

LA MINERÍA DEL AGUA EN EL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

Juan Carlos Santamarta Cerezal

Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n, Campus de Anchieta, Universidad de La Laguna, 38200 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.
jcsanta@ull.es

RESUMEN

Las Islas Canarias son un archipiélago volcánico. Este hecho geológico, unido a una climatología singular, ha condicionado sus recursos naturales, principalmente la captación de los recursos hídricos. Éstos en un principio manaban directamente a la superficie mediante manantiales y caudales continuos en barrancos. A partir del siglo XX y con la revolución industrial de por medio, la demanda de agua se incrementó notablemente, no ayudando mucho el tipo de cultivo que se estaba estableciendo en la isla, como la caña de azúcar, gran demandante de agua. En aquellos tiempos y ayudados por los elementos que los avances industriales brindaban a la ingeniería hidráulica canaria, se establecieron los primeros sistemas de extracción de agua mediante perforación de galerías en un primer término y pozos, en zonas costeras condicionados; estos últimos por las capacidades técnicas de las bombas de entonces. El presente trabajo trata de la importancia de las galerías principalmente como elemento de desarrollo para la sociedad canaria y del patrimonio geológico que suponen para un conocimiento pleno de la hidrogeología de las islas, principalmente las islas occidentales donde se dan este tipo de infraestructuras hidráulicas con mayor frecuencia. Su evidente evolución desde simples minas drenantes similares a sus antepasados quanats iraníes, hasta la actualidad, donde podemos controlar su caudal aprovechando las formaciones hidrogeológicas singulares en conjunción con las actuales técnicas constructivas mediante los *diques hidrogeológicos*, de los que se trata el presente trabajo.

PALABRAS CLAVE: Acuífero volcánico, diques basálticos, galerías, hidrogeología volcánica, quanats.

ABSTRACT

The Canary islands are a volcanic archipelago. This geologic fact, joined with a singular climatology, has determined their natural resources, principally the reception of the water flow. Water resources, at the beginning, were running directly to the surface by means of natural springs, in ravines. Because of the industrial revolution, up the 20th century the water demand increased; the type of agriculture, as the sugar-cane, was a big claimant of water. In these times, people were helped by the water pumps that the industrial advances were offering to the hydraulic Canary engineering. The first systems of water extraction were established in the first term with perforation of water galleries and wells in coastal zones. Wells were determined by the technical capacities of the water pumps. The present paper deals about the importance of the water galleries as element of development for the Canary society, economy and geologic heritage, all that suppose full knowledge of islands hydrogeology and water resources in western islands, principally, where this kind of water captations are the principal one to obtain good quality of water resources. These water captations have evolved from the Iranian quanats up to the current captations with regulation of water flows by *hydrological dikes*.

KEY WORDS: Volcanic aquifer, basaltic dikes, galleries, volcanic hydrogeology, quanats.

INTRODUCCIÓN

La geología de todo el Archipiélago Canario está dominada prácticamente en su totalidad por una sucesión de materiales y estructuras volcánicas. Secuencias de emisiones lávicas, así como de depósitos piroclásticos de composición muy variable, configuran en todo el

Archipiélago Canario unos paisajes singulares dentro del territorio nacional pero que, a nivel regional, presentan contrastes extremos desde el punto de vista litológico, medioambiental, paisajístico e incluso meteorológico.

El archipiélago Canario obtiene sus recursos hidráulicos principalmente del subsuelo, en creciente importancia y cantidad cuanto más nos acercamos a las islas occi-

dentales, en las islas orientales, por la escasez del recurso, erosión y la evapotranspiración se abastecen principalmente por desalación de aguas de mar, de hecho la primera desaladora se instaló en Lanzarote en los años 60, si bien es cierto y como ha podido comprobar el autor de primera mano ya existían en el siglo pasado en el archipiélago de Malta.

A finales del siglo XIX comenzaron a perforarse las galerías en aquellos puntos en que más clara era la evidencia de la existencia de agua subterránea; es decir, en las áreas en que ya existían manantiales naturales.

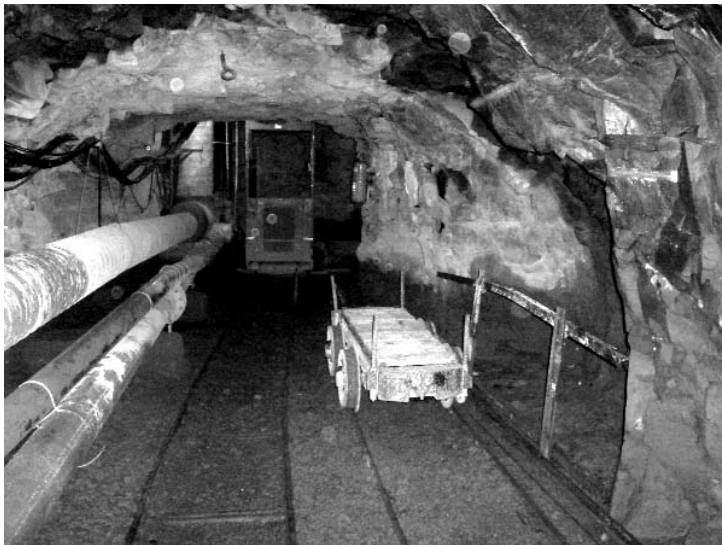


Figura 1. Vista general de la galería de "Los Padrones" en la Isla de El Hierro. (Fuente: Santamarta, J., 2005).

Las galerías, que en algunos casos se adentran desde 2.000 hasta incluso 4.000 metros dentro de la formación geológica, forman auténticos laboratorios de exploración de la hidrogeología insular y forman parte del patrimonio geológico y minero del archipiélago con más de 3000 kilómetros de galerías construidos.

TIPOS DE ACUÍFEROS EN UNA ISLA VOLCÁNICA

Brevemente se pueden establecer dos tipos de acuíferos en el archipiélago Canario, principalmente, en las islas occidentales. Tenemos los acuíferos de las vertientes que se establecen en la cota 400 hasta cerca de las zonas más elevadas de las islas; este acuífero se aprovecha principalmente mediante galerías, objeto de nuestro estudio. En el caso de la isla de Gran Canaria, se aprovecha principalmente mediante pozos, que incluso llegan a profundidades de 500 m. En otras islas y circunstancias se capta el recurso también mediante pozos, como son las islas orientales, Fuerteventura y Lanzarote, aunque destacamos en esta última que en el macizo de Famara existe una galería con un caudal muy pobre. El otro tipo de acuífero, más explotado debido fundamentalmente a que los núcleos de población y los aprovechamientos agrícolas se establecían cerca del mar y también por el coste más razonable de la cons-

trucción de la captación, es el denominado acuífero costero. Éste presenta una diferencia importante con respecto al de las vertientes, le afectan las mareas, por lo tanto estamos hablando de una masa de agua dulce que por su densidad "flota" encima de la masa de agua salada, más densa, cuya frontera entre las dos fases es una frágil zona de mezcla (interface).



Figura 2. Pozo costero abandonado en la Isla de El Hierro. (Fuente: Santamarta, J., 2008).

Este último acuífero está más explotado que el primero y aquí es donde principalmente se producen los efectos de la intrusión marina. La interface Ghyben-Herzberg está más profunda en un terreno volcánico que en uno sedimentario y dispone de diferentes salinidades, según el modelo de acuífero estratificado propuesto por Carlos Soler Liceras en 1991. Añadimos a ese modelo propuesto, el caso del Golfo de Frontera, en la isla de El Hierro, donde existen unas formaciones geológicas recientes debido a la juventud de la isla, lo que implica una permeabilidad mayor que se traduce en que esta interface será más vulnerable en el momento que las captaciones extraigan reservas en vez de recursos (Santamarta, 2006).

Un concepto fundamental para entender el aprovechamiento del acuífero por galerías a unas cotas tan elevadas sobre el nivel del mar, es que el acuífero de las vertientes está sobreelevado debido a los diques basálticos que forman verdaderos enjambres y celdas donde el agua se almacena. Estos diques basálticos, que son como paredes impermeables, se forman a raíz de vías preferentes que ha seguido el magma para posteriormente enfriarse y formar paredes basálticas prácticamente impermeables. Esto va a crear un escalonamiento del acuífero con gradientes hidráulicos que hace que sea dinámico. La mayor concentración de diques se establece en las dorsales de las islas, lo que unido a que en general estas dorsales son las zonas de mayor pluviometría de las islas, tanto lluvia vertical como horizontal, son las zonas donde más elevado está el acuífero. Sin embargo, actualmente y por la sobreexplotación, está en descenso continuo; en algunos casos cuatro metros por año, lo que hace que muchas galerías se tengan que reperfilar o bien abandonar la explotación.



Figura 3. Formación geológica en colada volcánica y dique basáltico. (Fuente: Santamaría, J., 2007).



Figura 4. Perfil del acuífero y galería de agua en la isla de El Hierro, se puede comprobar la disposición del acuífero sobrelevado por los diferentes diques que lo atraviesan. (Fuente: Dirección General de Aguas, Gobierno de Canarias).

LAS MINAS DE AGUA, ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los “quanats” - canales subterráneos artificiales que transportan el agua a grandes distancias - fueron inventados por los habitantes de Urartu en la actual Turquía en el siglo VIII A.C. Esta explotación de las aguas, generalmente surgidas del drenaje de los acuíferos, se difundió en Persia, Egipto, India, Grecia, y en el Magreb, donde es conocida con el nombre de “foggaras”. Las primeras referencias españolas comienzan en las Islas Baleares con términos como quanats, aljubs, pous, sefe-reigs, sinias, picas, canaletas de distribución, ménsulas per canals penjades, abocadors. En las Islas Canarias estos canales se conocieron como galerías de agua y se comenzaron a construir por iniciativa privada a finales del siglo XIX.

El sistema de obtención de agua mediante quanats consiste en canales subterráneos que comunican el agua de acuíferos de las tierras altas a la superficie en niveles inferiores por la gravedad. Los trabajos para la realización de los quanats de Irán se basaron en unos sistemas constructivos que rivalizaron en ingenio y técnica con los grandes acueductos del Imperio romano. Mien-

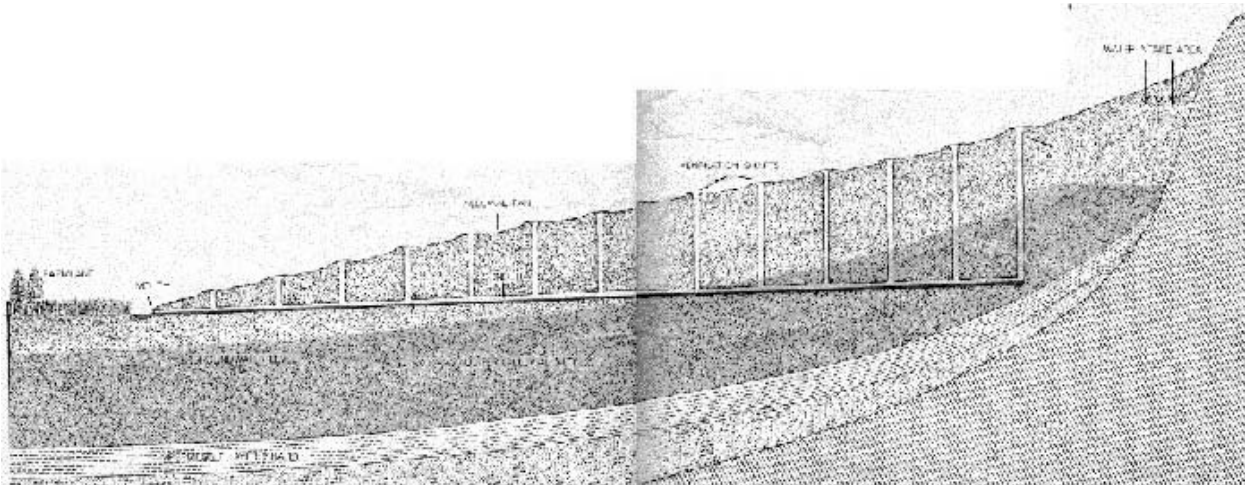


Figura 5. Trazado de un qanat en Irán. (Según Wulff, 1968).

tras que los acueductos romanos ahora son sólo una curiosidad histórica, el sistema iraní está todavía en el uso después de 3.000 años y es continuamente ampliado. Hay aproximadamente 22.000 quanats en Irán, comprendiendo más de 273.530 km de canales subterráneos. El sistema suministra aproximadamente el 75% de toda el agua usada en aquel país, proporcionando el agua no sólo para el riego agrícola sino también para el consumo urbano. Hasta hace relativamente poco tiempo la ciudad de Teherán dependía de un sistema quanat que drenaba el acuífero de las Montañas Elburz para su abastecimiento.

En el caso del Archipiélago Canario, la importancia de la construcción de galerías se establece en el sentido de ser una fuente del recurso hídrico fundamental para el desarrollo de la economía insular, principalmente para la agricultura. Actualmente cerca del 60% de los recursos hídricos de las islas se obtienen por captaciones subterráneas, bien galerías o en otros casos sondeos y pozos.

La construcción de galerías fue una necesidad provocada por unos cultivos a principios del siglo XX que demandaban gran cantidad de agua, así como por el aumento de la población, aunque la primera galería en Tenerife data de alrededor de 1840. En un principio la demanda de agua era solucionada por manantiales asociados a acuíferos colgados o bien zonas delimitadas por zonas impermeables que afloraban al exterior, lo que provocaba que en muchos barrancos de las islas occidentales hubiera cursos de agua continuos. Como se ha comentado anteriormente, esta demanda comenzó a agotar las fuentes de agua, y por consiguiente se tuvieron que buscar nuevos sistemas de obtención de la misma. La nueva búsqueda del agua se basó en las gale-

rías, sistemas que ya se usaron en las islas portuguesas de Madeira y Azores, por lo tanto no está muy claro quién importó el sistema al Archipiélago Canario.

LAS GALERÍAS DE AGUA DE CANARIAS. CONSTRUCCIÓN E HIDROGEOLOGÍA

Las galerías tienen un sistema constructivo propio. Se encuentran orientadas hacia las dorsales y, en base a lo que se comentó anteriormente, no es posible aplicar técnicas de perforación continentales como son las máquinas tuneladoras o bien las máquinas perforadoras tipo jumbo, debido principalmente a las siguientes cuestiones: la primera es que una galería de agua no tiene boca de salida, y la segunda razón, más limitante, es que un material volcánico es muy heterogéneo por lo que la sustentación y frente de ataque de la tuneladora genera bastantes problemas de sujeción, y para los brazos perforadores en su caso, supone un problema de calibración de la fuerza que puede llegar incluso a su rotura, ya que en el frente puede haber desde una capa de escorias hasta un macizo de basalto (Santamarta, 2008).

Actualmente, el sistema constructivo utilizado para el avance de la perforación se basa en el uso de explosivos mediante cuele realizado de forma manual con herramienta adecuada, o bien por una máquina perforadora, por aire comprimido, según tipología del terreno. Los rendimientos de avance suelen ser de 4 a 6 m al día con un coste de unos 1.500 euros. El coste de la galería recae en un 60% en las obras de perforación y un 15% en la maquinaria y las instalaciones (Santamarta,

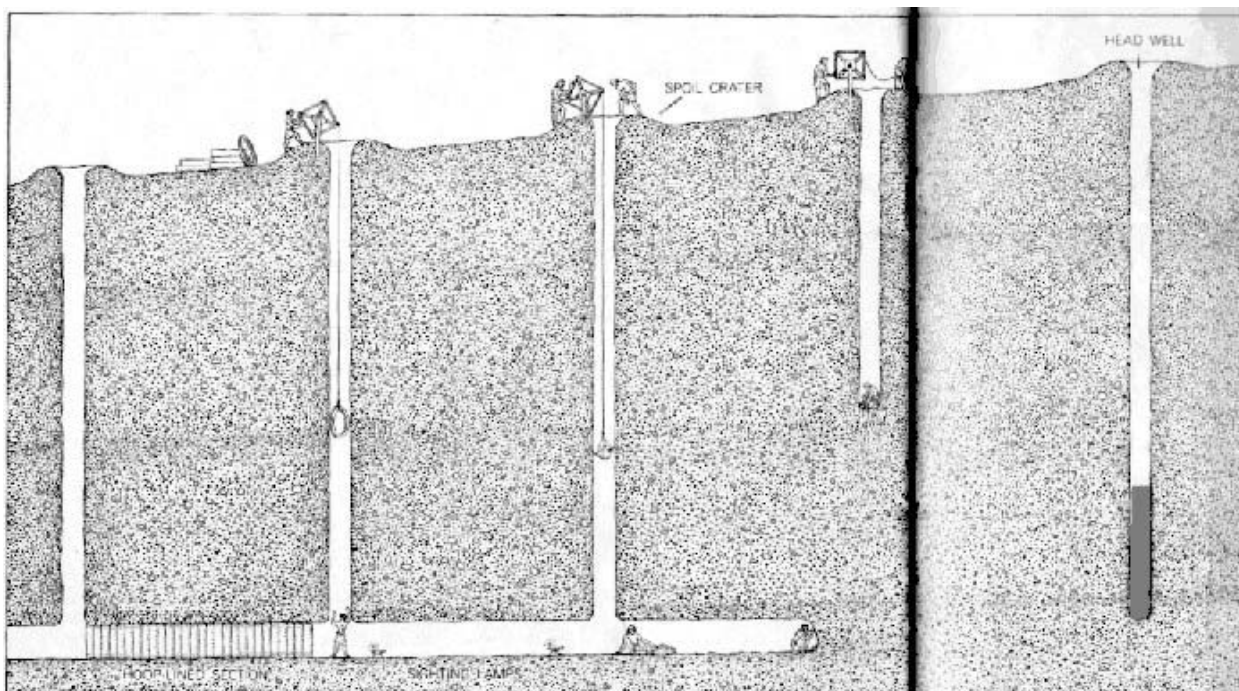


Figura 6. Sistema constructivo de un quanat. Quant constructive system. (Según Wulff, 1968).



Figura 7. Depósito para el almacenamiento de explosivo dentro de la galería. Deposit for the storage of explosive inside the gallery. (Fuente: Santamarta, J., 2005).

2008). Los trabajos deben estar dirigidos obligatoriamente por un ingeniero técnico o superior de Minas.

En el inicio de la excavación se atraviesa primeramente una zona que no es saturada, por lo tanto toda la excavación se hace en seco. Los rendimientos son más altos y, aunque en esta zona de la galería la excavación se puede realizar con maquinaria de gomas, es recomendable desde un inicio incluir en la construcción raíles para que cuando se llegue a la zona saturada se pueda trabajar con facilidad y no detener la perforación hasta instalar las vías de la maquinaria.

La zona saturada se comienza a percibir cuando el agua comienza a asomar por la base de la traza de la galería, facilitando el agua denominado *de repisa*. Posteriormente el agua mana por los hastiales hasta que prácticamente *llueve debajo de la tierra*. Es conveniente, ya que se atraviesan diques basálticos que cierran masas de aguas considerables, llevar un sondeo horizontal que vaya indicando las presiones de agua que se van encontrando. El no disponer de este sondeo horizontal ya ha causado víctimas mortales en la historia de la construcción de las galerías.

La tecnología más innovadora en este tipo de construcciones ha venido de la mano del Ingeniero de Caminos Don Carlos Soler Liceras con los cierres de hormigón armado dentro de las formaciones geológicas. Esta nueva tecnología viene a solucionar el problema básico de estas captaciones, las cuales extraen agua en continuo, por lo que en invierno cuando no es necesario tanto caudal y hay menos demanda por la presencia de lluvias, estos caudales se desaprovechan o incluso se vierten al mar para evitar la caída de precios. Por ello, este tipo de tecnología, consistente en un cierre de hormigón armado con una compuerta metálica, enclavado en un dique basáltico mediante bulones y solidario estructuralmente con el mismo, provoca que se use el

acuífero como un depósito bajo tierra, con la posibilidad de ser usado a voluntad del gestor de la galería y manteniendo unas condiciones sanitarias del agua naturales.



Figura 8. Estructura de cierre aprovechando el dique basáltico para la posibilidad de regular el caudal de agua. (Según Soler Liceras, 1996).

De los gestores de galerías es importante comentar que el alumbramiento y la explotación de las aguas subterráneas ha sido tradicionalmente una actividad económica en manos privadas bajo la tutela de la Administración, canalizada preferentemente a partir de grupos o sociedades creadas para tal fin. Con la Ley de 27 de diciembre 1956, sobre heredamientos de aguas del Archipiélago Canario, se regulan estas asociaciones o comunidades de aguas, considerándolas como asociaciones de interés particular. Se les dotó de personalidad jurídica propia y se determinó que se constituyeran por

escritura pública. Estas sociedades, bien enraizadas en la sociedad canaria, se rigen por unos estatutos y están constituidas por una agrupación de individuos procedentes de todos los estratos sociales, que aportan el capital en forma de cuotas periódicas para hacer frente a los gastos que conllevan las obras de perforación y mantenimiento de la galería (Balcells Herrera, 2007).

Hemos visto que la tecnología en mayor o menor medida ha llegado a este tipo de captaciones. Pero no siempre fue así, ya que antiguamente no había estos medios mecánicos para su ejecución. Lorenzo Perera (2006) describe cómo eran las condiciones en esas primeras construcciones; en un primer momento en las galerías trabajaban dos turnos, lo que en la zona se conocía como piñas (actualmente se habla de dos turnos de 12 horas), y lo efectuaban a jornal. Cada turno se conformaba con dos hombres, de modo que un turno faenaba desde las seis de la mañana a las seis de la tarde, y la otra al contrario: “eso le decían turno en puerta, una piña que se iba y otra empezaba, nunca estaba parada la galería”. La piña que entraba sacaba el escombros, escalichaba o limpiaba el frente y, a continuación, juraba y daba la pega, es decir, colocaba y explosionaba los barrenos. Trabajaban a brazo, con empleo de las siguientes herramientas: marrón, mandrill, pico, pala, sacho y pistolete. Con este último se perforaba para introducir la carga de dinamita (*de goma uno, dos, la que hubiera*), sirviéndose para ello de una cucharilla hecha de una cabilla con la que limpiaban los

agujeros una vez trazados. El material se extraía, fuera de la galería, con la ayuda de vagonetas, dos o tres, dispuestas sobre raíles.

A partir de los años 50 el trabajo se mecanizó y las condiciones de trabajo mejoraron, aunque no las ambientales ya que dentro de las galerías se podían dar dos casos: un frío incrementado por el agua que manaba al llegar a la zona saturada, o bien un calor excesivo, lo cual en ocasiones hacía pensar en unas condiciones laborales bastante penosas.

Prácticamente todos los kilómetros de las galerías se hicieron en los años 50 del siglo XX, obteniendo los mayores caudales, hoy en profunda regresión tanto de excavación como de caudales y calidad de aguas alumbradas. En ocasiones esta cuestión es puesta en tela de juicio por varios autores debido a la tendencia desmedida de fomento de la proliferación de las instalaciones de desalación de aguas sin recurrir a un estudio profundo hidrogeológico y de la posibilidad de obtención del recurso hídrico mediante la captación subterránea por galerías de agua. Este es el caso de la isla de El Hierro (Santamarta, 2006). En la isla de El Hierro se obtienen casi 4 hm³ de agua, principalmente de las captaciones subterráneas, y se consumen del orden de 2,4 hm³, con lo cual no se justifica la creación de un recurso no convencional como es la producción industrial de agua (Santamarta, 2008).

Siguiendo con la breve referencia a la historia de las galerías de agua a partir de la época mencionada, el sis-



Figura 9. Cambio de formación geológica de basalto no alterado a dique dentro de la galería. (Fuente: Santamarta, J., 2005).

tema de perforación era más elaborado y tecnificado, si bien los equipos de trabajo eran más numerosos, y con cierta tecnificación y titulación como en el caso del cabuquero, el cual era el encargado de los explosivos, llevándolo a cabo, primeramente, con mechas y más recientemente, mediante descarga eléctrica. Colocados los barrenos, el último que salía de la galería era el cabuquero y, para entrar, el primero que lo llevaba a cabo era él, considerado como *el responsable de la mina*. Era, por ello, el encargado de recoger en el Cuartel de la Guardia Civil, “*firmando la hoja*”, la carga explosiva que se le entregaba.

En esta época ya se empezaba a usar el aire comprimido, mediante compresor. La iluminación dentro de la galería inicialmente se hacía con lámparas de carburo, una por cada minero; posteriormente se incluyó la iluminación eléctrica o equipos autónomos, también se incluyó la ventilación forzada de la galería con lo que las condiciones mejoraron notablemente sin ser realmente unas condiciones excepcionales de trabajo.

Muchas de las galerías están abandonadas, bien porque se han quedado secas o porque la calidad de aguas que alumbran tiene una calidad deficiente impidiendo su uso. Actualmente, el Gobierno canario acomete la primera regulación autonómica sobre las galerías mediante decreto para la seguridad en galerías y pozos, una normativa instigada por el trágico suceso en Piedra de los Cochinos, lo que lleva a apostar por clarificar las competencias administrativas y advertir de los peligros que representan estas instalaciones.

El futuro borrador del decreto distingue además entre seguridad activa y pasiva. Las medidas de seguridad activas deben estar en funcionamiento siempre que haya presencia humana controlada en el interior. “*Requieren la actuación del responsable o encargado de seguridad y están dirigidas a garantizar la respirabilidad del aire y unas condiciones de polvo, temperatura y humedad acordes con las labores a realizar*”. Asimismo deben aportar información a las personas del comportamiento en el interior, tanto en condiciones ordinarias como de emergencia. También es su finalidad “*prevenir los accidentes y minimizar sus efectos*”.

Las medidas de seguridad pasivas actúan por sí mismas a fin de “*garantizar la estabilidad estructural de las instalaciones y el sistema de cierre de los accesos; mantener la señalización exterior e indicar la existencia de peligros interiores*”, señala el futuro texto. En cuanto a lo que el borrador del decreto llama “*vida útil*” de este tipo de instalaciones, contempla tres fases distintas para concretar las correspondientes medidas de seguridad: “*excavación*”, “*explotación*” y “*clausura*”. La primera de ellas es desde el inicio de las obras de



Figura 10. Maquinaria usada para la ejecución de galerías, maquina quita escombros y vagoneta. (Fuente: Santamarta, J., 2008).

perforación hasta su finalización total o parcial y la entrada en servicio de la instalación, en todo o en parte, como obra hidráulica.

La “*fase de explotación*” comprende desde la recepción de la obra o de cualquiera de sus partes por el propietario para su utilización como obra hidráulica hasta la clausura. Podrán abrirse períodos de cese temporal de actividades, en cuyo transcurso la seguridad se centrará en el cierre de instalaciones y señalización exterior.

La “*fase de clausura*” comienza con la solicitud de cierre definitivo de las instalaciones y finaliza con la



Figura 11. Aspecto del tramo medio de una galería de agua moderna con las instalaciones de ventilación, iluminación railes y conducciones. (Fuente: Santamarta, J., 2005).



Figura 12. Bocamina de la galería de agua de Ipalam, en la Isla de Gomera. Actualmente se han excavado 2.000 m, obteniéndose un caudal de agua de excelentes calidades para abastecer a la capital de la isla por gravedad. (Fuente: Santamarta, J., 2008).

comprobación del sellado efectivo y seguro para las personas y el medio ambiente.

CONCLUSIONES

Las galerías de agua en el Archipiélago Canario cumplen actualmente dos funciones. Por una parte, la de seguir aportando, principalmente en las islas occidentales, caudales de agua para el abastecimiento de la población y la agricultura con unas calidades razonables, aunque éstas han mermado a lo largo de los años debido a la sobreexplotación de los acuíferos y porque cada vez los recursos hídricos que se obtiene son aguas de reserva, cargadas con más sales por llevar más tiempo en el acuífero. La segunda función es la de constituir un patrimonio geológico e hidrogeológico notable; las galerías han cumplido una función fundamental de investigación de los acuíferos insulares y de su hidrogeología, con más de 100 años de historia e ingeniería hidráulica insular. Las galerías constituyen para un canario lo que para un iraní fueron y son los quanats. Se puede por tanto afirmar que toda esta tecnología desarrollada a lo largo de los años es transferible a otros archipiélagos de carácter volcánico que actualmente han fomentado la obtención de sus recursos hídricos por la producción industrial del agua como es la desalación. Hay que recordar a muchos habitantes de las islas que, tras un simple gesto de abrir un grifo, se esconden más de 100 años de ingeniería minera y un patrimonio único en el mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- Balcells Herrera, R. 2007. Las Galerías de agua en Tenerife. *Tierra y Tecnología*, 31, 21-29.
- Consejo Insular de Aguas de Tenerife, España, 20/08/2008, <http://www.aguastenerife.org/>.
- Custodio, E.; Jiménez, J.; Núñez, J.A.; Puga, L. y Braojos Ruiz, J. 1992. Hydrology of the Canary Island. *Actas V Simposio de Hidrogeología*, Alicante.
- Lorenzo Perera, M.J. 2006. El agua en Canarias. Un negocio doblemente subterráneo. *Bienmesabe, Revista Digital de Cultura Popular Canaria*, 12/08/2006, <http://www.bienmesabe.org>.
- Santamarta Cerezal, J.C. 2006. El agua en la isla de El Hierro. Desalación versus captaciones subterráneas. Ponencia III; Modelos de Gestión del agua. *Actas Congreso Internacional del Agua*. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Santamarta Cerezal, J.C. y Hernández Sánchez C. 2007. *Los acuíferos costeros: retos y soluciones*. Publicaciones del Instituto Geológico Minero de España. Serie Hidrogeología y aguas subterráneas, 23, 1085-1093.
- Santamarta Cerezal, J.C. y Rodríguez Martín, J. 2008. Singularidades de las obras hidráulicas para abastecimiento de agua potable en medios volcánicos. El caso del archipiélago Canario. España. *Actas 2º Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua*, Argentina.
- Wulff, H.E. 1968. The Quanats of Iran. *Scientific American*, 94-105.