



DOCUMENTO UNO: I. MEMORIA



**Funded by
the European Union**

This project has received funding from
the European Union's Horizon Europe
research and innovation programme
under grant agreement N° 101157447.

www.genesisnbs.eu



@genesisnbs



Índice

1. Introducción.....	2
2. Sobre el proyecto GENESIS.	3
3. La Palma Deep Demonstrator (Living Lab)	5
4. Consorcio GENESIS.....	6
5. Antecedentes.....	8
6. Objeto del documento.....	12
7. Situación y acceso a la zona de actuación.	13
8. Estructura de la propiedad y disponibilidad de terrenos e instalaciones.	14
9. Descripción general de la galería.....	14
10. Estado actual de la galería e instalaciones.	15
11. Emplazamiento del cierre hidráulico	30
12. Justificación de la propuesta.	31
13. Trabajos a realizar para la construcción e instalación.....	33
14. Descripción de las obras e instalaciones a ejecutar.	34
15. Plan de Gestión de Residuos	40
16. Seguridad y Salud.....	41
17. Procedimiento de Evaluación Ambiental.	41
18. Plan de trabajo y duración de las obras.....	42
19. Documentos que componen el proyecto	42
20. Resumen del presupuesto.	43



1. Introducción

Las **aguas subterráneas** representan el mayor (y a menudo el único) recurso práctico de agua dulce en las **islas oceánicas**. Debido a la reducida superficie de muchas islas, la cantidad de agua dulce es limitada y está especialmente influida por procesos dinámicos, entre ellos el **cambio climático**. En las islas de la **Macaronesia**, cualquier cambio en las condiciones climáticas puede tener efectos negativos más graves sobre el volumen de agua dulce disponible que en un entorno continental, por lo que la protección de las **infraestructuras hídricas críticas** es de máxima prioridad.

El objetivo principal de GENESIS es demostrar que las soluciones inteligentes, innovadoras y basadas en la naturaleza (NbS) para mejorar la resiliencia climática de las infraestructuras hídricas críticas pueden conducir a una práctica de gestión del agua más fiable, consistente y predecible mediante la protección eficaz de las aguas subterráneas, mejorando drásticamente la eficiencia del uso y reutilización del agua, sosteniendo así las actividades sociales y económicas al tiempo que se mitigan los efectos potencialmente graves del cambio climático en las comunidades locales.

El concepto general de GENESIS es poner a prueba y demostrar soluciones basadas en la naturaleza (NbS) locales y regionales y ofrecer un demostrador profundo en la zona biogeográfica macaronésica con el objetivo a largo plazo de **proporcionar infraestructuras hídricas críticas adaptadas al cambio climático y replicables para otras islas y zonas vulnerables** del continente de la UE.

La metodología está diseñada para proporcionar el flujo de trabajo completo para implementar y demostrar en **entornos operativos** cómo capturar, almacenar y proteger el agua de una manera eficaz-estratégica (de diversas fuentes, incluyendo la escorrentía de tormentas, aguas residuales tratadas y flujos de retorno de riego) para mitigar los **impactos de eventos extremos** (sequías, inundaciones, incendios forestales) y cómo crear **áreas e islas resistentes al clima**. El desarrollo y la aplicación de soluciones sistémicas basadas en la naturaleza para mejorar la **gestión del agua** en la Macaronesia mejorará drásticamente la resiliencia a los impactos del cambio climático al minimizar la escorrentía de las aguas pluviales y la erosión del suelo, al tiempo que mejora la infiltración y el almacenamiento subterráneo de agua.

Los demostradores de NbS reproducirá soluciones potencialmente **adaptables a otras islas** de la Macaronesia, otras islas de la UE y a las **zonas costeras** continentales vulnerables a los impactos relacionados con el cambio climático, es decir, el aumento del nivel del mar, la salinización por intrusión de agua de mar, entre otros.



2. Sobre el proyecto GENESIS.

El proyecto GENESIS, denominado en español “Soluciones Geológicamente mEjoradas basadas en la NaturalEza para la resiliencia al cambio climático de Infraestructuras hídras críticas”, es un proyecto financiado por la Comisión Europea dentro de la convocatoria HORIZON-MISS-2023-CLIMA 01-02 del programa de financiación de I+D+i de la Comisión Europea “Horizonte Europa” bajo el número de acuerdo 101157447 (<https://cordis.europa.eu/project/id/101157447>).

El proyecto está conformado por **un consorcio de veinte (20) socios participantes** entre los que se encuentran varias entidades y organizaciones de la isla de La Palma. El proyecto está coordinado por el Instituto Geológico y Minero de España perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IGME-CSIC).

El **presupuesto total** del proyecto GENESIS es de **10.512.440,00 €**, con una contribución de la Unión Europea de 9.528.926,75 €. El proyecto comenzó oficialmente el 1 de septiembre de 2024. La **duración** total del proyecto es de **48 meses**.

El objetivo principal del proyecto es mejorar la resiliencia climática en las regiones europeas con infraestructuras hídras críticas dependientes de las aguas subterráneas. Para ello, se demostrarán nueve (9) sistemas locales y regionales de las soluciones geológicas basadas en la naturaleza (El Hierro, La Palma y Gran Canaria en Canarias [España]; Faial en Azores y Madeira [Portugal]; y Santiago [Cabo Verde]), así como una (1) demostración en profundidad en la isla de La Palma (Canarias, España) como ejemplo a gran escala de transformación sistémica, involucración social y digitalización para la adaptación de los sistemas hídricos al cambio climático en la biorregión de la Macaronesia. El proyecto incluye cinco (5) territorios insulares replicadores de los resultados obtenidos en las demostraciones de la Macaronesia.

La **finalidad** es ayudar a las regiones, autoridades locales y comunidades a **hacer frente a las vulnerabilidades del cambio climático** relacionadas con los posibles desastres naturales y los cambios climáticos a largo plazo que afectan a los sistemas dependientes de las aguas subterráneas. Además, se dará prioridad a las infraestructuras críticas que permitan una reutilización sostenible del agua, el aprovechamiento de las aguas pluviales y el uso del agua regenerada para usos no potables.

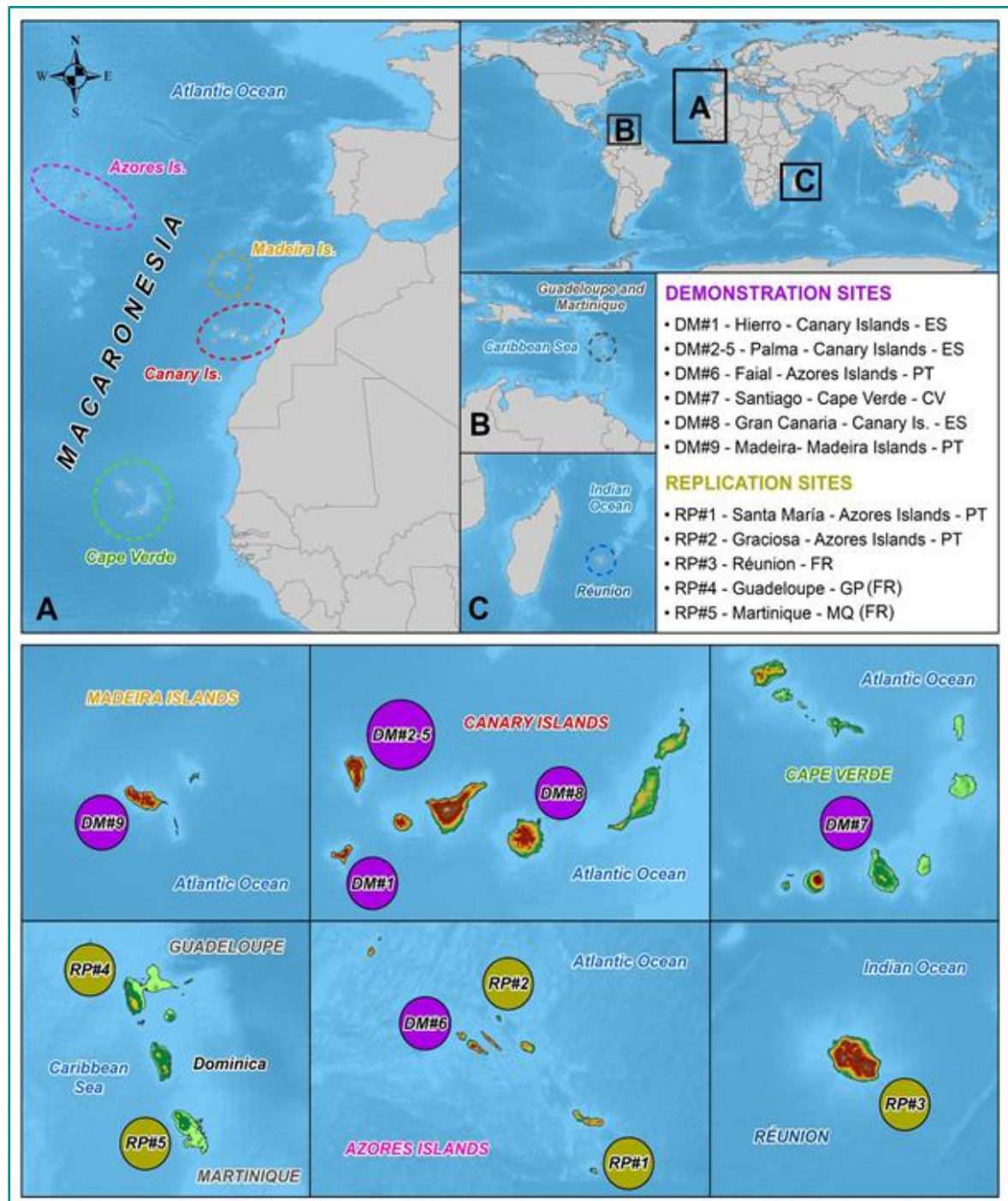


Figura 1. Localizaciones de demostraciones y replicadores del proyecto GENESIS

3. La Palma Deep Demonstrator (Living Lab)

La isla de **La Palma**, perteneciente al archipiélago canario, presenta un **sistema hidrológico único** influido por su origen **volcánico** y su diversidad de **usos del suelo**. La **dependencia** de las infraestructuras críticas del agua de fuentes de **recursos naturales**, principalmente procedentes de **aguas subterráneas** lo convierten en un territorio especialmente vulnerable a los efectos y riesgos del cambio climático, siendo por ello un escenario de **laboratorio real** de gran interés para las investigaciones e innovaciones del proyecto GENESIS.

Enmarcado en el paquete de trabajo WP4, el **Demostrador en Profundidad de La Palma (Laboratorio viviente)** integrará diferentes tipo de **soluciones resilientes** al clima demostrativas en **cuatro (4) emplazamientos denominados como DM#2 Barlovento, DM#3 Trasvase, DM#4 Tenisca y DM#5 Angustias** del sistema de infraestructuras críticas del agua de la isla de La Palma (conformado por galerías de aguas subterráneas, pozos, captaciones superficiales, embalses, redes de transporte y distribución, y depuradoras). Estas soluciones implementadas como infraestructuras físicas permitirán **investigar, testear y verificar en ambiente y escala real las soluciones basadas en la naturaleza geológica de la isla** (NbS), diseñadas a medida del lugar y fuertemente innovadoras en la biorregión de la Macaronesia para preservar las aguas subterráneas (cierres hidráulicos, almacenamiento subterráneo, galería seca de infiltración, tratamientos naturales suelo-acuífero y soluciones para mejorar la recarga y prevenir inundaciones).

Las instalaciones demostrativas estarán monitorizadas y conectadas a una **red de sensores inteligentes IoT (Smart Monitoring Network)** y gestionadas con el desarrollo de un novedoso **Gemelo Digital (Digital Twin)** que permitirá controlar en tiempo real el funcionamiento y operación predictiva del sistema de infraestructuras críticas del agua, integrar **modelos hidroinformáticos avanzados (hidrogeológicos e hidráulicos)**, proyectar efectos del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos y simular el rendimiento y efectividad de las NbS demostradas para la protección de las aguas subterráneas e infraestructuras en el futuro. Las acciones digitales posibilitarán la adquisición de datos y conocimiento científico-técnico específico, facilitará la aceptación social y aplicación de políticas y regulación, e incentivará su desarrollo tecnológico y replicación.

Los conceptos de GENESIS de **soluciones innovadoras** (NbS) implantadas en un entorno real y las herramientas digitales (SMN y DT) estarán disponibles gracias al **enfoque Living Lab**, proveyendo, tanto durante el proyecto como en su explotación posterior, un espacio o **laboratorio real, abierto y participativo** para estudiantes, investigadores, empresas, autoridades y comunidades locales, caracterizado por disponer de un medioambiente controlado y aislado, con sistemas complejos y habilitado tecnológicamente, donde poder llevar a cabo el estudio, investigación y desarrollo de nuevos métodos, ideas, proyectos y políticas para la mejora de la gestión del ciclo integral del agua.

La Palma Deep Demonstrator / Living Lab será una **infraestructura integrada en los espacios de investigación de geociencias y plataformas de datos** e información europea conectados con el Pacto Verde Europeo (*Green Deal*) y de la Misión Clima, incluirá acciones transversales de **formación y capacitación especializadas** (*Training Boot HydroCamp*) y dispondrá de espacios de aplicación de **ciencias sociales** para involucrar a los diferentes **agentes interesados** en la transformación sistémica de la **gestión del agua, gobernanza y la resiliencia climática**.

4. Consorcio GENESIS.

El **Consortio GENESIS** está formado por **veinte (20) socios de cinco (5) Estados Miembros** de la Unión Europea (España, Portugal, Francia, Bélgica y Grecia) y **un (1) país asociado** al programa de financiación (Cabo Verde). El Consorcio tiene **una cobertura geográfica completa de la Macaronesia y de cinco (5) de las regiones ultraperiféricas (RUPs)** de la UE.



Figura 2. Consorcio de socios participantes del proyecto GENESIS.

El Consorcio está conformado tanto por **entidades públicas como privadas**, incluyendo institutos y centros de investigación, universidades, empresas, administraciones públicas, asociaciones y comunidades locales relacionadas con la investigación e innovación en geociencias, sector del agua, ciencias sociales y medioambientales.

Los socios han sido seleccionados tanto por sus capacidades técnicas como por su representación de las partes interesadas. El Consorcio reúne la experiencia y las competencias necesarias para afrontar los retos fundamentales del proyecto y alcanzar los objetivos específicos planteados, así como una enorme capacidad para difundir los resultados de los



proyectos e impulsar la reproducción y asimilación de las innovaciones en toda Europa y fuera de ella.

Los socios participantes dentro de las acciones de innovación de La Palma (WP4) son los siguientes:

- **CSIC-IGME** - Agencia Estatal Consejo Superior De Investigaciones Científicas - Instituto Geológico y Minero de España
- **AIM** – Asociación para la Investigación de la Macaronesia
- **CIALP** - Consejo Insular de Aguas de La Palma
- **CANAR** - Canaragua Concesiones SA
- **CAT** - Comunidad de Aguas Tenisca
- **VPCGT** - Viajes y Prácticas Científicas Geotenerife SL
- **ULL** - Universidad de La Laguna
- **LPRC** - La Palma Research Centre SL
- **INLE** - Inlecom Innovation Astiki Mi Kerdoskopiki Etaireia
- **EFG** - Federación Europea de Geólogos.
- **IST-ID** - Associação Do Instituto Superior Técnico para a Investigação e O Desenvolvimento
- **TAT** - Trisolaris Advanced Technologies Lda

5. Antecedentes

Dentro de las acciones de innovación aprobadas en el WP4 de La Palma, se encuentra la actuación denominada **DM#2 Barlovento** consistente en la **uso innovador de una galería tradicional con un nuevo cierre hidráulico monitorizado para almacenamiento de aguas subterráneas aprovechando los diques geológico-volcánicos impermeables**.

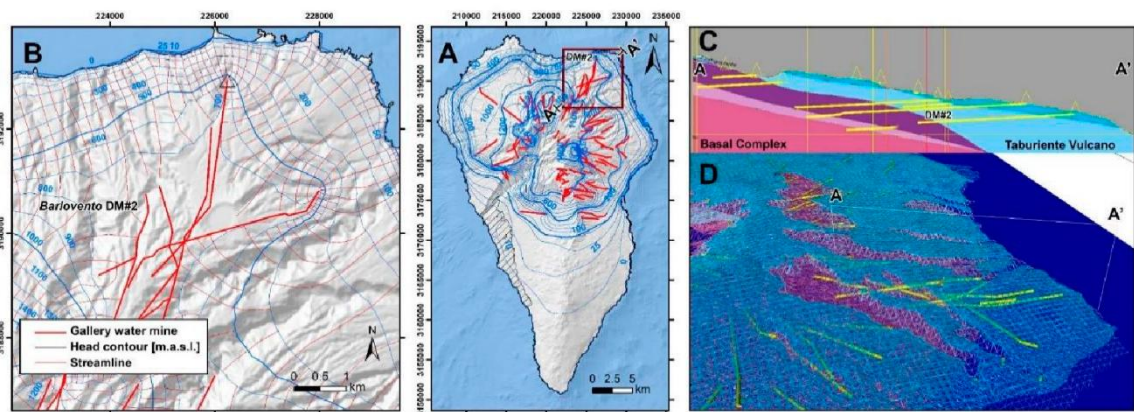


Figura 3. Esquema conceptual del caso de estudio en perspectiva de corte hidrogeológico 3D (izquierda) y en planta (derecha) de funcionamiento del sistema de recarga por infiltración de aguas reutilizadas en zona no saturada en el interior de la galería seca del Salto de los Enamorados en el barranco de Tenisca, acuífero costero del Valle de Aridane-Tazacorte.

Este acuífero se encuentra en la **masa de agua subterránea de las Vertientes** de la demarcación hidrográfica de La Palma, que se corresponde con la fuente de recursos subterráneos más importantes de acuerdo con el plan hidrológico vigente. Este acuífero se encuentra intensamente explotado principalmente por galerías de agua tradicionales, muchas de ellas perforadas en zonas donde existen interferencias y afecciones entre las extracciones. En este caso de estudio de Barlovento, existen 10 galerías activas y con producción significativa de agua destinada a riego y abastecimiento urbano con un volumen anual de 3,9 hm³/año (Unión de Canales de Barlovento, 2025). Los efectos de la reducción de precipitaciones en los últimos años han implicado una disminución de los recursos disponibles en alrededor de un 40%.

En este contexto, las galerías ubicadas en esta zona norte de la isla de La Palma servirán como caso de sitio demostrador para evaluar el impacto de la mejora de las infraestructuras hidráulicas subterráneas y establecer pautas para su correcto diseño aprovechando la presencia de diques volcánicos compartimenta el nivel freático y retiene la mayor parte de los recursos subterráneos de agua dulce en el lado interior de los diques (el más alejado del mar). Los diques volcánicos sobre el nivel freático de las islas es clave en el diseño de cierres hidráulicos a lo largo de galerías

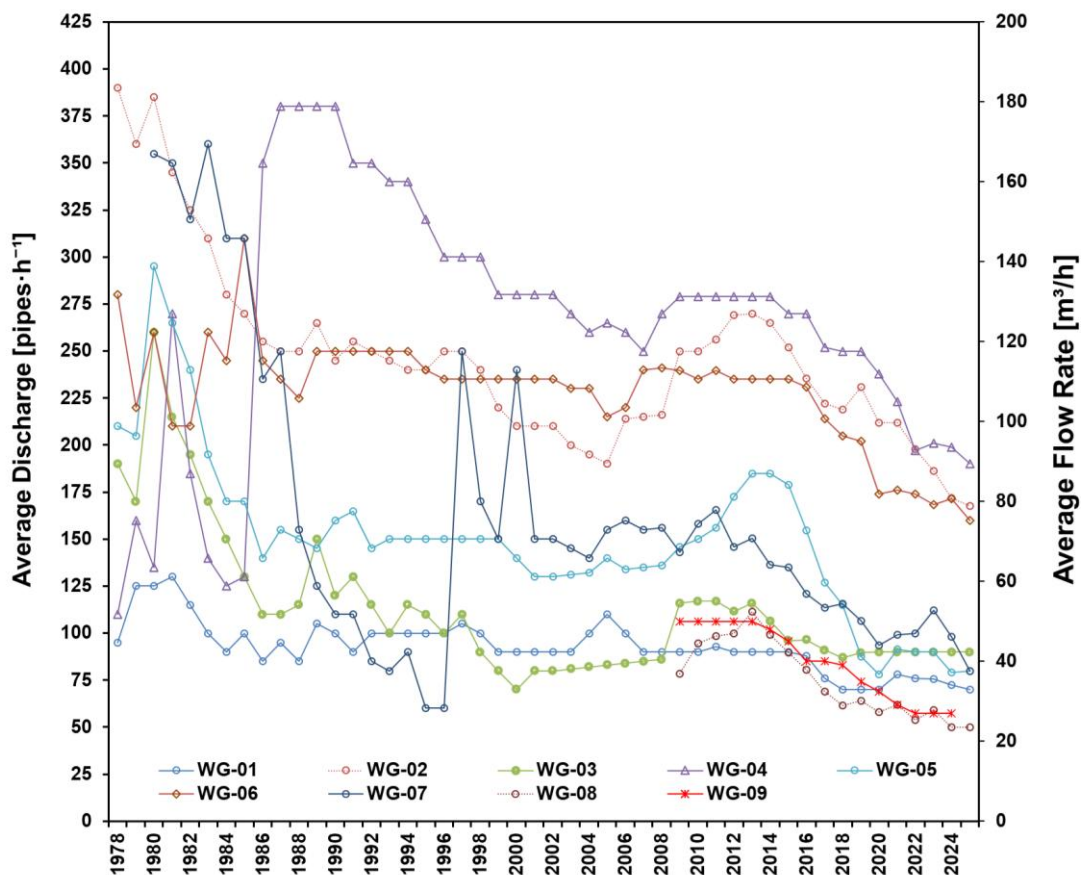


Figura 4. Evolución de caudales históricos anuales de galerías del municipio de Barlovento (Unión de Canales de Barlovento, 2025).

Los tramos de la galería que coinciden con los diques, se puede controlar eficazmente el caudal extraído. Se realizarán estudios de este tipo de soluciones basadas en la naturaleza utilizadas como barrera hidráulica para regular el caudal de extracción. Además, el impacto de esta mejora será evaluado y cuantificado mediante un modelo hidrogeológico 3D de las galerías de la zona de estudio.

Realizados trabajos preliminares de estudios y reconocimientos hidrogeológicos de algunas de las galerías de la zona, se ha identificado como demostrador favorable para la implementación de este tipo de soluciones de cierre hidráulico a la galería “Los Tocaderos” para mejorar el almacenamiento subterráneo y regular la extracción del agua. Esta galería tiene una longitud de 6,3 km y presenta sus principales alumbramientos a partir de los 6,1 km con un caudal medio actual de 24 m³/h.



Figura 5. Evolución de caudales históricos anuales de galerías del municipio de Barlovento (Unión de Canales de Barlovento, 2025).

Durante la fase inicial, se ha llevado a cabo con la colaboración de la Comunidad de Bienes “Los Tocaderos” los estudios preliminares, reconocimiento hidrogeológico y los trabajos básicos para definir las obras de cierre hidráulico. Hay que señalar que esta Comunidad recibió una subvención paralela por parte del Consejo Insular de Aguas de La Palma para la financiación de las obras del cierre hidráulico según Resolución de 23 de diciembre de 2024.

Con fecha de agosto de 2025, se redacta el “*Proyecto de Ejecución de Cierre Hidráulico en la Galería Los Tocaderos, T.M. Barlovento, Isla de La Palma*”, redactado por la Ingeniera de Minas, Doña María Pilar García Alonso, de la consultora MPG Ingenierías SLPU, con fecha de agosto 2025, con todas las actuaciones necesarias para desarrollar el cierre hidráulico en condiciones técnicas y científicas que permitan una demostración real de este tipo de instalaciones. Las autorizaciones se obtienen en septiembre de 2025 para la ejecución de los trabajos, iniciados en octubre por parte de la Comunidad y con el apoyo y asistencia técnica del Proyecto GENESIS.

Dadas las características de la actuación, y debido a las condiciones de las instalaciones de la galería seleccionada, donde las instalaciones auxiliares se encuentran en un estado de



abandono, gran parte de las obras se corresponden con acciones física permanentes que se ejecutan por la Comunidad propietaria, mientras que las actuaciones técnicas y sistemas de control y regulación necesarias por la demostración serán ejecutadas por la Asociación para la Investigación de la Macaronesia (AIM).

El demostrador se completa con otras acciones de supervisión y monitorización de las captaciones de aguas subterráneas de la zona. Este sistema permitirá supervisar las investigaciones y evaluar y verificar el funcionamiento del demostrador. El modelo integral se perfeccionará y validará mediante datos recopilados en todo el sistema de monitorización durante las pruebas e investigaciones del proyecto. Esta propuesta es desarrollada de manera colaborativa y coordinada por los diferentes socios participantes. Las actuaciones e instalaciones encomendadas a cada socio para la implementación del demostrador DM#4 Tenisca se distribuyen y resumen de la manera siguiente:

- **AIM** – Instalaciones demostrativas en la galería Los Tocaderos con las instalaciones hidráulicas, instrumentación de monitorización y control del cierre hidráulico.
- **CANAR** – Integración de supervisión en la red de comunicación IoT y plataforma *Smart Monitoring Network (SMN)*
- **CSIC-IGME** – Desarrollo de modelos hidrogeológicos de la solución NbS, simulación, calibración, evaluación y verificación del funcionamiento y rendimiento del sistema.
- **CIALP** – Supervisión, facilitación y seguimiento administrativo de las acciones de investigación e innovación del demostrador.

En conjunto, las instalaciones implementadas formarán parte de la **co-creación de La Palma Living Lab** durante el proyecto entre todos los socios del paquete de trabajo WP4, buscando un **diseño colaborativo para garantizar la seguridad, la accesibilidad y un enfoque participativo y abierto** que permitan la involucración de investigadores, científicos y estudiantes de geociencias y cambio climático, así como de otros interesados mediante el resto de las acciones sociales del proyecto.

La **finalidad** de la demostración DM#2 Barlovento es **probar el funcionamiento de este sistema de almacenamiento subterráneo en el acuífero** con potenciales beneficios como medida de adaptación y mejora del agua subterránea en la zona y buscar optimizar el aprovechamiento de los recursos mediante su regulación para su uso en riego cuando es realmente necesario.



6. Objeto del documento

Se redacta este documento con el objeto de **implementar y ejecutar los trabajos de monitorización con la instalación de elementos de control y regulación del cierre hidráulico de la galería “Los Tocaderos”**, incluyendo las instalaciones y equipamientos de monitorización y automatización para desarrollar la actuación demostrativa denominada **DM2 Barlovento. Cierre hidráulico de almacenamiento subterráneo**”, incluida dentro de las acciones de innovación del proyecto GENESIS, cuya ejecución corresponden a la Asociación para la Investigación de la Macaronesia, A.I.M.

La finalidad es ejecutar **las instalaciones necesarias para desarrollar el demostrador de almacenamiento subterráneo y estudiar en conjunto las interferencias hidráulicas de galerías en la zona de estudio** aprovechando las infraestructuras críticas del agua en la zona.

6.1. Promotor

Solicitante:	Asociación para la Investigación de la Macaronesia, AIM
NIF / CIF:	G76347467
Representante legal:	Iván Hernández Ríos (D.N.I. 42195277Y)
Cargo:	Presidente
Dirección de notificaciones:	Calle Ramón Pol, 5, L3 38760 Los Llanos de Aridane
Correo electrónico:	director@aimacaronesia.eu
Teléfono:	613 043 731

6.2. Autores

Autor:	María Pilar García Alonso
Organización:	MPGA Ingeniería SLPU
Colegiado:	Ingeniero de Minas, Col. 471 C.O.I.M.S

7. Situación y acceso a la zona de actuación.

La galería convencional “Los Tocaderos” está situada en el cauce del barranco del Salto, T. M. de Barlovento. La bocamina se localiza en el punto en coordenadas UTM proyectadas sobre el elipsoide WGS84 indicado en la Tabla 1. En la siguiente Imagen se aprecia la situación de la galería sobre ortofoto.

Tabla 1. Coordenadas de localización de la galería “Los Tocaderos”

COORDENADAS UTM WGS84 HUSO 28N			
Instalación	X	Y	Z
Galería “Los Tocaderos”	225.940	3.192.031	566



Figura 5. Situación general de la galería Los Tocaderos y acceso

Para acceder a la galería tomamos la travesía urbana de la localidad de Barlovento. A partir del ayuntamiento recorreremos dicha travesía durante 1215m hasta salir a la carretera LP1, donde giramos a la derecha y tras recorrer 240 m sale una pista no asfaltada a mano izquierda de 225 m que nos lleva directamente hasta la bocamina de la galería.



8. Estructura de la propiedad y disponibilidad de terrenos e instalaciones.

La galería e instalaciones auxiliares exteriores son propiedad de la Comunidad de Bienes Los Tocaderos, de acuerdo las escrituras de modificación de otra anterior, Núm. 2.093, con fecha de 27 de noviembre de 2008, autorizada por el Notario D. Juan Alberto Cabrera Vidal, donde se integra como partícipe a la Comunidad “Los Tocaderos”, de la Comunidad “Unión de Canales de Barlovento”.

La Comunidad de Bienes “Los Tocaderos” obtuvo autorización y aprobación del Proyecto y Disposiciones Internas de Seguridad, de referencia EXP-APOS-0027-25, de construcción de cierre hidráulico en la galería de alumbramiento de aguas subterráneas nombrada “Los Tocaderos”, con expediente n.º 5.837-TM, por Resolución n.º 698/2025 de la Dirección General de Industria del Gobierno de Canarias de fecha 26 de septiembre 2025, para la ejecución de las obras e instalaciones del cierre hidráulico.

La Comunidad de Bienes “Los Tocaderos” cuenta con aprobación de convenio para la ejecución del cierre de acuerdo al expediente OB 68-24 del Consejo Insular de Aguas de La Palma, por resolución n.º 2024/797 de 23 de diciembre de 2024 del Consejo Insular de Aguas de La Palma.

9. Descripción general de la galería.

La instalación cuenta con una Galería Principal de 6.262 m de longitud y traza rectilínea de rumbo medio 255 °CNV, emboquillada a una altura sobre el nivel del mar de 566 m. No presenta ramales. La sección media es de 2,00x2,00 m, aunque presenta tramos con menor altura entre los 3.000 y 4.500m que hacen su tránsito muy incómodo. Presenta varios socavones excavados en ambos hastiales en la galería principal, alguno de ellos con pequeños alumbramientos.

La galería se ejecutó al amparo de los Expedientes administrativos N.º 2.071 y 5.837 incoado a instancias de la Comunidad de Bienes Los Tocaderos, dentro del Término Municipal de Barlovento, isla de La Palma, dichas resoluciones consistente en la perforación de una galería de 6.304m de longitud en varias alineaciones.

En 2007, el director facultativo de la galería Don Juan Angulo Rodríguez, presentó el estado de alineaciones. En aquel momento el frente de la galería se encontraba a 6.262 m de la bocamina. En enero de 2008, D. Juan Angulo redactó proyecto para la perforación de los 42 m que restaban para terminar el expediente autorizado hasta los 6304 m. En informe redactado por el técnico citado en junio de 2009 se indica:



“El frente se encuentra con un desprendimiento de techo que lleva más de tres meses sin poderse controlar, parece ser una chimenea que discurre por el costado derecho del frente y abarca todo el frente de la galería.

Dichos desprendimientos están compuestos por terrenos que parecen ser de relleno, formado por un conglomerado de tierra, bolos de diversos tamaños, algunos de grandes dimensiones, que corresponderían a terrenos de la Serie Edificio Taburiente II. Dicha grieta viene con agua en su interior.

La grieta está apoyada sobre un dique que toma la dirección este-oeste entrado en su contacto con la galería por el costado derecho.

Se ha estado archetando en estos metros, ejecutándose un total de 6 metros de archetes, estando el último archete pegado a la grieta.

Se podría intentar sobrepasar dicho derrumbamiento, retrocediendo del frente actual y tomar un desvío en el costado derecho de la galería para luego volver a la dirección autorizada, para lo cual se debería pedir permiso al Consejo Insular de Aguas dicho cambio de rumbo, con casi la seguridad que fuera aprobado, pero conllevaría un tiempo su tramitación”

Según la descripción del ingeniero director facultativo de la obra en 2009, el frente se encontraba en el tramo para el que se solicitó autorización de perforación entre 6.262 y 6.304m.

Se ha recorrido la galería, tomando nota de las distancias a partir de las marcas de medición que se encuentran a lo largo de la traza. Al alcanzar los 6.170 m aproximadamente se encuentra un derrumbe que obstruye totalmente la traza de la galería. Por debajo del derrumbe se alumbra agua procedente de la zona que se encuentra detrás de la obstrucción (del frente). Es imposible acceder detrás del derrumbe.

Por tanto, se considera que posteriormente a 2009 y el informe citado se han producido nuevos derrumbamientos en la galería que han obstruido la sección completa a 6.170 m, límite de la zona accesible.

10.Estado actual de la galería e instalaciones.

10.1. Edificios auxiliares

Los edificios auxiliares en las cercanías de la bocamina se encuentran fuera de uso.



Figura 6. Edificio auxiliar de la galería Tocaderos

10.2. Sistema de ventilación.

La galería no cuenta con un sistema de ventilación forzada. No presenta problemas de altas concentraciones de CO_2 , ni bajas concentraciones de O_2 . Por tanto, sin perforó sin necesidad de instalar ventilación forzada.

10.3. Sistema de generación y transporte de aire comprimido.

La galería no cuenta con compresor para producir aire comprimido. El aire comprimido se utiliza para mover la maquinaria y herramientas que no son de combustión (la pala neumática con la que se cargan las vagonetas, los martillos de perforación, los martillos escalichadores, etc.). También el aire comprimido se utiliza como entrada de aire complementaria a la ventilación cuando se circula a lo largo de la galería cuando no se está usando en la maquinaria citada, aunque en este caso no es necesario, ya que la atmósfera en el interior de la galería presenta las mismas concentraciones de gases (CO_2 , O_2 , y CO) que en el exterior.

El contratista los trabajos en la galería aportará compresor para producir el aire comprimido necesario en los trabajos, según las siguientes características:

Tabla 2. Características compresor requerido

Compresor portátil		Motor	
Modelo	ATLAS COPCO XAS 146 o similar	Velocidad rotación	Motor DEUTZ o similar, 185/1300 rpm
Presión mínima trabajo	7 bar	Potencia	60 kW
Presión máxima trabajo	14 bar	Caudal aire	11 m ³ /min

El compresor está conectado a una tubería de acero galvanizado de 90 mm de diámetro que se encuentra instalada en la galería hasta los 6.170 m aproximadamente (hasta el derrumbe que cierra la galería a sección completa). Esta tubería es la que transportaba el aire comprimido hacia el frente cuando se perforó la galería. La tubería presenta tramos en mal estado que deberán ser reparados por el Titular de la explotación.

Se instalará también un calderín de aire comprimido en algún punto interior de la galería. El calderín mantiene la presión de aire comprimido en la instalación, y el funcionamiento el sistema en caso de fallo del compresor hasta que los trabajadores salgan al exterior.

10.4. Bocamina

La bocamina está situada en la margen derecha del barranco de El Salto, bajo una pared con mucha vegetación. Se extremarán las precauciones cuando se esté bajo la pared rocosa.

La galería cuenta con un cerramiento consistente en una puerta de una hoja constituida por barrones unidos al marco metálico y sujeta mediante bisagras al marco de la puerta, hecho también de tubos cilíndricos empotrado en marco de hormigón. Cuenta con dos candados gestionados por el Titular de la galería.

10.5. Carteles de seguridad

El cartel exterior, dando cumplimiento al Decreto 232/2008 de 25 de noviembre, por el que se regula la seguridad de las personas en las obras e instalaciones hidráulicas subterráneas de Canarias, está colocado sobre el marco de hormigón en la parte superior de la puerta de la bocamina. Se encuentra en buen estado.



Figura 7. Carteles de señalización y seguridad de la galería.

El cartel interior, que se ha de colocar a 10 m en el interior de la galería perpendicularmente a la traza, no se encuentra instalado. En cambio, existe uno en el exterior colocado sobre un poste. Para cumplir con la legislación vigente es necesario colocar este último a 10 m en el interior de la galería, de tal forma que cualquier persona que acceda a la misma lo vea o lo tenga que apartar.

Los carteles están correctamente diseñados de acuerdo a la instrucción técnica complementaria SIH II.12.01 "Señalización de obras e instalaciones hidráulicas subterráneas de Canarias". Las coordenadas UTM de la bocamina son correctas. Cuando la maquinaria de la instalación esté en funcionamiento, debe colocarse un cartel de "Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra" para que no haya accesos no autorizados a la zona donde se encuentra la maquinaria.

Los trabajos de mantenimiento y mejora de la señalización corresponden al Titular de la galería.

10.6. Arqueta de reparto

A la salida de la galería se encuentra una arquilla aforadora de donde parte la tubería de aducción de la galería. Presenta regla y tubo para medición de caudales. Los trabajos de mejora, limpieza y conservación corresponden al Titular.

10.7. Alumbramientos.

La galería principal presenta unos pequeños nacientes procedentes de los hastiales a distintas profundidades. Los nacientes importantes comienzan con goteos entre 6.032m y 6.100m en materiales de brecha poligénica compacta formada por bloques de distintos tamaños y orígenes incluidos en una matriz arenosa-limosa. Los principales se producen en el tramo entre 6.100 m y el derrumbamiento que ocupa la sección completa de la galería a 6.170 m. Por tanto, se cree que los alumbramientos principales se producen entre este punto y el frente. Un alumbramiento importante se observa en el hastial izquierdo (mirando al frente) a 6.148m detrás del archetado.

Tabla 3. Alumbramientos en el interior de la galería.

Nº	Distancia a bocamina (m)	Tipo	Caudal	Año
1	40	Goteos (no se recogen)	Muy pequeño	2024, 2025
2	65	Socavón hastial izquierdo	Pequeño	2024, 2025
3	78	Socavón hastial derecho	Pequeño	2024, 2025
4	596	Goteos (no se recogen)	Pequeño	2024, 2025
5	1219	3 socavones h izq. y 1 h dcho.	Pequeño	2024, 2025
6	1763	Socavón sin recoger	Pequeño	2024, 2025
7	2150-2242	Nacientes de repisa Sin recoger	Pequeño	2024, 2025
8	2760	Goteos en almagre (sin recoger)	Pequeño	2024, 2025
9	6032	Naciente hastial izq. y goteos	Medio	2024, 2025
10	6035-6038	Goteos en mortalón	Medio	2024, 2025
11	6085-6100	Nacientes hastiales y techo y grieta h. izquierdo en mortalón	Medio	2024, 2025
12	6148m	Naciente bajo archete (posible socavón)	Grande	2024, 2025
13	6170m	Nacientes procedentes del frente de la galería que pasan bajo derrumbe a sección completa	Muy Grande	2024, 2025

El caudal total en la aforadora exterior de la galería se mide en 24 m³/h (50 pipas/hora aproximadamente). Los alumbramientos deberán estar protegidos y no deberán verse afectados por los trabajos e instalaciones a implementar y ejecutar en el interior de la galería. **No se realizarán mejoras, conservación ni limpiezas en los alumbramientos en las actuaciones previstas en el presente proyecto, correspondiendo a medidas a tomar por el Titular.**



Figura 8. Alumbramientos: nº13 procedente del frente (izq.), nº12 hastial izquierdo -mirando al frente (centro), nº11 goteos (dcha.)

10.8. Canalizaciones hidráulicas

La galería presenta una tubería de PVC 250 mm PN6 unión mediante junta elástica. La tubería se inicia en un tomadero de hormigón situado a los 6.024 m de la bocamina en el hastial izquierdo (mirando al frente). A 5.440 m cambia al hastial derecho y continua la tubería hasta la arquilla medidora en la bocamina. En la solera aparece una pequeña cantidad de agua sin recoger, se cree que la presencia de agua se debe a pérdidas en la tubería entre los 5.875m y los 6000m en un tramo enterrado. A 5.748 m hay presencia de agua bajo la tubería de PVC.

A 3.600 m existe un tramo de canal de hormigón que sirve como registro del agua que se alumbr a partir de los 6.012 m.

A 1.219 m se inicia un canal de sección rectangular en el hastial derecho (mirando al frente) que recoge las aguas que alumbran un socavón situado en el hastial derecho e izquierdo a 1.219 m, así como los pequeños alumbramientos en socavón situado a 78 m de la bocamina. Sobre el canal se sitúa la tubería de PVC 250 mm.

Hay un tomadero en el hastial izquierdo (mirando al frente) a 60 m de bocamina, en el que se inicia una tubería de PVC de 110 mm que recoge el agua de un socavón situado a 65 m. Esta tubería llega hasta bocamina.



Figura 9. Tomadero inicial a 6024,85m (izq.), tubería PVC DN250 semienterrada (centro), agua bajo tubería a 5748m (dcha.)

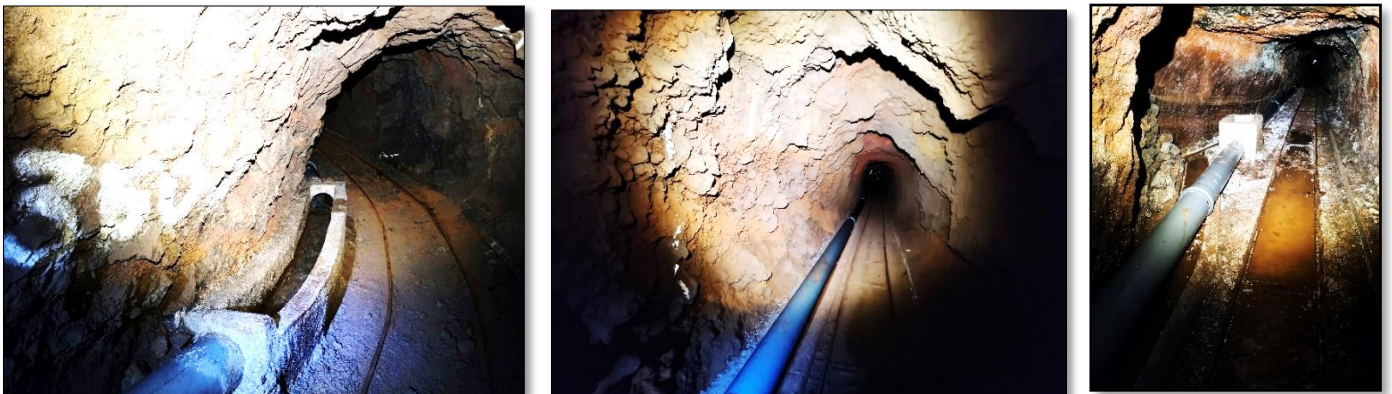


Figura 10. Cambio de canal del hastial izquierdo al derecho (izq.) y canal y tubería de agua hastial derecho (centro) y recogida de agua al canal en socavón a 78 m (izq.)

Los trabajos de reparaciones, mejoras en recogidas de agua y canalizaciones serán responsabilidad del Titular, no correspondiendo a las actuaciones del presente proyecto. Los trabajos de instalaciones para el desarrollo del demostrador afectarán lo mínimo posible a las canalizaciones hidráulicas existentes.

10.9. Instalaciones de carga y transporte.

La galería presentaba raíles durante todo el recorrido hasta los 6.170 m. Existen varios tramos de línea de raíles que se encuentran en mal estado, especialmente en las zonas con goteos, tramos con acumulación de barro en la solera, donde existen pérdidas de agua de tuberías, tramos donde discurre el agua por la solera y donde se encuentran los socavones con pequeños alumbramientos.



Figura 11. Raíles inexistentes, erosionados, oxidados, con los empalmes en mal estado, abiertos a lo ancho

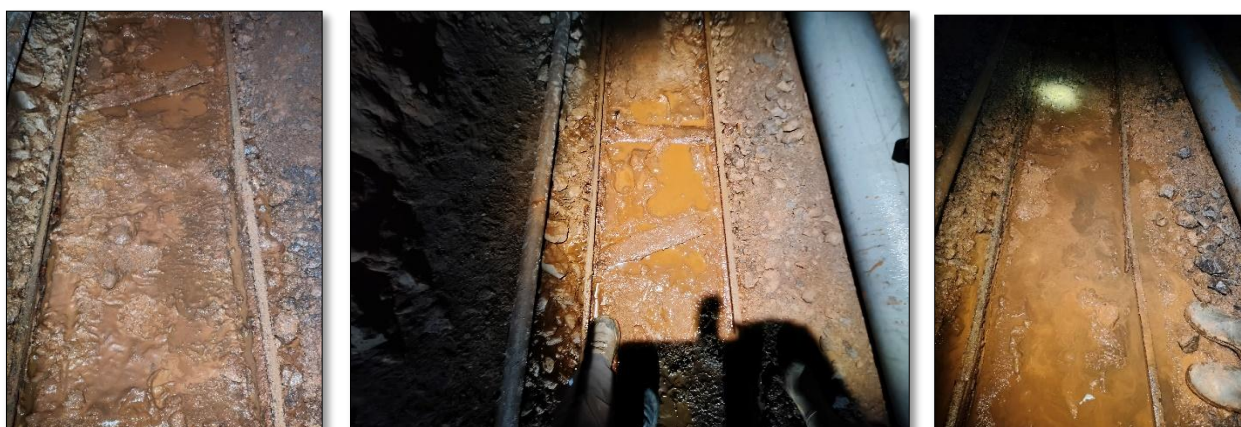


Figura 12. Tramos de galería con barro y lodo bajo los raíles que se encuentran sin sujetar bien al suelo



Figura 13. Tramos de galería con agua por la solera sin recoger correctamente

Los trabajos de reparación y reposición de las instalaciones de vías han sido ejecutados por la Comunidad propietaria de la galería, siendo cualquier reparación propia del mantenimiento necesaria responsabilidad del Titular de la galería.

El estado actual de gran parte de las vías e instalaciones en mal estado se han reparado y acondicionado de acuerdo con los trabajos de ejecución del proyecto original. Entre las reparaciones y mejoras de acondicionamiento realizadas se incluyen sustitución de vías, reparaciones de raíles, cambios de empalmes y traviesas, calzados, limpieza de suelo y vías, y mejoras de la solera con suelo-cemento. Todos estos trabajos permiten que el transporte de materiales y uso de la maquinaria esté en buenas condiciones para la ejecución de los trabajos en curso y los del presente proyecto.

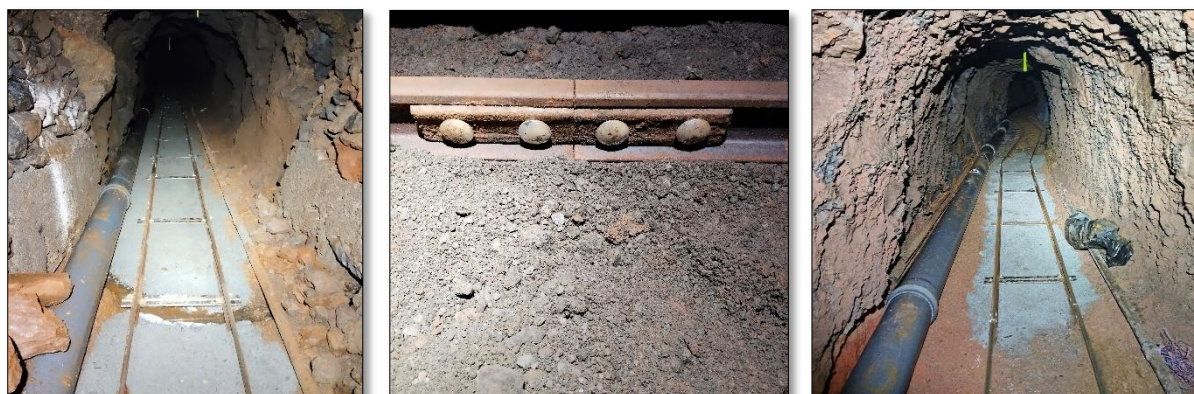


Figura 14. Tramos de galería con reparaciones realizadas.

Las reparaciones, acondicionamientos y nuevas instalaciones que fueran necesarias durante la ejecución de los trabajos son responsabilidad del Titular de la galería, no siendo parte de las actuaciones del presente proyecto.

10.10. Estabilidad de los terrenos atravesados por la galería

La galería es bastante estable en general. En la primera visita al interior se observaron varios derrumbamientos de tamaño pequeño a medio. A partir de 6.127m hasta los 6.170 m se presentan derrumbes importantes, estando la galería obstruida a sección completa a 6.170 m. Los derrumbes principales se producen en un tramo de galería que presenta varios diques que atraviesan la traza, y entre los diques se encuentran materiales del Complejo Basal, alterados y descompuestos que dan lugar a grandes desprendimientos de techo y hastiales. En la tabla se muestran todos los derrumbes encontrados en la visita de octubre de 2024. Los derrumbes menores hasta 6.127m fueron retirados.



Tabla 4. Zonas de inestabilidad en la galería.

Nº	Localización		Características			
	Tramo	Distancia a bocamina (m)	Tipo	Tamaño	Longitud (m)	Año
1	Galería	26	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
2	Galería	55	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
3	Galería	250	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
4	Galería	290	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
5	Galería	2366	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
6	Galería	2760	Techo	Pequeño	1	2024, 2025
7	Galería	3220	Hastial sinerita	Pequeño	1	2024, 2025
8	Galería	Sin dato	Techo piroclastos rojos	Pequeño	1	2024, 2025
9	Galería	6124	Techo y hastiales inicio archete nº1 (entre 6136,40m-6146,70m)	Grande	22,00	2024, 2025
10	Galería	6151	Techo final archete nº2 (entre 6146,7-6151m)	Grande	5,0	2024, 2025
11	Galería	6163	Techo y h. dcho. inicio archete nº3 (entre 6163-6170m)	Grande	7,0	2024, 2025
12	Galería	6170	Derrumbe sección completa galería principal	Enorme	Sin datos	2024, 2025

Existen 3 tramos de sostenimiento artificial en la galería. Todos a partir de los 6.136, 40 m. Son tramos de archetes con cerchas metálicas y reforzados con pletinas metálicas de unión entre las cerchas tras las que se han colocado planchas metálicas. Los archetes se encuentran deformados en las tres secciones de archetes, fruto del empuje del terreno (Complejo Basal).

Tabla 5. Sostenimiento artificial en la galería

Nº	Localización		Características	
	Tramo	Distancia a bocamina (m)	Tipo	Longitud (m)
1	Galería	6134,40-6145,70	Archete cerchas metálicas, pletinas y planchas metálicas en el trasdós	12.30
2	Galería	6.146,70-6.156,70	Archete cerchas metálicas, pletinas y planchas metálicas en el trasdós	10
3	Galería	6.163-6.170	Archete cerchas metálicas, pletinas y planchas metálicas en el trasdós	7

No se realizarán trabajos de limpieza de derrumbes ni de mejora de archetes en el presente proyecto, siendo responsabilidad del Titular de la galería.

10.11. Atmósfera en el interior

La galería no presenta instalación de ventilación, lo que indica que se ha podido perforar con la ventilación natural de la misma, ventilando de forma natural los gases de la voladura, a pesar de ser tan larga. El aire comprimido se utilizaba para los escalichadores, martillos de perforación de barrenos y la pala cargadora.

Los valores medidos de CO₂ y CO en toda la galería son inferiores a los máximos admisibles tanto para una exposición de corta duración (15 minutos) como para una jornada laboral (ocho horas) de duración, según la instrucción técnica complementaria *ITC 04.7.02. del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera*.

Tabla 6. Valores permitidos de concentraciones de gases peligrosos y oxígeno

	VLA-ED (ppm)	VLA-EC (ppm)
CO	25	100
CO ₂	5.000	12.500
SO ₂	0,5	1
SH ₂	5	10
NO	25	30
NO ₂	3	5

Además, la proporción de oxígeno no será inferior al 19% en volumen, en ningún puesto y lugar de trabajo.

Nota. VLAD-ED: Valor límite ambiental exposición diaria (8 horas) y VLA-Exposición corta duración (15 minutos).



El ambiente de la galería es adecuado hasta los 6.170 m desde la bocamina. Las concentraciones de gases medidos en el interior de la galería están dentro de las admisibles para una jornada laboral de 8 horas en toda la galería. Ocasionalmente, se han apreciado tramos desde los 4.800 m hacia el frente con un olor característico similar a gas, posiblemente asociado a los materiales más antiguos, pero no se han detectado ambientes de atmósfera explosiva con las mediciones de los detectores de LEL.

10.12. Concentración de Oxígeno (O₂)

En las visitas realizadas los 29/10/2024 y 08/04/2025 los valores de concentración de O₂ fueron de 20,9% en toda la galería. Estos valores, tal y como se observa en la Tabla anterior, se encuentran por encima del valor ambiental límite mínimo para una jornada laboral de 8 horas (19%).

10.13. Concentración de Dióxido de Carbono (CO₂)

Los valores de concentración de CO₂ son en todo el recorrido inferiores a 5.000 ppm, por tanto, inferior a los límites máximos admisibles para una exposición de corta duración (15 minutos) como para la jornada de 8 horas. La galería en otoño y primavera presenta condiciones seguras para realizar trabajos en su interior.

10.14. Concentración de Monóxido de Carbono (CO)

La concentración de este gas fue nula en las visitas realizadas. Concentraciones de CO superiores a cero, solo aparecen por mala combustión en los motores de combustión. También se produce por la combustión incompleta del carburo de la lámpara, pero no en cantidades detectables y peligrosas.

Cuando se realicen los trabajos y haya transporte mediante locomotora y vagonetas en el interior se vigilará la concentración de CO. Si se detecta CO en la locomotora se revisará su motor de combustión hasta conseguir que no emita CO.

10.15. Calor y temperatura

La temperatura en la visita del 19/10/2024 ha oscilado entre los 14°C en el exterior y los 18°C a los 6.170 m en la galería, valores todavía alejados del límite máximo de confort, que es de 33°C. Por tanto, la temperatura es adecuada para el trabajo. Los valores de humedad deben situarse entre el 30% y el 70%, para que las condiciones de trabajo en el interior sean confortables. Aunque los valores de humedad sean superiores al límite de confort 70%, como la temperatura no alcanza los 33°C, no se considera peligroso ni para transitar ni para realizar labores de interior. Sin embargo, se extremarán las medidas contra el calor.

10.16. Perfil de gases

En la tabla y gráficos siguientes se muestran los valores de las concentraciones de gases peligrosos CO₂ en ppm, y % en volumen de O₂ de la visita realizada el 08/04/2025. Las concentraciones de monóxido de carbono fueron nulas. Se muestran en verde los valores admisibles para una jornada de trabajo de 8 horas y en amarillo los que no lo son. Indicar por otra parte que estos valores no son constantes en el tiempo, si no que pueden sufrir variaciones en función del clima e incluso a lo largo del día debido a las variaciones de la presión atmosférica (mareas barométricas o por cuestiones meteorológicas)

Perfiles de gases Galería "Los Tocaderos"

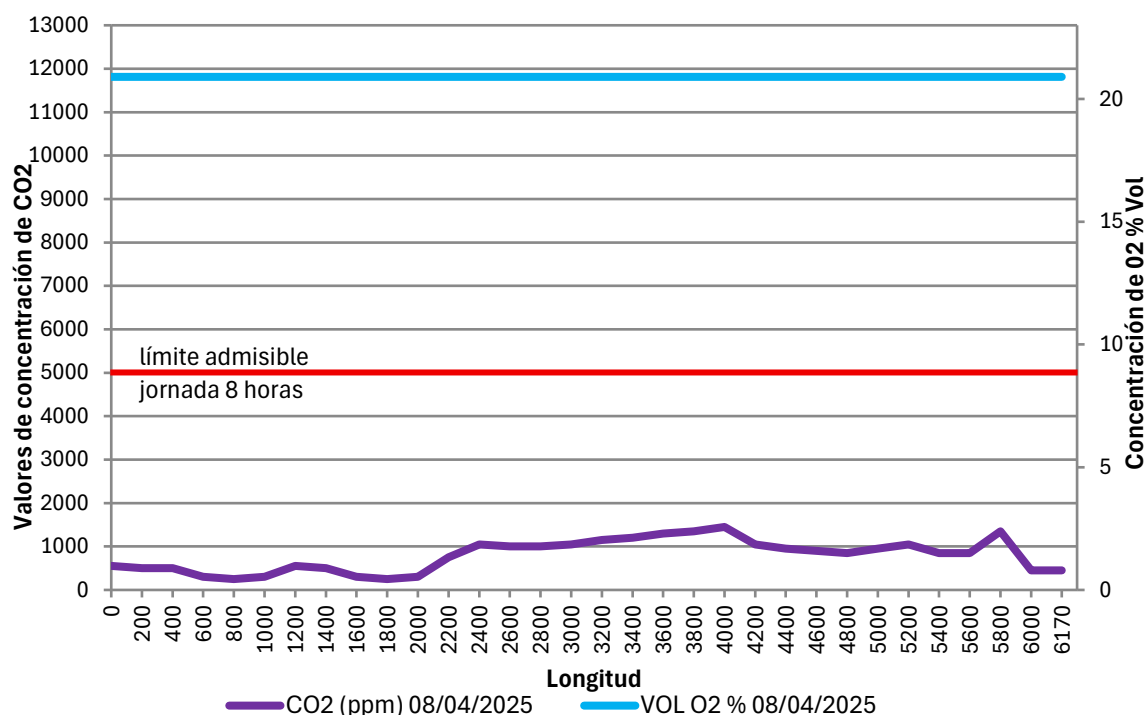


Figura 15. Perfil de gases CO₂ y O₂ de la galería Tocaderos

Es obligado el control y medición de gases durante la implementación y ejecución de las instalaciones y obras dentro de la galería mediante detector de gases portátil calibrado y en buenas condiciones de uso.



Tabla 7. Valores permitidos de concentraciones de gases peligrosos y oxígeno

Sección de la Galería	Longitud	Vol O2 % 08/04/2025	CO2 (Ppm) 08/04/2025
Galería principal	0	20,9	550
	200	20,9	500
	400	20,9	500
	600	20,9	300
	800	20,9	250
	1000	20,9	300
	1200	20,9	550
	1400	20,9	500
	1600	20,9	300
	1800	20,9	250
	2000	20,9	300
	2200	20,9	750
	2400	20,9	1050
	2600	20,9	1000
	2800	20,9	1000
	3000	20,9	1050
	3200	20,9	1150
	3400	20,9	1200
	3600	20,9	1300
	3800	20,9	1350
	4000	20,9	1450
	4200	20,9	1050
	4400	20,9	950
	4600	20,9	900
	4800	20,9	850
	5000	20,9	950
	5200	20,9	1050
	5400	20,9	850
	5600	20,9	850
	5800	20,9	1350
	6000	20,9	450
	6170	20,9	450
	Valores dentro de los límites admisibles para jornada de 8 horas		
	Valores no cumplen con los límites admisibles para jornada de 8 horas		



11. Emplazamiento del cierre hidráulico

Un cierre hidráulico en una galería consiste en la colocación de una estructura de hormigón armado que ocupe toda la sección de la galería donde existan diques volcánicos, intrusivos e impermeables, restituyendo en la medida de lo posible las condiciones naturales de almacenamiento subterráneo previas a la perforación. La estructura funciona como un “Tapón” y está, atravesada por tuberías dotadas de válvulas de cierre que permita el paso regulado y controlado del agua a través de él. Este “tapón” permite regular el caudal de alumbramiento de la galería, durante las diferentes épocas del año en función de las necesidades de uso. Los volúmenes de agua demandados por los regantes no son los mismos en invierno, cuando se producen las principales precipitaciones, que en verano en el que las precipitaciones son escasas o nulas. Los cierres hidráulicos permiten regular el caudal de agua extraído de las galerías. Esto mejora el aprovechamiento del acuífero del que se nutre la galería, ya que en épocas de baja demanda se puede cerrar la válvula y el agua se acumula detrás del cierre, dentro del acuífero. En épocas de mayor demanda se abre la válvula de regulación del caudal según las necesidades, permitiendo un ahorro de agua en invierno y un aumento de caudales en verano. Esto supone una mejora del aprovechamiento del acuífero, y de la eficiencia del uso del agua de riego para los agricultores.

Los cierres hidráulicos han de construirse en los tramos de la galería donde haya una capa impermeable que junto con el cierre hidráulico produzca la retención del agua detrás de ella. Dicha capa deberá ser lo más perpendicular posible a la dirección de flujo del agua subterránea dentro del acuífero, para actuar como una “presa subterránea” que retiene el agua. En caso de presentar dirección paralela al flujo de agua, no se producirá retención de esta tras el cierre, sino que actuará como una capa-guía que facilita la dirección de flujo del agua en su recorrido por el acuífero, produciendo el efecto contrario al deseado al ejecutar un cierre hidráulico. Normalmente las capas en las que se construyen los cierres hidráulicos suelen ser diques intrusivos estructuralmente sanos (sin mucha fracturación) cuya dirección sea perpendicular a la dirección de flujo del agua dentro del acuífero.

El emplazamiento idóneo viable para la construcción del cierre hidráulico se ha determinado mediante dos visitas realizadas por D. Juan Jesús Coello Bravo, geólogo especialista en hidrogeología, realizadas en octubre de 2024 y abril de 2025. En el Informe Hidrogeológico se indica que el único dique adecuado para la construcción del cierre hidráulico es el que entra a 6.051,50 m por el hastial izquierdo (mirando al frente) atraviesa la traza de la galería saliendo por el hastial derecho a 6.059,65m. El dique presenta rumbo N65°-75°E y buzamiento 72°S y tiene 50-80 cm de espesor, se sitúa bastante oblicuo respecto a la traza de la galería. El dique no se presenta totalmente perpendicular al flujo del agua del acuífero de Las Vertientes, sino que presenta una cierta inclinación respecto a él, pero no tan acusada como respecto a la traza de la galería. Por ello, y porque en la galería aparecen detrás del dique importantes

alumbramientos, se deduce que el dique retiene de forma natural el flujo de agua que se alumbra tras él.

Este emplazamiento es el considerado como demostrador DM2 Barlovento y será ejecutado en proyecto autorizado a la Comunidad de Bienes “Los Tocaderos”, siguiendo la dirección, asesoramiento técnico y consultoría prestada por AIM para asegurar los objetivos del proyecto GENESIS.



Figura 16. Emplazamiento para la ejecución de la estructura del cierre hidráulico de demostración.

12. Justificación de la propuesta.

Las actuaciones e instalaciones propuestas han sido seleccionadas siguiendo una serie de **criterios básicos** que se sintetizan a continuación:

- **Cumplimiento de los objetivos del proyecto GENESIS.** Las visitas a varias de las galerías del municipio de Barlovento han permitido identificar en la galería de Los Tocaderos una estructura geológica de interés y diques intrusivos de características adecuadas para plantear un cierre hidráulico. Así mismo, al tratarse de una galería sin existencia de cierres



artificiales, con esta acción se logran múltiples beneficios tanto para las comunidades locales como para las acciones de innovación del proyecto. También existen una serie de características técnicas de interés para la elección de esta galería para la ejecución del demostrador:

- La longitud de más de 6,0 km de la galería convierte la ejecución del cierre hidráulico en una actuación innovadora debido a sus condiciones desfavorables de acceso y de dificultad constructiva, y por tanto, ofrece un ejemplo demostrativo comparativo de gran interés para definir condiciones de replicación en otras instalaciones a priori más favorables y de más fácil ejecución.
 - La geometría y longitud de la galería también supone un reto y requiere la aplicación de tecnologías y técnicas innovadoras para su control y monitorización de manera remota tanto para demostrar la acción de innovación como realizar una operativa en condiciones reales.
 - La disposición, orientación y características geológicas del dique y los materiales adyacentes también constituyen un desafío de ingeniería debido a la longitud total de la estructura a realizar. Las dimensiones previstas del cierre de cerca de 10,0 m de longitud por 3,0 m de alto y ancho, constituyen una dificultad constructiva adicional.
 - La galería presenta un bajo caudal en comparación con otras galerías de la zona por lo que su rendimiento puede ser evaluado para condiciones de rentabilidad por unidad de volumen almacenado o caudal más desfavorables lo que mejora las posibilidades de replicar la solución en otras localizaciones.
- **Colaboración con la Comunidad propietaria.** La colaboración desde el inicio de la comunidad ha facilitado las visitas, estudios y labores técnicas desde el inicio del proyecto permitiendo cumplir con los plazos previstos para el desarrollo del demostrador y contar con un acuerdo de colaboración para el resto de las actividades de GENESIS en esta zona.
 - **Cumplimiento de condiciones de seguridad.** Los trabajos preliminares realizados durante el proyecto se ha contrastado que la galería presenta suficientes un acceso adecuado, condiciones de seguridad suficiente y ausencia de gases o atmósferas peligrosas, lo que permitiría algunas de las actividades y visitas previstas en el proyecto GENESIS.
 - **Garantizar la operación actual de las infraestructuras críticas existentes de la Comunidad.** La selección de los equipos a utilizar y el diseño del sistema de monitorización, instrumentación, control, regulación y comunicaciones se fundamenta en no interferir en la operación, mantenimiento e infraestructuras de la galería por ser una fuente de suministro de agua para el municipio de Barlovento y otras zonas de la isla.

- **Fiabilidad de la información obtenida.** El sistema de monitorización, control y regulación se diseña para asegurar durante el proyecto que la instrumentación instalada proporciona datos fiables y verificables para las investigaciones y evaluación de los resultados. Así mismo, se pretende realizar una operación innovadora que sirva de demostración de actuación remota.
- **Integralidad, seguridad e interoperabilidad en los sistemas de comunicaciones y monitorización del resto de acciones de innovación.** Los equipos propuestos se adecuan a estándares industriales, protocolos de comunicación seguros y siguiendo las indicaciones para que su integración y operabilidad de comunicaciones cumpla las especificaciones de la red de monitorización inteligente del resto de La Palma Deep Demonstrator, desarrollada por CANAR.
- **Principios de optimización y eficiencia de los recursos económicos.** Las actuaciones e instalaciones diseñadas son las que ofrecen unos beneficios económicos y calidad razonables para los objetivos perseguidos en el demostrador. Se han tenido condiciones y costes de mantenimiento, calibración y condiciones logísticas para que durante el proyecto se garantice la monitorización de manera continuada y estable.

13. Trabajos en el cierre hidráulico.

Los trabajos necesarios para la construcción del cierre hidráulico se resumen en los siguientes puntos:

- Trabajos exteriores en la galería
- Adecuación y acondicionamiento de instalaciones interiores de la galería
- Construcción del cierre hidráulico
- Instalación de elementos de control y regulación del cierre hidráulico
- Gestión de residuos
- Seguridad y salud

Los trabajos necesarios están definidos en el proyecto denominado “*Proyecto de Ejecución de Cierre Hidráulico en la Galería Los Tocaderos, T.M. Barlovento, Isla de La Palma*”, redactado por la Ingeniera de Minas, Doña María Pilar García Alonso, de la consultora MPGA Ingeniería SLPU, con fecha de agosto 2025 y que cuenta con autorización del Servicio de Minas de la Dirección General de Industrial del Gobierno de Canarias y convenio para ejecución del

Consejo Insular de Aguas de La Palma. De dicho proyecto inicial, se extraen y ajustan las actuaciones correspondientes con la monitorización del demostrador DM2 Barlovento.

Las actuaciones del presente proyecto se corresponden exclusivamente con aquellos trabajos no permanentes y desmontables de las instalaciones de elementos de control y regulación del cierre hidráulico, en base a la colaboración acordada entre la Asociación para la Investigación de la Macaronesia, AIM, y la Comunidad de Bienes Los Tocaderos, titular de la galería. Se incluyen partes proporcionales ajustadas a las medidas de seguridad y salud y gestión de residuos esperadas por las labores de dichas instalaciones.

Los trabajos de obras de adecuación y acondicionamiento de las instalaciones y construcción del cierre hidráulico son responsabilidad de la Comunidad titular de la galería y serán ejecutados de manera previa a las actuaciones de instalación del presente proyecto.

14. Descripción de las obras e instalaciones a ejecutar.

14.1. Trabajos auxiliares

Se incluyen los trabajos de transporte de maquinaria, materiales y equipos necesarios para la instalación, y su puesta a disposición durante las obras y las visitas a realizar al interior del demostrador.

También se incluye la puesta en marcha y disponibilidad de compresor de aire para trabajos con aire comprimido y como medio de seguridad para la entrada de aire desde el exterior hasta la zona de la instalación.

14.1. Instalación de elementos de telecomunicación

La instalación del conductor de información de fibra óptica y los elementos de comunicación necesarios (convertor de medios de fibra óptica, conductores a los elementos de control de caudales y presión, teléfonos, etc.) serán tendidos e instalados por operarios especializados en instalaciones de telecomunicación. Se incluyen los trabajos de unión de elementos, cuadros, protecciones y comprobación de funcionamiento de comunicación.

El tendido de la fibra óptica desde la bocamina a los elementos del cierre hidráulico será realizado por los operarios de telecomunicaciones y personal especializado en el trabajo interior de galerías, de acuerdo con las indicaciones de la Dirección de Obra.

La configuración, programación y puesta en marcha no se incluyen en los trabajos de instalación con cargo al contratista de este proyecto ya que dependen de la integración en el sistema de monitorización inteligente (SMN) general del proyecto GENESIS.



14.2. Trabajos de cerrajería

Con el fin de minimizar los trabajos en el interior de la galería, todo aquel elemento que conforme la instalación hidráulica del cierre y que sea susceptible de ser elaborado o mecanizado en el exterior o en el taller se fabricará de esta manera.

Para ello, se dispone de una partida para trabajos de cerrajería en taller, tales como cortes, soldado de bridas, abocardado de tubería o elaboración de tomas para alivio o montaje de instrumentos, así como el correspondiente transporte de las piezas desde el taller a la obra

14.3. Instalación de los elementos hidráulicos

En el cierre hidráulico se implementará un sistema de instrumentación y automatización que permitirá conocer y monitorizar en tiempo real el volumen de agua extraída y almacenada, conocer el nivel piezométrico y además de realizar actuaciones de regulación sobre el caudal de salida. La operación permitirá realizar las pruebas y ensayos previstos en el proyecto de investigación.

Se instalarán dos (2) tuberías de acero galvanizado DN200 unidas mediante bridas desde las tuberías existentes que atravesarán los laterales de la estructura de hormigón armado. Las tuberías se prolongas para albergar la valvulería necesaria para el control y regulación del paso del agua, la instrumentación, el caudalímetro y el filtro. Además, se colocarán sendas válvulas de alivio con capacidad de regulación hasta 10 atmósferas, para aliviar si la presión tras el cierre alcanza valores cercanos al de diseño de la estructura. El sistema estará duplicado por si alguna durante la operación se ve obstruida o afectada.

Se instalarán dos (2) tuberías acero galvanizado de DN50 en la parte superior del cierre, que prologarán las tuberías de mismo diámetro que atraviesan el dado de hormigón en los trabajos previos a este proyecto. Estas tuberías permiten la salida de aire cuando se esté llenando de agua el espacio de la galería tras el cierre y la entrada de aire cuando se esté vaciando. Para ello se instalará en la tubería aguas abajo del cierre una ventosa trifuncional mediante una “T” con reducción para la ventosa en cada una. En la punta de la tubería una reducción a 1/2” y una válvula de bola para colocar un manómetro, que sirva de control al otro elemento de medición de presión del cierre. El sistema estará duplicado por si se taponara alguna de las tuberías.

A partir del cierre hacia la bocamina la tubería por donde saldrá el agua principalmente se reducirá a DN150, ya que los elementos de control presentan diámetro nominal de 150 mm, ajustado a los caudales máximos previsibles del cierre hidráulico. La otra tubería se utilizará como línea duplicada por si se produce algún problema en la de salida del agua. Debajo es estas habrá otra tubería para limpieza cuando se vacíe el depósito totalmente tras el cierre y ejecutada previamente por la Comunidad. Entre ambas líneas de tubería habrá una conexión

bypass con tubería DN150, permitiendo el suministro de manera independiente de cada toma en caso de averías.

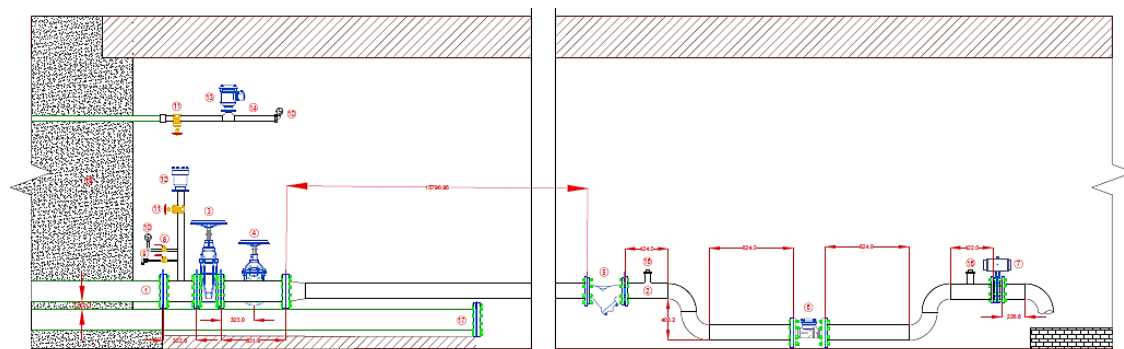


Figura 17. Detalles constructivos de los elementos de control y regulación del cierre hidráulico.

Los elementos hidráulicos a colocar aguas abajo del cierre se diferencian en función de las tuberías en las que se instalarán. Estos serán de materiales y especificaciones habituales de uso local, que tendrán que ser aprobado por la Dirección Facultativa.

En las **tuberías de acero galvanizado de 200/150 mm** de diámetro a la salida del dado de hormigón:

- **Válvulas de compuerta**

Válvulas de compuerta DN200 de junta elástica (2 ud) a la salida de cada toma del cierre permitirá cortar el paso del agua para reparar o sustituir cualquier elemento de la valvulería. También se instalará una válvula de compuerta de DN150 cierre elástico (1 ud) en la tubería de unión de ambas tomas de salida.

- **Filtro**

Elemento filtro atrapapiedras (1 ud), DN150 mm. Para retener elementos que circulen por la tubería a través del cierre antes de que lleguen al caudalímetro y lo dañen.

- **Válvulas de alivio**

Válvulas de alivio rápido de DN50 (2ud) de accionamiento hidráulico con piloto regulable a 10 atmósferas. Se colocarán en vertical antes de la primera válvula en cada ramal de toma del cierre hidráulico para garantizar la seguridad, en cualquier caso. Estas válvulas llevarán válvula de corte para permitir el mantenimiento.



En las **tuberías de acero galvanizado de 50 mm** de diámetro en la parte alta, para permitir la entrada y salida de aire mientras se vacía o llena el espacio de la galería tras el cierre, son los siguientes:

- **Ventosas**

Ventosa trifuncional (2 uds) colocada al final de cada tubería mediante un accesorio en “T” con reducción en la salida de colocación de la ventosa. Se instalarán válvulas de corte en cada una par su mantenimiento.

- **Tapones de cierre y manómetros.**

Tapón con reducción a $\frac{1}{2}$ ” colocado en la otra salida de la “T” con una válvula de esfera para poder colocar un manómetro roscable (2 uds), en cada tubería, que permita controlar in situ si el otro elemento de medida de presión tras el cierre funciona correctamente.

Todos los equipos, posteriormente descritos, son adquiridos por el promotor para garantizar las especificaciones y requerimientos técnicos, realizar las pruebas de verificación de funcionamiento y garantizar la integración y operación en la monitorización prevista en el proyecto GENESIS. Los equipos serán puestos a disposición del subcontratista para su instalación.

De manera resumida, para llevar a cabo la gestión remota del demostrador, se instalará el siguiente equipamiento:

- **Caudalímetro ultrasónico**

Se instalará un caudalímetro ultrasónico sin partes móviles, que medirá el caudal de agua mediante el principio de tiempo de tránsito ultrasónico, garantizando alta precisión y mínima pérdida de carga. Permitirá el registro en tiempo real y la transmisión de datos al controlador a través de comunicación Modbus. El equipo contará con batería de alimentación interna, lo que asegura una prolongada vida útil en condiciones normales de operación. Se realizará el montaje e instalación del equipo bridado y en un seno “U” que permita siempre el paso del agua.

- **Sensor de presión piezorresistivo**

El volumen de almacenamiento será monitorizado mediante un transmisor de presión de tecnología piezorresistiva, con rango de 0-10 bar, alta repetibilidad y precisión de $\pm 0,25$ % del fondo de escala. Estará fabricado en acero inoxidable y dispondrá de grado de protección IP65, garantizando resistencia en entornos exigentes. Su señal de salida estándar de 4-20 mA permitirá una integración sencilla con el sistema de control.



- **Actuador eléctrico con válvula mariposa**

La regulación del caudal de salida se realizará mediante una válvula telecontrolada equipada con un actuador eléctrico rotativo para válvulas del tipo mariposa, DN150 mm, capaz de posicionar su ángulo de apertura a partir de una señal de entrada estándar. El actuador contará con limitador de par electrónico y finales de carrera, lo que permitirá conocer en todo momento el estado de la válvula y proteger el equipo contra sobrecargas. Su construcción robusta, con grado de protección IP67, garantizará un funcionamiento fiable en ambientes húmedos y polvorientos.

- **Controlador**

Se dispondrá de un controlador PLC encargado de la recogida de información procedente de los sensores y de su envío hacia el exterior de la galería, así como de la ejecución de órdenes sobre el actuador de la válvula. El controlador integrará un sistema de monitorización que permitirá conocer en todo momento el estado de carga de la batería y elementos de suministro energético. Así mismo, contará con funciones de gestión energética que posibilitarán el apagado selectivo de equipos, manteniendo operativos únicamente aquellos necesarios para la recepción de órdenes externas, lo que maximizará la eficiencia y la autonomía del sistema.

- **Convertidor de medios a fibra óptica**

La comunicación entre el cierre hidráulico y la bocamina se realizará a través de una red de fibra óptica monomodo, que permitirá transmisión de datos robusta y eficiente a largas distancias. Para ello se instalarán convertidores de medios en ambos extremos de la línea de fibra, encargados de transformar la señal eléctrica en óptica y viceversa. El uso de fibra óptica garantizará baja atenuación de la señal, nulo riesgo eléctrico, alta inmunidad a interferencias electromagnéticas y, por lo tanto, una transmisión sin pérdidas de información.

- **Baterías**

La alimentación del sistema se efectuará mediante baterías de alta capacidad, diseñadas para garantizar la operación autónoma durante periodos prolongados, minimizando la necesidad de intervenciones externas debido a las limitaciones de acceso al emplazamiento. La configuración del sistema de telecontrol ha sido diseñada para optimizar la eficiencia energética, prolongando así la vida útil de las baterías antes de requerir recarga.

Finalmente, el controlador, el convertidor de medios y las baterías se instalarán en un armario de protección, que dotará al conjunto de resistencia frente a agentes externos y humedad, prolongando la vida útil de los equipos.

- **Otros equipos.**

Dependiendo del comportamiento y funcionamiento del sistema de monitorización durante las fases de puesta en marcha, podría ser necesaria la instalación de otros equipamientos aportados por el promotor, para lo que se tendrán en cuenta las condiciones de instalación previstas para una partida alzada específica para trabajos no previstos, especialmente para el transporte interior que fueran necesarios para la instalación.

En la siguiente tabla, se indica el equipamiento seleccionado:

Tabla 8. Descripción de equipamientos para su instalación y montaje en el sistema de telecontrol del cierre

Equipamiento	Modelo	Ud.	Características
Sensor de presión	Wika A10	1	Sensor de presión analógico con salida 4-20mA
Caudalímetro	Contazara CZUS	1	Caudalímetro ultrasónico DN150 inoxidable con comunicación modbus y batería
Válvula motorizada	Genebre J4C	1	Válvula mariposa motorizada DN150 controlable con entrada señal analógica 4-20mA
PLC	Schneider Modicon TM241CE24T	1	Controlador lógico programable con 8 entradas y 4 salidas analógicas
Convertor de medios	Teltonika TSW202	2	Switch ethernet con puertos SFP para fibra óptica
Batería	Tensite AGM 12V 100Ah	1	Batería 12 V y capacidad 100 Ah con tecnología de gel

Los equipos indicados en la anterior Tabla son puestos a disposición del subcontratista por el promotor, dado que son equipos seleccionados ya adquiridos, probados y configurados específicamente para los objetivos de investigación de la demostración del proyecto. La entrega de dichos equipos será en el exterior de la galería para que se pueda proceder a su recepción, almacenamiento y posterior instalación.

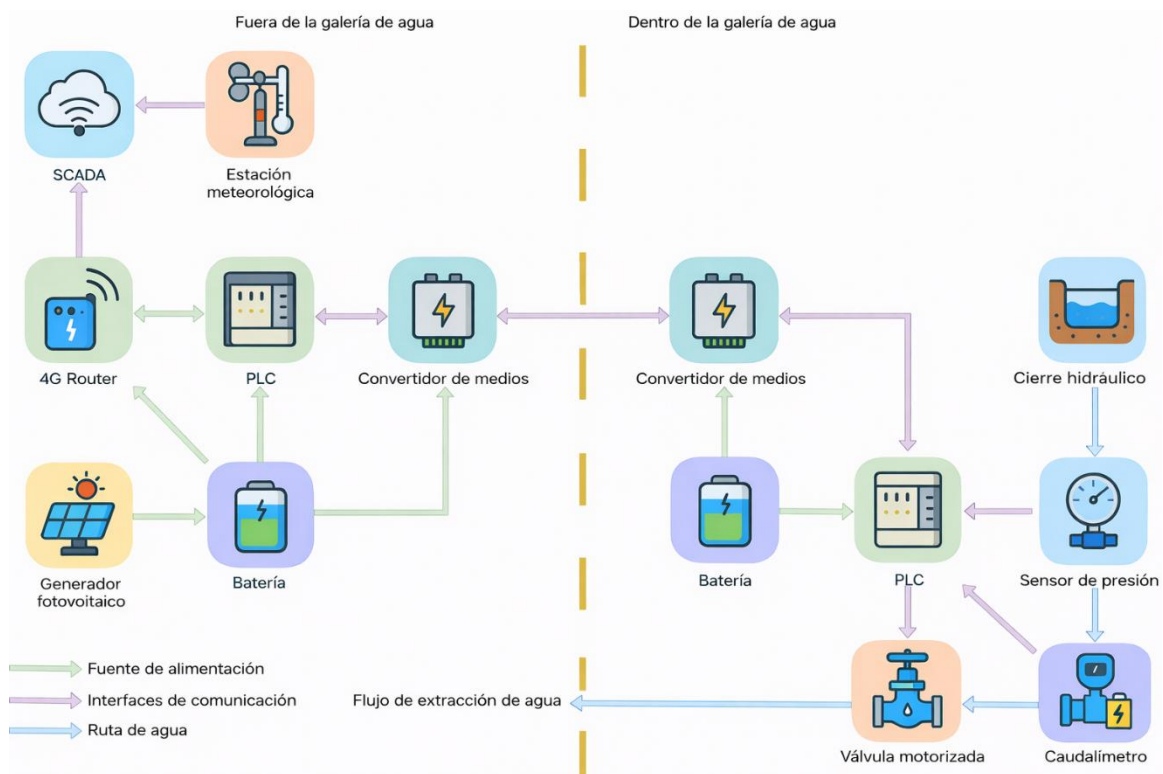


Figura 18. Diagrama de la solución de telecontrol implementada

14.4. Accesos y trabajos imprevistos

Por último, se destina una partida alzada a justificar para posibilitar el acceso hacia el cierre hidráulico para realizar labores de inspección de la instalación, configuraciones de los equipos, puesta en marcha o trabajos imprevistos. Esta partida está destinada a cubrir los gastos derivados del uso de la locomotora y maquinista para el traslado tanto de personal como de equipos o herramientas hasta el frente.

15. Plan de Gestión de Residuos

El contratista de las actuaciones e instalaciones previstas en el presente documento suscribirá un plan de gestión de residuos siguiendo las prescripciones e instrucciones de la Dirección Facultativa.

Se estima un presupuesto total de ejecución material de la gestión de residuos de las obras descritas de DOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVO EUROS Y TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS (2.979,37€), sin IGIC.



16. Seguridad y Salud.

El contratista de las actuaciones e instalaciones previstas en el presente documento se suscribirá en lo que corresponda al documento de Seguridad y Salud pertinente, Normas y Disposiciones Internas de Seguridad de las obras del proyecto autorizado y recibirá la autorización correspondiente para la realización de las obras del Titular de la galería y Dirección Facultativa, que será la responsable de llevar la coordinación de seguridad y salud de la ejecución de las instalaciones.

Se estima un presupuesto total de ejecución material de las medidas de seguridad y salud de las obras descritas de MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS Y SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (1.353,64€), sin IGIC.

17. Procedimiento de Evaluación Ambiental.

La obra objeto de este proyecto consiste en la construcción de un cierre hidráulico y en la instalación de los elementos de control y regulación en el inicio de la zona saturada del acuífero de las Vertientes donde alumbrado el agua de la galería Los Tocaderos, con el fin de demostrar este tipo de soluciones basadas en la naturaleza para controlar y regular el caudal alumbrado y utilizarlo de forma más eficiente y sostenible.

La galería no se encuentra dentro de ningún Espacio Natural Protegido, ni dentro de la Red Natura 2000. Así mismo, según lo dispuesto en la Disposición adicional primera de la ley 04/2017, de 13 de julio, del Suelo y los Espacios Naturales Protegidos de Canarias, tampoco se encontraría entre los proyectos objeto de evaluación ambiental dado que las aguas alumbradas por la galería son aguas subterráneas de la masa de agua ES70LP001 Insular-Vertientes clasificada por el Plan Hidrológico de la Demarcación de la Palma (2021-2027) como de estado cuantitativo bueno. No obstante, los trabajos no van dirigidos a aumentar el caudal de agua de la galería sino a regular la utilización del caudal ya alumbrado y usarlo de forma eficiente y sostenible. Por tanto, no está incluido en este apartado de la ley y no necesita sometimiento a evaluación de impacto ambiental simplificada.

En resumen, el proyecto no está contemplado en ninguno de los supuestos recogidos en los Anexos I y II de la citada ley y los emplazamientos de las obras no se encuentran en una zona de especial sensibilidad ecológica ni dentro de la RED NATURA 2000. Por tanto, tal y como se dispone en la citada ley, no es necesario elaborar un documento ambiental o evaluación de impacto ambiental ordinario ni simplificado.

18. Plan de trabajo y duración de las obras

Se estima que los trabajos previstos en el presente **proyecto tendrán una duración de UN (1) MES**. Se presenta el plan de trabajo y el diagrama de Gantt gráficamente el desarrollo de la obra y las valoraciones en € y %. Los importes de las partidas son del presupuesto de ejecución por contrata (PEC), por lo que tienen incluido el beneficio industrial y los gastos generales correspondientes a cada una y el I.G.I.C.

El inicio de los trabajos estará supeditado a la finalización de los trabajos en ejecución de las infraestructuras físicas permanentes del cierre hidráulico por el Titular de la galería.

Tabla 9. Programa de trabajos previsto

Cronograma		MES 1			
Fases de los trabajos	Presupuesto	S1	S2	S3	S4
1. Trabajos auxiliares	6.461,11 €				
2. Instalación de los elementos de control y regulación	31.829,43 €				
Instalación de los elementos de telecomunicación	6.028,87 €				
Trabajos de cerrajería	3.529,21 €				
Instalación de elementos hidráulicos	17.975,83 €				
Accesos y trabajos imprevistos	2.857,29 €				
3. Gestión de residuos	3.793,63 €				
4. Seguridad y salud	1.723,59 €				
Total, PEC (inc. BI+GG e IGIC)	43.807,76 €	8.487,94 €	11.465,45 €	9.700,85 €	12.715,28 €

19. Documentos que componen el proyecto

El presente proyecto incluye los documentos siguientes:

DOCUMENTO UNO: I. MEMORIA

DOCUMENTO DOS: II. PLANOS

DOCUMENTO TRES: III. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO TRES: IV. PRESUPUESTO



20. Resumen del Presupuesto.

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata del “Proyecto de Instalación De Elementos de Control y Regulación de Cierre Hidráulico en la Galería Los Tocaderos, T. M. Barlovento, Isla De La Palma” a la cantidad de **CUARENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS SIETE EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS (43.807,76€)**, incluido I.G.I.C.

En Barlovento, isla de La Palma, julio de 2026

GARCIA
ALONSO
MARIA PILAR
- 02615814R

Firmado digitalmente
por GARCIA ALONSO
MARIA PILAR -
02615814R
Fecha: 2026.08.11
10:19:46 +01'00'

Fdo.: María Pilar García Alonso
Ingeniero de Minas
Colegiada nº 471 C.O.I.M.S.