

RECURSOS HÍDRICOS EN TERRENOS E ISLAS VOLCÁNICAS

Tema 4 ; Minería del agua dulce

Juan Carlos Santamarta Cerezal
Ingeniero de Montes e ITOP
Doctor en Ingeniería por la UPM
(ETSICCP, Hidráulica y Energética)

ULL | Universidad
de La Laguna



2

CONTENIDOS

CONTENIDOS

- ✓ **1. Introducción. Recursos hídricos subterráneos.**
- ✓ **2. Galerías o minas de agua dulce.**
- ✓ **3. Cierres hidrogeológicos.**
- ✓ **4. Pozos canario.**
- ✓ **5. Sondeos.**

SANTAMARTA JUAN C.

DESARROLLO DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

OBTENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS

- ✓ En general en Canarias salvo las islas orientales , se aprovechan los recursos hídricos subterráneos.

☀️ PRODUCCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN UNA ISLA VOLCÁNICA



SANTAMARTA JUAN C.

☀️ RECURSOS HÍDRICOS

- ✓ En una isla volcánica como norma general donde hay más presencia de precipitación es en las dorsales, los puntos más elevados, que es donde a cierta cota, existen las masas forestales que ayudan a la infiltración, regulando la precipitación de niebla u horizontal.

SANTAMARTA JUAN C.

TIPOS DE RECURSOS

- ✓ **Agua de reserva** (altos tiempos de residencia en el acuífero, más cargadas de sales)
- ✓ **Agua de recarga**, procedente de la infiltración natural del acuífero, con menores tiempos de residencia que las de reserva y menos cargadas de sales.

SANTAMARTA JUAN C.

CONSIDERACIÓN

- ✓ **Nunca es conveniente drenar todo el agua de recarga**, esto no sería sostenible, conviene extraer un porcentaje de la recarga, determinado por los estudios hidrogeológicos y la modelización del acuífero.

SANTAMARTA JUAN C.

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO RECURSOS SUBTERRÁNEOS.

- ✓ Galería o mina de agua dulce.
- ✓ Pozo canario.
- ✓ Sondeo.
- ✓ Manantial o fuente.

SANTAMARTA JUAN C.

VALORACIÓN RECURSOS HÍDRICOS EN CANARIAS

Isla	Recursos hídricos superficiales	Recursos hídricos subterráneos	Desalación y reutilización	Aprovechamiento hídrico que predomina	Tendencia en el futuro
Hierro	Nulos	Altos	Bajos	Galería de agua	Desalación
La Palma	Escasos	Altos	Nulos	Galería de agua	Subterráneos
Gomera	Medios	Altos	Nulos	Galería de agua	Subterráneos
Tenerife	Escasos	Altos	Medios	Galería de agua	Subterráneos-Desalación
Gran Canaria	Altos	Medios	Medios	Pozos-Presas	Subterráneos-Superficiales-Desalación
Lanzarote	Nulos	Escasos	Altos	Desalación	Desalación
Fuerteventura	Medios	Medios	Altos	Desalación-Pozos	Desalación

SANTAMARTA JUAN C.

GALERÍAS O MINAS DE AGUA DULCE

GALERÍAS Y MINAS

- ✓ Los túneles subterráneos o minas de captación de agua son un método ancestral muy extendido y utilizado.
- ✓ Desde muy antiguo se conoce en zonas tan distantes como China, Persia (antiguo Irán), España y Latinoamérica. Las citas más antiguas posiblemente sean las de Qaná, Jericó, Jerusalén, Marrakech y la isla de Sicilia.

GALERÍAS EN CANARIAS

- ✓ En el caso del archipiélago canario, si se tienen en cuenta los diferentes aprovechamientos hídricos, la obra magna del ingenio hidráulico canario es la **galería o mina de agua**.
- ✓ Las minas, que en algunos casos se adentran desde 2.000 m hasta incluso 6.000 m dentro de la formación geológica.
- ✓ **Más de 3.000 km** de galerías construidos.

SANTAMARTA JUAN C.

IMPORTANCIA

- ✓ El mejor sistema para obtener agua del acuífero de las dorsales de las islas volcánicas es mediante las minas de agua dulce, la calidad, en general, es excelente y económicamente tienen un coste inferior a los recursos hídricos superficiales o los no convencionales como la desalación.

SANTAMARTA JUAN C.

☀ TECNOLOGÍA DE PERFORACIÓN

- ✓ La **tecnología de perforación** es asequible, con una vida útil más de 60 años en términos generales (algunas van camino de los 100 años de funcionamiento).

SANTAMARTA JUAN C.

• POZO GALERÍA EN SECCIÓN

Foto :
Santamarta JC



TIPOLOGÍA DE MINAS

- ✓ **Galería horizontal.**
- ✓ **Pozo Galería.**
- ✓ **Galería en trancada.**
- ▶ **Galería inclinada perpendicular a la costa.**

SANTAMARTA JUAN C.

PROBLEMAS DETECTADOS

- ✓ **Los recursos alumbrados están cada vez más cargados de sales y contaminaciones por gases volcánicos, en los que destacan el Flúor (del orden de 4 a 8 mg/L) esto hace que se deba instalar una tecnología de membranas.**

SANTAMARTA JUAN C.

☀️ PROBLEMAS DETECTADOS

- ✓ La bajada del régimen freático de las islas, hace que las minas localizadas en cotas elevadas se sequen y no sea posible su re-perforación, por lo tanto se **finaliza la explotación.**

SANTAMARTA JUAN C.

• MAQUINARIA PARA ESCOMBROS

Foto ;
Santamarta JC

PROBLEMAS DETECTADOS

- ✓ Los **costes de perforación** se han incrementado exponencialmente, no ha habido avances tecnológicos importantes, en el sentido de mejora de los rendimientos de los avances o inclusión de maquinaria perforadora.

SANTAMARTA JUAN C.

PROBLEMAS DETECTADOS

- ✓ No es una **solución a corto plazo** para satisfacer una demanda de recursos hídricos, ya que toda explotación debe estar precedida de un estudio hidrogeológico profundo así como un análisis de la cantidad y calidad del agua que se va a alumbrar.

SANTAMARTA JUAN C.

☀️ PROBLEMAS DETECTADOS

- ✓ En la última década el precio y las condiciones de utilización de los **explosivos**, han condicionado los rendimientos y los costes de esta tipología minera.
- ✓ Pérdida de personal y equipos especializados de perforación.

SANTAMARTA JUAN C.

• ACCESO A MINA

Foto :
Santamarta JC

RENDIMIENTOS (2010)

- ✓ Rendimientos actuales de avance se establecen entre 3 y 6 m/d.
- ✓ Metro lineal de galería, según cálculos realizados suponen 2.100 €/m

SANTAMARTA JUAN C.

RENDIMIENTOS

- ✓ Precio medio de una galería en las islas occidentales, de unos 2 km, son 4.200.000 € en términos generales, el **coste de la perforación** ronda el **60%** del presupuesto total del proyecto.

SANTAMARTA JUAN C.

RENDIMIENTOS

- ✓ Los plazos medios de ejecución en Canarias están siendo del orden un año y medio a dos años, para una media de mina de 2,5 km de profundidad, hay que añadir la incertidumbre, una vez que se comienza la perforación, ya que el estudio hidrogeológico en un terreno volcánico no es una ciencia exacta.

SANTAMARTA JUAN C.

CIERRES HIDROGEOLÓGICOS

☀️ INTRODUCCIÓN AL CASO

- ✓ El mayor problema que tenían las minas de agua es la poca capacidad de regulación que tienen, una vez introducida la perforación de la mina en la zona productiva o saturada y se han atravesado una serie de diques con dimensiones importantes, la mina comienza a producir en continuo, grandes caudales de agua.

SANTAMARTA JUAN C.

- ✓ Hay épocas del año que no es necesario tanta producción de agua, por lo que se desequilibra la oferta con la demanda, recordando , por este motivo, se comenzó con la *ingeniería de diques*.

SANTAMARTA JUAN C.

☀ CIERRE CON DIQUES

✓ Mediante la ejecución de cierres de hormigón armado en las propias minas, utilizando para ello los *diques geológicos* con unas ciertas características de impermeabilidad y geométricas.

SANTAMARTA JUAN C.

• CIERRE DE LA GALERÍA MEDIANTE DIQUE

Foto :
Santamarta JC





- ✓ **Clemente Sáenz García**, Catedrático de Geología de la Universidad Politécnica de Madrid, aplicándolos en un acuífero en Soria en la conexión de dos formaciones diferentes , básicamente un contacto hidroestratigráfico de distinta permeabilidad: margas-calizas.

SANTAMARTA JUAN C.



- ✓ **Doctor Ingeniero Sainz de Oiza** , también los nombró para el caso Canario, posteriormente fueron profusamente utilizados en otras zonas del mundo como por ejemplo Perú, utilizando una falla.
- ✓ En Canarias, se han aplicado en zonas volcánicas como en el Pozo de Los Padrones en la isla de El Hierro.

SANTAMARTA JUAN C.

POZO CANARIO

POZO CANARIO

- ✓ Son obras de perforación excavadas a mano, con un diámetro mínimo de 1,5 m, Su profundidad normalmente es de unas pocas decenas de metros (20 ó 30), aunque se han llegado a alcanzar varios centenares (en Canarias se ha llegado a los 600 m).

☀ POZO CANARIO

- ✓ Si bien el diámetro mínimo, tal y como se ha comentado es de 1,5 m, espacio imprescindible para el trabajo de una persona, es frecuente que supere los 3,5 m, con máximos de hasta 6,5 m.
- ✓ Esto supone que algunas instalaciones tengan que disponer de varias bombas en serie para poder extraer los caudales.

SANTAMARTA JUAN C.

• POZO CANARIO EN FUERTEVENTURA

Foto :
Santamarta JC

☀️ POZO CANARIO

- ✓ Requieren de una **bomba de achique** para que pueda ser extraída el agua una vez alcanzado el nivel que permita la continuación de los trabajos.
- ✓ También se suele colocar unas vigas de hormigón o acero para disponer el pórtico del **winche**.

SANTAMARTA JUAN C.

• ACCESO A POZO ELEMENTOS DE ELEVACIÓN

Foto :
Santamarta JC



POZO CANARIO

- ✓ Normalmente, y sobre todo en terrenos sueltos, como lo son los piroclastos, es necesario revestir la obra con objeto de evitar el derrumbe de las paredes.
- ▶ Para ello se utiliza piedra revestida, bloque de material volcánico, cemento o anillos de hormigón prefabricados, colocados a medida que avanza la perforación.

SANTAMARTA JUAN C.

SONDEOS

SONDEOS

- ✓ Los sondeos son actualmente, la **tipología de obra hidráulica más utilizada**, por su rapidez de ejecución y sencillez de instalación, en la presente sección se comentan las singularidades que presentan en terrenos volcánicos con respecto a los terrenos continentales.

SANTAMARTA JUAN C.

TIPOLOGÍA DE SONDEO

- ✓ El sistema de perforación generalmente utilizado para la ejecución de sondeos en terrenos volcánicos, es el de **rotopercusión**. El varillaje utilizado es de 6 m usualmente.

SANTAMARTA JUAN C.

• EJECUCIÓN DE SONDEO

Foto :
Santamarta JC



☀ TIPOS DE MATERIALES

- ✓ **En un terreno volcánico, hay dos tipos de maniobras cuando se está desarrollando el sondeo;**
 - ▶ **Terrenos relativamente sueltos, como los comentados, aluviales, piroclastos, conglomerados etc .**
 - ▶ **Terreno masivo o basáltico, es aquí donde realmente sufre la máquina y descienden notablemente los rendimientos.**

RENDIMIENTOS

- ✓ Como dato orientativo, se facilita el siguiente valor de 8 a 10 m/d con una jornada de 8 h, aunque se reitera que depende de bastantes factores y el más limitante el tipo de formación a atravesar.

SANTAMARTA JUAN C.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

- ✓ Las técnicas comentadas se pueden utilizar en otros entornos geográficos como islas volcánicas como el archipiélago de Madeira, Hawái, Cabo Verde, Sicilia, Galápagos etc.
- ✓ Hay experiencias de cierres de regulación en Perú, con buenos resultados.

SANTAMARTA JUAN C.

POZO CANARIO

- ✓ El pozo con más caudal de las islas se sitúa en Tenerife, es el denominado de El Salto con un caudal de. Aunque lo normal son caudales menores **200 L/s**, se recuerda por ejemplo caudales de galerías como la del trasvase de La Palma con **120 L/s.** a cada lado, El Hierro (Los Padrones) con **80 L/s,** galería Vergara en Tenerife con **160 L/s.**

SANTAMARTA JUAN C.

LICENCIA Y MÁS INFORMACIÓN

CITAR ESTE CURSO /CITE THIS COURSE

- ✓ **Santamarta Cerezal , Juan Carlos. *Sistemas de recursos hidráulicos en medios volcánicos*. Otoño 2011.(Universidad de La Laguna). <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.**

SANTAMARTA JUAN C.

LICENCIA/LICENCE

- ✓ **Para más información sobre el uso de estos materiales y la licencia Creative Commons, consulta nuestros Terminos de uso**
- ✓ **For more information about using these materials and the Creative Commons license, see our Terminos de uso.**

SANTAMARTA JUAN C.

PARA MÁS INFORMACIÓN

jcsanta@ull.es

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>

<http://hidrogeotecnicas.blogspot.com/>