros 10 cm desde la junta. Además, debe evitarse una posición demasiado alejada de la junta (superior a 1 m de la cara de aguas arriba o 30 cm por encima o por debajo de la junta).

Una instalación en el fondo de la zanja realizada detrás del plinto en el material 2A, ~ 15 cm por debajo de la junta es adecuada y fácil de realizar en el sitio (Figura 3.4). Otras posiciones son posibles siempre que se respeten las condiciones indicadas anteriormente (ni demasiado cerca ni demasiado lejos).

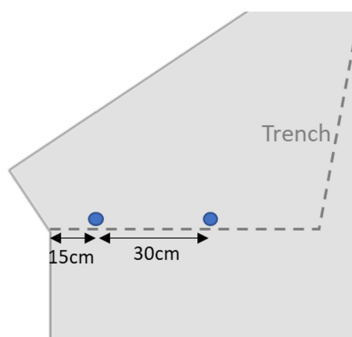


Figura 3.4: Posición propuesta para el cable

El campo de velocidades a lo largo del cable cuando se consideran estas posiciones se representa en la Figura 3.5. Se observa un claro máximo de velocidad en la posición de filtración, en el rango óptimo. Ambos cables dan resultados similares.

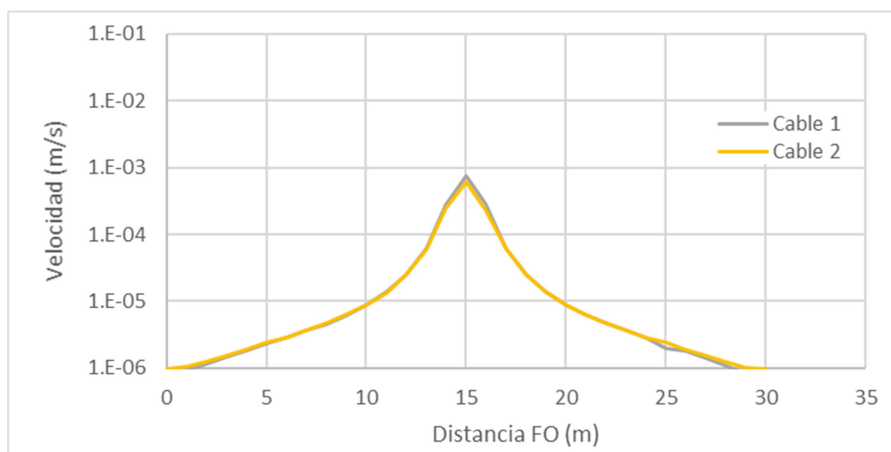


Figura 3.5: Velocidad a lo largo de los cables cuando se instalan en el material 2A para una filtración de 0,4 l/s

3.2.3 Influencia del sistema en espera

El modelo se ha adaptado para incluir dos conductos de espera debajo de las losas primarias. Las tuberías fueron representadas por dos sectores cilindricos de 100 mm de diámetro muy permeables ($K_h=K_v=1$ m/s), en la ubicación propuesta para el cable (Figura 3.5): en el fondo de la zanja, a 10 cm del plinto y con 20 cm entre ambas tuberías.

El campo de velocidades obtenido se representa en la Figura 3.6. Las tuberías se comportan como un drenaje y recogen la mayor parte de las filtraciones provenientes de la junta y las distribuyen en toda su longitud a través del relleno de la presa. Hay velocidades longitudinales en la tubería, desde el lugar de la fuga hacia los extremos de las tuberías.

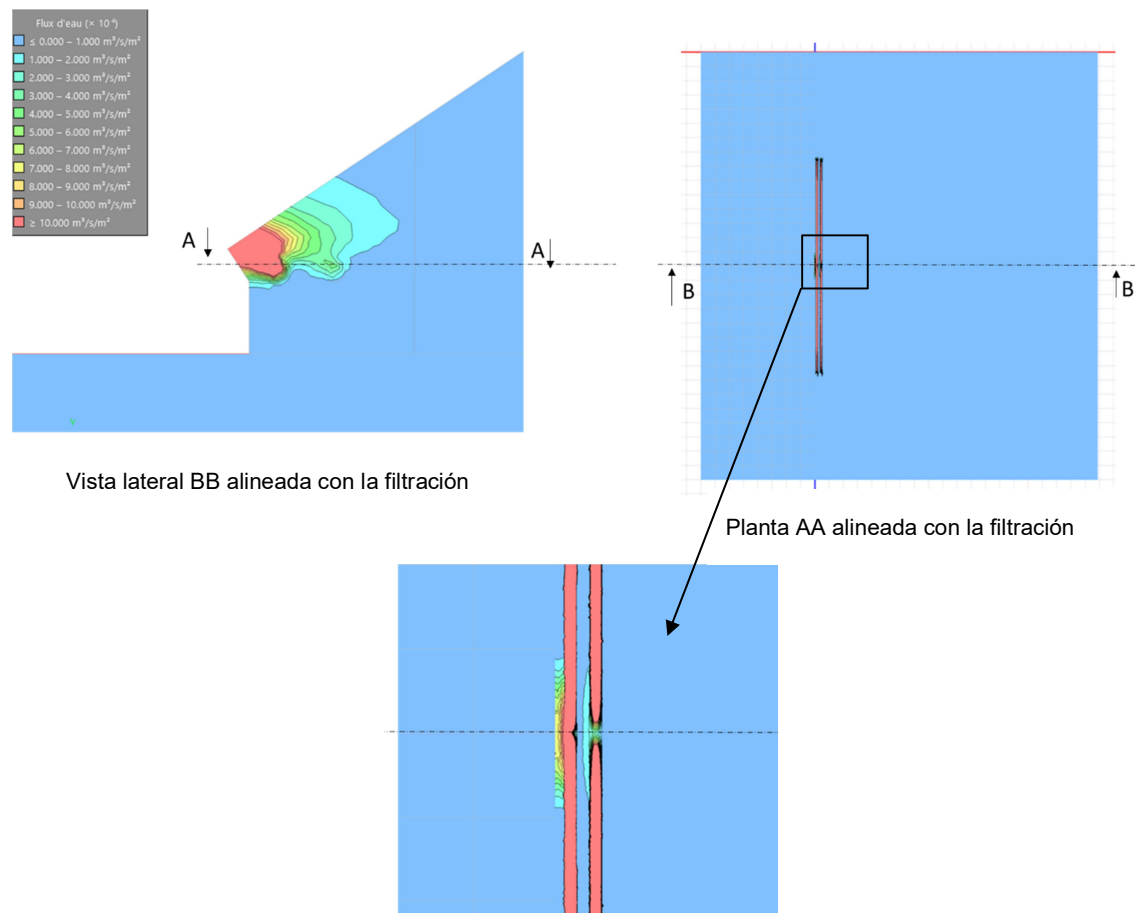


Figura 3.6: Campo de velocidades con presencia del sistema en espera y filtración de 0,4 l/s

Las velocidades resultantes a lo largo del cable se representan en la Figura 3.7.

A medida que las tuberías concentran el flujo, las velocidades alcanzan los 10^{-2} m/s con un perfil muy “plano” a lo largo de los 15 m de la tubería.

Las velocidades son de 2 a 4 veces menores en la segunda tubería. Una filtración de 0,4 l/s se detectará fácilmente en ambas tuberías, pero la diferenciación entre caudales será difícil (debido a que las velocidades son superiores a los 10^{-3} m/s). La identificación del lugar exacto de entrada del caudal (dentro de los 15 m de la tubería) será difícil debido a la homogeneidad de las velocidades obtenidas ya que superan los 10^{-3} m/s. Es probable que la ubicación del punto de entrada de la filtración sea imposible en la segunda tubería.

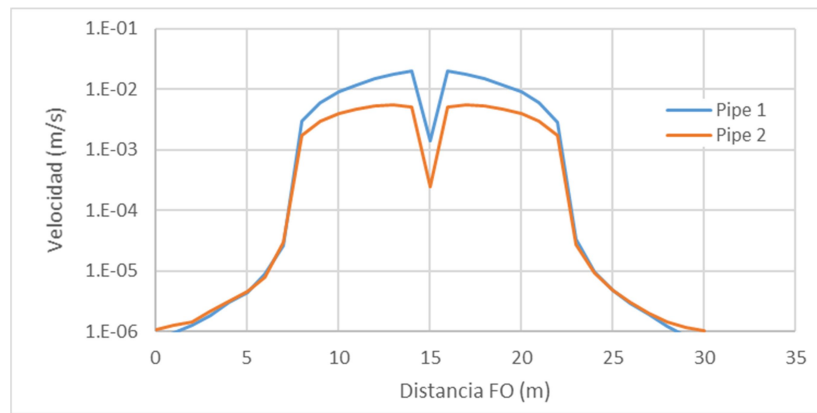


Figura 3.7: Velocidades a lo largo de los cables cuando se instalan en el sistema en espera debajo de la losa primaria (la tubería se encuentra entre 7.5 y 22.5 m) para una filtración de 0,4 l/s

Una filtración de 1 l/min dará como resultado velocidades más bajas, pero cerca del límite de 10^{-3} m/s para la tubería 1 (Figura 3.8).

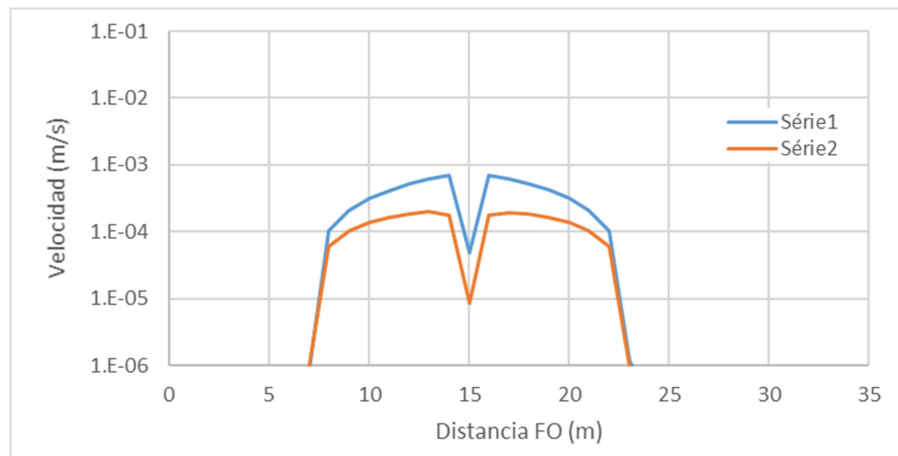


Figura 3.8: Velocidades a lo largo de los cables cuando se instalan en el sistema en espera debajo de la losa primaria (la tubería se encuentra entre 7.5 y 22.5 m) para una filtración de 1 l/min

En conclusión, las filtraciones se detectarán fácilmente en el sistema en espera en estas posiciones, pero con los siguientes límites:

- La ubicación precisa de la filtración dentro de los 15 m de longitud de la tubería puede no ser identificable,
- Las velocidades a lo largo del cable alcanzarán los 10^{-3} m/s más rápidamente que cuando el cable está directamente en el material 2A, lo que da como resultado una medición térmica similar sea cual sea el caudal de filtración.

También se debe tener en cuenta que la respuesta térmica del cable cuando se calienta será diferente en la tubería que en el suelo para la misma velocidad, debido a las diferencias de las propiedades térmicas circundantes y las propiedades del flujo (flujo intersticial transversal / flujo longitudinal en carga). No será posible una comparación directa de la medición en las tuberías y en el suelo. La prueba de calibración planificada debe usarse para interpretar correctamente esta diferencia.

4 SISTEMA EN ESPERA

Dado que el cable no podrá ser entregado en obra antes del inicio del hormigonado de las primeras losas, se instalarán tuberías debajo de las losas primarias en el lugar donde deban instalarse los cables (Figura 4.1). Cuando los cables lleguen al sitio, se tenderán a través de las tuberías y se instalarán a lo largo del resto del plinto terminado.

Este sistema en espera es necesario únicamente para el período comprendido entre el inicio del hormigonado de las losas primarias y la llegada del cable a la obra. Suponiendo una llegada del cable al sitio en junio de 2022, se realizarán de 25 a 32 losas primarias si se respeta la planificación actual, lo que significa que se deben instalar de 25 a 32 sistemas de espera.

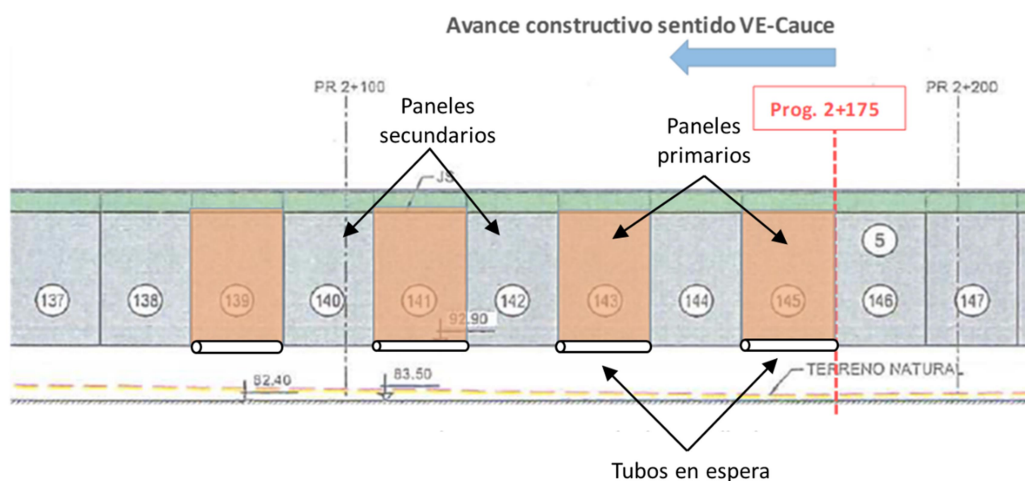


Figura 4.1: Sistema en espera

4.1 FASES

4.1.1 Antes de la llegada del cable al sitio

Las siguientes fases están previstas antes de la llegada del cable a la obra:

1) Preparación de la zanja

La zanja entre el plinto y el pie aguas arriba de la presa está preparada y debe alinearse con la altura esperada del fondo de las tuberías (ver §3).

2) Instalación de las tuberías

Las tuberías se instalan a la distancia prevista del plinto y se envuelven con una capa de geotextil. Cualquier método que proporcione una envoltura completa de las tuberías con una capa de geotextil es aceptable (Figura 4.2).

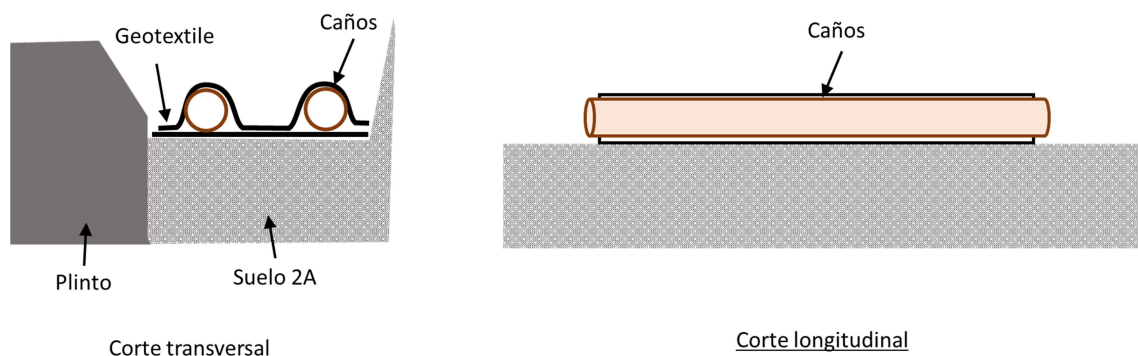


Figura 4.2: Tuberías y geotextil en el fondo de la zanja

3) Taponamiento de los extremos

Cada extremo de la tubería está tapado con geotextil y film de embalaje.

4) Control de ubicación

Se debe controlar la ubicación de las tuberías y se debe anotar cualquier especificidad como se recomienda en el procedimiento global (§ 2.4).

5) Relleno de la zanja con material 2A

Las tuberías están cubiertas con el material 2A. La zanja se rellena con material 2A en toda su longitud, tanto en las losas primarias que se hormigonarán como en las losas secundarias intermedias.

6) Hormigonado de losas primarias

Se hormigonan las losas primarias (Figura 4.3).

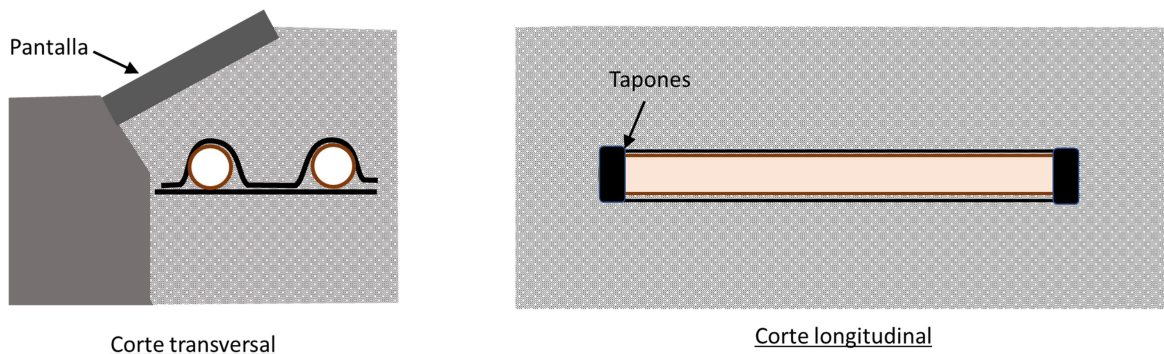


Figura 4.3: Sistema en espera después del hormigonado de las losas primarias

4.1.2 Después de la llegada del cable al sitio

Cuando el cable llegue al sitio, se planean las siguientes fases:

1) Excavación de una nueva zanja en el material 2A en las posiciones de las losas secundarias.

Se excava una nueva zanja en la posición de las losas secundarias. Esta zanja debe alcanzar la altura del fondo de la tubería y debe ser lo suficientemente grande para instalar los cables.

2) Liberación de los extremos de las tuberías

A cada lado de la nueva zanja, se deben encontrar y excavar los extremos de las tuberías y retirar los tapones. Se controla visualmente la ausencia de material de relleno en el interior de las tuberías (Figura 4.4).

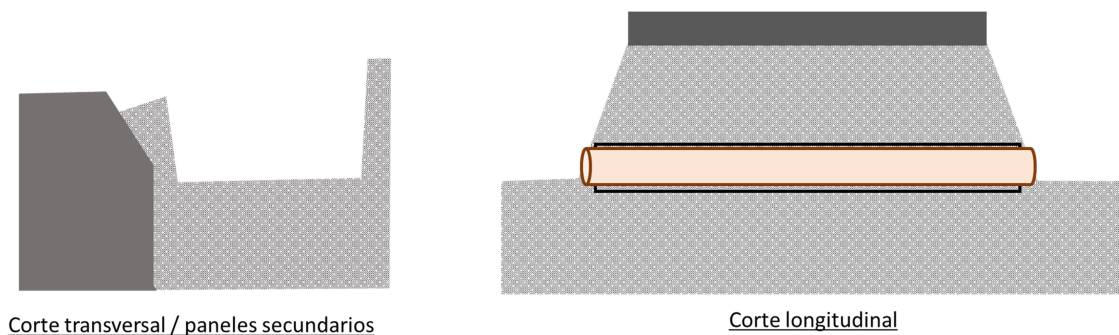


Figura 4.4: Después de excavado de la zanja y a tubería sin tapones

3) Enhebrado del cable

El cable se tira a través de la tubería debajo de las losas primarias y en las zanjas en las ubicaciones de las futuras losas secundarias. Se deben tomar precauciones para evitar tanto que la tracción sobrepase el máximo admisible por el cable, como que se generen flexiones o torsiones bruscas en los cables.

El cable debe estar protegido contra futuras fuerzas de corte en cada extremo de las tuberías. Para ello, el nivel del relleno en la zanja debe estar 1 ó 2 centímetros por encima del fondo de la tubería. Además, el geotextil envolvente instalado en las zanjas debe usarse para envolver los cables también en la entrada de la tubería, para proporcionar una transición suave entre la instalación en el relleno y la instalación en las tuberías (Figura 4.5).

Después del tendido del cable, se recomienda un control de calidad óptica antes y después del llenado de la zanja, para reparar fácilmente el cable si es necesario (§2.6). Se debe realizar el relevamiento del marcado de la vaina en cada posición específica. (§2.4). Especialmente, se debe anotar la entrada y salida del sistema en espera.

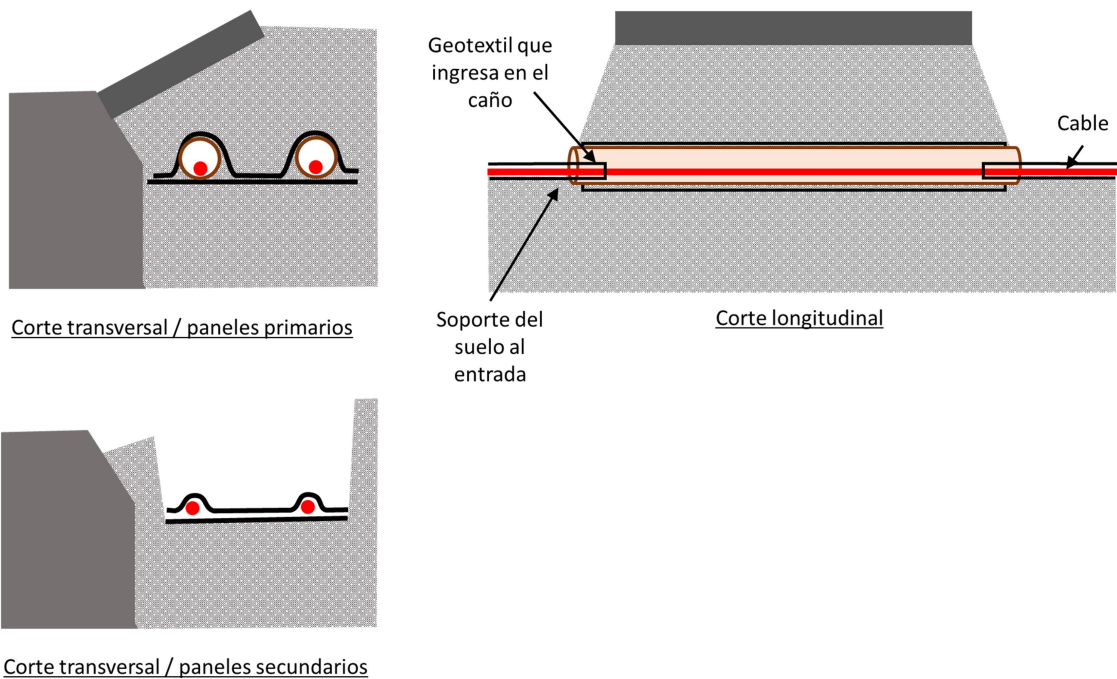


Figura 4.5: Después de colocado el cable y el geotextil

4) Cierre de los extremos de las tuberías y relleno de la zanja con material 2A
 Ambos extremos de las tuberías se taponan con geotextil y film de embalaje. Luego se rellena la zanja con material 2A y se compacta (Figura 4.6).
 Se debe realizar un control de calidad óptico después de la compactación del relleno.

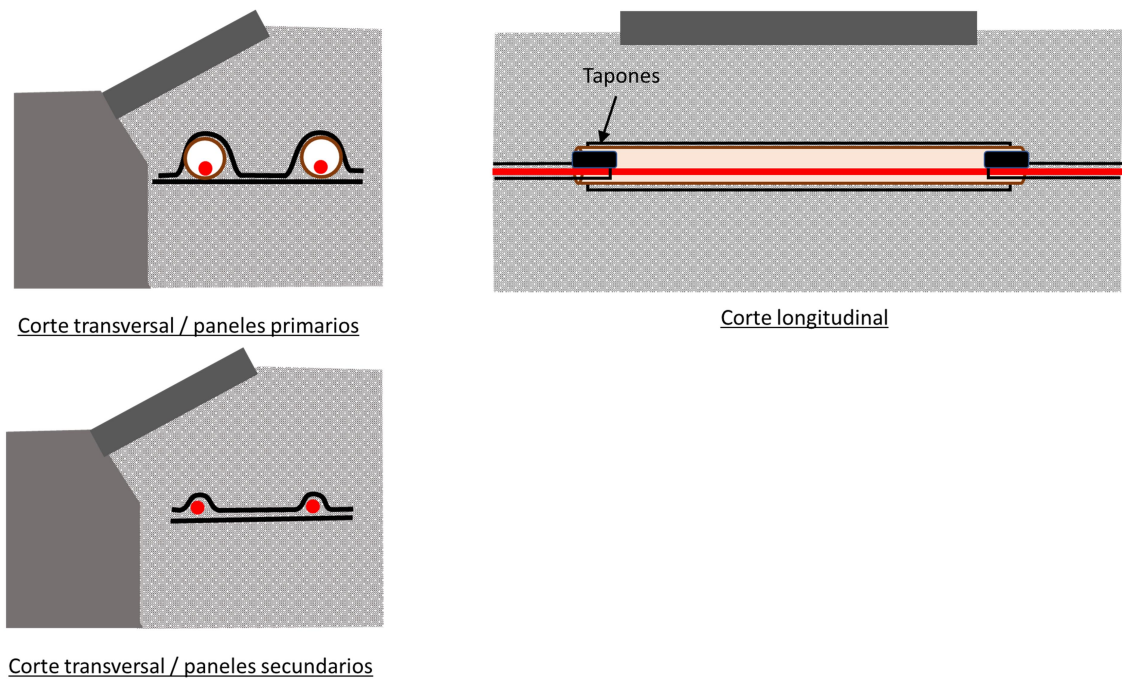


Figura 4.6: Después de relleno de la zanja y hormigonado de las losas secundarias

4.1.3 Tubería

La tubería debe tener una longitud mínima de 15 m, correspondiente al ancho de las losas. Es posible un margen adicional si las obras lo necesitan (1 m máx.).

Las tuberías deben estar construidas de un material con baja conductividad térmica. Los plásticos (PVC, PE) son adecuados. Debe evitarse el metal (acero) porque reduce el calentamiento del cable debido a su alta conductividad térmica.

El diámetro de la tubería debe ser de al menos 50 mm para garantizar una fácil tracción del cable. Es posible un diámetro mayor y solo está limitado por el espacio disponible y la resistencia mecánica.

Las tuberías deben estar perforadas para permitir que el agua ingrese en las mismas. De hecho, la detección de filtraciones solo es posible si el flujo está en estrecho contacto con el cable. Se recomienda una tubería perforada en toda su circunferencia para recoger el flujo proveniente de todas las direcciones y evacuarlo uniformemente.

La resistencia mecánica de la tubería debe adaptarse a la carga mecánica esperada.

El producto Drena-Flex D=100 mm propuesto por UTE respeta estas condiciones y de acuerdo a la información suministrada por UTE su resistencia mecánica se adapta a la configuración de la instalación. Es un tubo corrugado de 4 ranuras ortogonales fabricado por Industrias Plásticas Saladillo cuyas características se presentan en la Figura 17.

| Tubo Drena Flex | | | | | Tubos flexibles para drenaje | |
|-----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|------------------------------|--|
| Código | Ø mm | Largo (m) | Ranuras (cant) | Un. rollo | | |
| 7913 | 100 | 20 | 3 | 1 | | |
| 7914 | 100 | 20 | 4 | 1 | | |
| 7903 | 110 (118) | 20 | 4 | 1 | | |
| 7904 | 160 (177) | 10 | 4 | 1 | | |
| 7905 | 110 (118) | 20 | 5 | 1 | | |
| 7906 | 160 (177) | 10 | 5 | 1 | | |
| 7907 | 200 (218) | 10 | 4 | 1 | | |
| 7908 | 200 (218) | 10 | 5 | 1 | | |

Figura 4.7: Ficha técnica de tubo Drena Flex propuesto por UTE

4.1.4 Geotextil

El geotextil debe evitar la migración de las partículas del material 2A al interior de la tubería. Siendo una grava arenosa bien graduada ($C_u > 6$), con D50 entre 1 y 5 mm, la apertura habitual del geotextil no tejido (100-300 μm) evitará la migración de partículas.

5 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

- 2021_02_11_LA_BARRANCOSA_FO_Task_1_3_REPORT.pdf Informe en inglés.