

ESTRATEGIAS PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN TÉCNICAS HIDROLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS PARA REGIONES VOLCÁNICAS

Juan Carlos Santamarta Cerezal
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e
Industrial, Universidad de La Laguna (ULL)*

Luis E. Hernández Gutiérrez
Consejería de Obras Públicas, Transportes y
Política Territorial, Gobierno de Canarias**

RESUMEN

Numerosos planes de estudio de las escuelas de Ingeniería Civil y Minera de Europa en general y de España en particular adolecen de contenidos formativos relacionados con la ingeniería singular realizada en las islas y terrenos volcánicos. En un mundo profesional y científico totalmente globalizado como en el que vivimos, conocer y saber manejar estas singularidades complementan la formación técnica de los egresados. Por otro lado, supone una ventaja, ya que preparan al alumno para ejercer su profesión en otros territorios volcánicos de economías emergentes, como por ejemplo los latinoamericanos, donde se dan frecuentemente este tipo de terrenos. Las singularidades técnicas de los terrenos e islas volcánicas respecto a su hidrología y geotecnia son bastante complejas; en este sentido, los medios y estrategias docentes para su formación deben ser todo lo eficaces posible e innovadores.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería Civil y Minera, islas oceánicas, geotecnia de terrenos volcánicos, hidrología de terrenos volcánicos, nuevas tecnologías en educación, e-learning, laboratorios virtuales.

ABSTRACT

«Strategies for Effective Training for Engineers about Geotechnical and Hydrologic Techniques in Volcanic Regions». Several syllabuses from schools of Civil and Mining Engineering around Europe in general, and particularly in Spain, do not have related training content regarding engineering conducted in volcanic terrains, such as oceanic islands. In a world completely globalized by professional and scientific issues, learning and knowing how to handle these unique contexts, complement the technical training necessary to develop projects in all kinds of territories, including volcanic. Furthermore, these special subjects prepare students to practice engineering techniques in other regions, such as Latin America where there is often this kind of terrain. The technical peculiarities of volcanic and oceanic island terrains, their hydrology and geotechnical engineering are quite complex, in this sense, teachers methods and strategies for training should be as efficient and innovative as possible.

KEY WORDS: Civil Engineering and Mining, oceanic islands, Geotechnics in volcanic environments, Hydrology in volcanic environments, new technology in education, e-learning, virtual labs.



1. INTRODUCCIÓN

En los planes de estudio de las escuelas de Ingeniería Civil y Minera en España y en la mayoría de los países Europeos, salvo casos puntuales como Islandia, las asignaturas relacionadas con la hidrología, hidrogeología y la ingeniería del terreno, se suelen centrar en terrenos sedimentarios, haciendo únicamente, en ocasiones, unas pequeñas referencias a los volcánicos.

Los terrenos volcánicos por su heterogeneidad, complejidad y singularidad son difíciles de estudiar y comprender, siendo además escasas las referencias bibliográficas y estudios científicos con tópicos relacionados con la hidrología o la ingeniería del terreno, en comparación con otros tipos de territorio como por ejemplo los continentales. En otro sentido, a nivel general siempre es más complejo y costoso construir y realizar aprovechamientos de aguas (tanto superficiales como subterráneos) en terrenos e islas volcánicas; de ahí, su complejidad también en la vertiente económica y por supuesto, a nivel de sostenibilidad, ya que los terrenos insulares son más frágiles desde un punto de vista medioambiental.

Las regiones volcánicas, sobre todo los medios insulares, cuentan con una importante población, no sólo en Europa, donde las islas de la Macaronesia (salvo Cabo Verde) suponen una importante representatividad en el cómputo general de la población, sino a nivel mundial, como Latinoamérica o las Islas del Pacífico por citar ejemplos; localizaciones donde el contenido de estos cursos técnicos pueden ser de gran utilidad y desarrollo.

Partiendo de la experiencia científica y formativa como grupo de investigación perteneciente a la Universidad de La Laguna (INGENIA), relacionado con el agua y la Ingeniería del Terreno, principalmente en el medio volcánico y con una experiencia de más de 10 años en planes formativos, se planteó, utilizando todas las técnicas innovadoras docentes disponibles, la preparación de materiales y documentos multimedia para el diseño de un curso que abordara de forma sistemática la problemática de los territorios volcánicos en relación a la geotecnia y el agua. Se trata de un curso objetivo, útil y práctico en el ámbito profesional, basado en la experiencia, tanto profesional como científica.

2. SINGULARIDADES ESTUDIADAS E INCLUIDAS EN EL PROGRAMA DOCENTE

El conocimiento de los terrenos volcánicos, incluyendo en él las aguas subterráneas y las técnicas de prospección y estudio geotécnico, desarrolladas estas últimas por el Área de Laboratorios y Calidad de la Construcción del Gobierno

* Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. 38206, La Laguna (Tenerife), Spain. E-mail: jcsanta@ull.es.

** E-mail: lhergut@gobiernodecanarias.org.

de Canarias, son únicos a nivel mundial y aportan una experiencia cada vez más demandada desde fuera de Canarias.

Además, es importante reseñar que las Islas Canarias se consideran uno de los territorios volcánicos más interesantes del planeta, ya que allí acontecieron prácticamente todos los procesos volcánicos que se pueden dar, pudiéndose encontrar una gran variedad de estructuras volcánicas y un amplio espectro de las rocas volcánicas posibles. Así pues, cualquier estudio que de hidrología, hidrogeología o de Ingeniería del Terreno se realice en el Archipiélago, es perfectamente extrapolable a cualquier otra región volcánica del mundo.

El conocimiento de la geología singular del Archipiélago Canario así como de su hidrogeología pueden ser un referente de trabajo aplicable a otros terrenos cuyo origen sea volcánico. En muchas ocasiones, en las escuelas de Ingeniería Civil o Minera de Europa, incluyendo las españolas, no se estudian los aspectos técnicos del terreno volcánico, en el sentido de los problemas que puede generar construir infraestructuras o buscar recursos hídricos subterráneos. Este conocimiento puede ser una ventaja a la hora de competir profesionalmente por un puesto de trabajo en los países con economías emergentes (Centro y Sur América, etc.), donde la presencia de terrenos volcánicos es muy significativa, como se ha comentado. Esta formación desarrollada prepara para retos en otros territorios además del de nuestra área de referencia. Esta es una de las claves del éxito de los cursos de especialización que el grupo imparte por la Península Ibérica y Europa. Se complementan los conocimientos desarrollados por los propios planes de estudio de las Escuelas Técnicas, pero haciendo énfasis en las singularidades volcánicas.

En este apartado se hace un breve resumen para identificar, a grandes trazos, algunas de las diferencias y singularidades que presentan a nivel hidrológico y geotécnico los terrenos volcánicos, las cuales se incorporan como epígrafes en los cursos realizados, con una profundidad que permitan al participante adquirir unas competencias de trabajo mínimas en estos tipos de terrenos.

2.1. SÍNTESIS DE LAS SINGULARIDADES DE LAS REGIONES VOLCÁNICAS EN TÉRMINOS HIDROLÓGICOS

En relación al aprovechamiento del agua existen grandes diferencias entre los terrenos continentales y los insulares volcánicos. Esto se debe fundamentalmente a varios factores, como por ejemplo: Una menor extensión de territorio; menor precipitaciones, sobre todo en islas con altitudes no muy elevadas; en general, mayores densidades de población; inexistencia de ríos, por lo tanto la mayoría de los recursos hídricos se obtienen del subsuelo, o en algunos casos donde la oferta de agua no cubre la demanda de la población se recurre a la producción industrial de agua mediante plantas desaladoras. La mayor demanda de recursos hídricos corresponde a la agricultura.

Con estas premisas, a la hora de hablar de las posibilidades de aprovechamiento del agua en estos territorios insulares y volcánicos, en esencia no son diferentes que los terrenos continentales, pero sí existen unas singularidades, que, como se





Figura 1. Galería de Agua en Tenerife. (Santamarta, J.C., 2012).

ha comentado anteriormente, pasan desapercibidas en la mayoría de los planes de estudio en las enseñanzas técnicas en las Universidades del estado.

Desde el punto de vista técnico, en las islas volcánicas, se recurre con naturalidad a la extracción de los recursos hídricos mediante galerías o minas de agua. Esto no sólo ocurre en el caso de las Islas Canarias, si no que este patrón se repite en otros sistemas insulares, tanto de la Macaronesia como en lugares tan distantes como Hawái o algunas islas del Pacífico. La ejecución de pozos y sondeos, estos últimos con unas singularidades geo mecánicas muy importantes, es complementaria a la otra técnica comentada o, en algunos casos, sustituye completamente a la técnica minera.

Los recursos hídricos superficiales, siempre que existan y se puedan aprovechar, también forman parte de la oferta para la satisfacción de la demanda del recurso. Las tecnologías disponibles para el aprovechamiento también son singulares, debido principalmente a la gran permeabilidad que posee el terreno volcánico, sobre todo cuanto más joven es, lo que supone que no todos los terrenos son aptos para embalses de aguas.

Otra parte interesante de la ciencia del agua es la gestión de la misma. La propiedad del agua en Canarias ha hecho correr mucha tinta por los historiadores, como por ejemplo Francisco Suárez Moreno en el año 2010, con su libro *El agua en Canarias, historia, estrategias y procedimientos didácticos*. Pero hasta en este tema se tienen similitudes con otras islas como por ejemplo Hawái. El origen de la propie-

dad del agua en Hawái es el mismo que el que heredó Canarias tras la conquista, en el cual se vinculaba el agua al terreno; pero a diferencia de Canarias, no había propiedad privada, existían unos jefes representantes en cada división del territorio y los recursos hídricos eran en su mayoría superficiales, el conocido como *Ahupua's system of land use* (Mueller-Dombois, 2007).

No solo las galerías forman parte del patrimonio hidráulico canario sino que existen más obras y estrategias hidráulicas interesantes, algunas con origen árabe, como por ejemplo *las gavias, los nateros, los arenados...* Las dos primeras estrategias hidráulicas se pueden encontrar en países de origen árabe como Túnez, Argelia y el desierto del Negev en Israel, donde en algunas zonas se reforesta curiosamente con *Pinus canariensis* (pino canario). Los arenados fueron desarrollados en Lanzarote hace 200 años, posteriormente pasaron a otras islas como Tenerife o Gran Canaria e incluso a la Península, como en Almería. Finalmente existe otro patrimonio hidráulico intangible (nombres de localizaciones por ejemplo) o arquitectura hidráulica, como las destiladeras exportadas a Venezuela o Cuba.

Lo más interesante del agua en Canarias y de sus materiales volcánicos es que podemos usar todos los conocimientos y tecnología en otros sistemas insulares, como la comentada Hawái, Guam, Islas Vírgenes y por supuesto todas las de la Macaronesia, sin olvidarse por ejemplo de Sicilia en el Mediterráneo. Se pueden tomar como ejemplos los sistemas de minas de agua o galerías que existen en muchas partes del mundo. El esquema de los acuíferos insulares se repite en otras islas oceánicas y puede ilustrar la clave para encontrar y alumbrar aguas subterráneas. La ciencia del agua de Canarias puede aportar muchos conocimientos también en la cooperación internacional, de ahí la importancia de estas iniciativas de formación y comprensión de los acuíferos volcánicos.

2.2. SÍNTESIS DE LAS SINGULARIDADES DE LAS REGIONES VOLCÁNICAS EN TÉRMINOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

La geología de los territorios volcánicos se caracteriza por la sucesión de materiales y estructuras muy variadas, consecuencia de emisiones lávicas y de depósitos piroclásticos, que configuran un paisaje muy singular y que presentan contrastes extremos desde el punto de vista litológico y geotécnico.

Si la salida al exterior del magma se realiza a través de una fisura por la que fluye el mismo, hablamos de coladas o lavas. Las manifestaciones lávicas se clasifican en tres tipos fundamentales (GETCAN, 2011):

- *Coladas lávicas «pahoehoe»*. Forman asentamientos de superficie muy suave y a veces modelada en forma de pliegues, denominadas lavas cordadas. Aparecen, en general, asociadas a emisiones lávicas de composición basáltica y se forman bajo una combinación de baja viscosidad y bajo régimen de emisión. Con frecuencia, llevan asociadas una red de túneles o tubos volcánicos de dimensiones muy variadas y cuya existencia tiene importantes implicaciones en proyectos de construcción o edificación.



- *Coladas lávicas «aa» o escoriáceas.* Se caracterizan por presentar unas superficies muy irregulares, agudas, cortantes y en general muy caóticas, por las cuales resulta extremadamente difícil caminar. La sección vertical de una lava «aa» consiste en una banda central de roca densa surcada por una red de diaclasas de retracción producto del enfriamiento de la lava, limitada abajo y arriba por dos franjas escoriáceas irregulares. La presencia de niveles escoriáceos confiere una gran heterogeneidad al conjunto, ya que provoca alternancias tanto vertical como horizontalmente. Desde el punto de vista geotécnico, los niveles masivos de roca basáltica en general presentan capacidad portante alta; sin embargo, los niveles escoriáceos pueden presentar baja capacidad portante y gran deformabilidad.
- *Coladas en bloques.* Si los dos casos anteriores son propios de lavas de composición basáltica, este tipo de estructuras aparece asociada a lavas de composición traquítica o fonolítica. Muestran toda su superficie atormentada y fragmentada en grandes bloques caóticos que pueden alcanzar varios metros cúbicos cada uno.

Si la salida al exterior del magma se realiza de forma explosiva proyectándose los materiales a la atmósfera, hablamos de piroclastos. Los depósitos piroclásticos se clasifican, en función de las condiciones en que la columna eruptiva interacciona con la atmósfera, el grado de explosividad y la composición del magma, en tres tipos.

- *Depósitos plinianos.* En este caso se originan depósitos de lluvia piroclástica o «ash fall». En ellos los fragmentos de pómez están sueltos y el depósito en conjunto carece de toda solidez y no presenta ninguna consistencia, ni resistencia alguna a la aplicación de esfuerzos sobre el mismo, sin la ayuda de agentes compactantes. Son materiales de baja densidad (inferior a la unidad), muy susceptibles de sufrir colapso mecánico.
- *Depósitos de ignimbritas.* Durante la formación de las ignimbritas, pueden producirse, debido a una elevada temperatura en el depósito, procesos de deformación y soldadura en los fragmentos de pómez y del resto de partículas de origen magmático, en cuyo caso se forman unas texturas en flamas, por su aspecto de llamas, propias de las ignimbritas soldadas. En consecuencia, existen dos tipos de ignimbritas: a) ignimbritas no soldadas y b) ignimbritas soldadas, presentando estas últimas unas propiedades geotécnicas en general superiores a las de las ignimbritas no soldadas.
- *Conos de cinder.* Los fragmentos de magma son expulsados por el volcán en pequeñas explosiones y depositados muy cerca del cráter, de manera que se va acumulando a su alrededor una montaña de piroclastos. Al contrario que los piroclastos de las erupciones plinianas (de composición traquítica o fonolítica), éstos tienen composición basáltica. Son materiales poco densos, también propensos al colapso mecánico.

Todos estos materiales configuran un paisaje en el que las variaciones geológicas se reflejan a su vez en espectaculares contrastes paisajísticos. La litología así





Figura 2. Ejecución de un sondeo en terreno volcánico durante la celebración del curso.
(Santamarta, J.C., 2010)

como la edad de las formaciones rocosas condicionan de manera directa o indirecta el comportamiento geotécnico de los materiales.

Dentro del contexto de la geología y geomorfología canarias tienen importancia los siguientes tipos de singularidades cuyas implicaciones sobre los estudios geotécnicos es necesario solventar:

- Singularidades topográficas, como las vinculadas a la estabilidad del acantilado, la estabilidad en ladera o con la topografía variable en el plano de cimentación de las estructuras proyectadas.
- Singularidades geomorfológicas, como los desprendimientos activos y pasivos, los deslizamientos o los coluviones.
- Heterogeneidades del material, existencia de huecos, cavernas o problemas de comportamiento mecánico relacionados con la expansividad y la colapsabilidad.
- En ocasiones resulta difícil establecer correlaciones estratigráficas entre sondeos próximos debido a la irregular distribución horizontal y vertical de los materiales.



3. METODOLOGÍAS Y ESTRATEGIAS UTILIZADAS

En las enseñanzas técnicas, el uso de las nuevas tecnologías para mejorar e incrementar el proceso de aprendizaje, podemos considerarlo pleno en las enseñanzas técnicas estudiadas. La mayoría del profesorado utiliza los recursos digitales como material para los alumnos y estos generalmente están ubicados en un repositorio digital en forma de campus virtual, aula virtual o plataforma de aprendizaje.

Toda formación en el ámbito volcánico debe estar avalada por un conocimiento científico del medio notable. De hecho, gran parte de la documentación se ha visto antes reflejada en comunicaciones a congresos, papers en journals, tanto nacionales como internacionales, libros publicados, así como en guías técnicas de uso para construcción, incrementando aún más el interés de los participantes (Santamarta JC, 2012). Por ello no solo se entiende que, no solo se debe innovar en la aportación de disciplinas nuevas que complementen a las tradicionales, sino que se debe hacer de una manera innovadora con el apoyo de nuevas tecnologías multimedia como los laboratorios virtuales, de los que se hablará más adelante.

3.1. ESQUEMA DEL CURSO FORMATIVO EN REGIONES VOLCÁNICAS

En clave general, estos cursos están dirigidos a titulaciones técnicas relacionadas con la construcción y el agua. Como se ha comentado, la idea es complementar los conocimientos generales adquiridos y particularizarlos a los entornos volcánicos e insulares.

El curso se diseña con una duración de 25 horas de formación total equivale a 1,5 créditos ECTS; establece una formación presencial de 20 horas, a lo que hay que sumar la evaluación, el acceso al aula virtual y los foros de trabajo. El curso planteado se basa en dos tipos de formación, por un lado la hidrológica y por otro la geológica, incluyendo las técnicas geotécnicas. Dentro del curso, cuatro horas se dedican a la identificación y estimación de parámetros de los terrenos volcánicos. Generalmente en los cursos impartidos en las Islas Canarias se dispone de los laboratorios de la Consejería de Obras Públicas del Gobierno de Canarias; en otros casos (cursos impartidos fuera de las islas) es necesario llevar un conjunto de muestras de rocas seleccionadas para su análisis en la propia aula, siendo además esta parte del curso una de las más valoradas por los alumnos.

- *Formación en hidrología.*
 - Hidrogeología de terrenos volcánicos.
 - Obras y aprovechamientos hidráulicos en terrenos volcánicos.
 - Planificación y gestión de los recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos.
- *Formación en geotecnia.*
 - Materiales y estructuras volcánicas.
 - Litotipos volcánicos: caracterización geomecánica.
 - Técnicas de reconocimiento geotécnico.



- Ensayos de mecánica de suelos.
- Ensayos de mecánicas de rocas.
- Guía de planificación de estudios geotécnicos para edificación en terrenos volcánicos (GETCAN-11).

Los objetivos que se pretenden en el curso quedan definidos por los siguientes epígrafes:

- Estudiar los procesos volcánicos vinculados a la construcción de infraestructuras.
- Comprender el ciclo hidrológico en una isla volcánica.
- Identificar los materiales más usuales en terrenos volcánicos y sus aplicaciones.
- Estudiar los principios de la hidrogeología de terrenos volcánicos y su aplicación en el aprovechamiento de los recursos hídricos.
- Conocer ensayos y la caracterización geomecánica de materiales volcánicos.
- Conocer los aprovechamientos y obras hidráulicas singulares en terrenos volcánicos.
- Identificar las unidades geotécnicas en medios volcánicos.
- Valorar los principios de gestión y planificación hidrológica en terrenos archipiélagos.
- Comprender las singularidades de los reconocimientos geotécnicos.
- Identificar las singularidades de los sistemas de recursos hídricos canarios, desde los sistemas tradicionales, pasando por los no convencionales como la desalación y la reutilización y finalizando por las futuras combinaciones (centrales hidroeléctricas reversibles) entre el binomio agua y energía.
- Aplicar la Guía de planificación de estudios geotécnicos para edificación en terrenos volcánicos (GETCAN-11).

3.2. DESARROLLO DE LAS CLASES MAGISTRALES PRESENCIALES

Los contenidos de las clases teóricas presuponen un conocimiento inicial de términos geológicos e hidrológicos. Estos conceptos básicos se dan por comprendidos y estudiados, y no se van a retomar durante el curso, por lo que el conocimiento transmitido se centra en la tipología del medio volcánico.

Las clases magistrales se basan en una formación teórica que suele estar distribuida en 4 o 5 horas diarias, según la organización inicial, 2 horas la parte de geología y dos partes la de hidrología (conviene que inicialmente se haga una introducción al medio volcánico y su geología asociada).

Los conceptos teóricos son transmitidos mediante la clase magistral por presentaciones con proyector, apoyándose también en material multimedia y pequeñas filmaciones que ayudan a comprender los complicados conceptos de la ingeniería en los terrenos volcánicos.

Hay que destacar que toda la documentación utilizada se entrega a los alumnos, incluyendo el material audiovisual, lo cual genera un mayor aprendizaje, pudiendo los alumnos utilizarlo a su criterio; es más, la mayoría de contenidos son de libre acceso mediante aulas OCW.





Figura 3. Desarrollo de la parte práctica del curso en la Universidad de Alicante. (Santamarta, J.C., 2011).

3.3. LABORATORIOS VIRTUALES DE ENSAYOS EN TERRENOS VOLCÁNICOS Y PROCESOS HIDROGEOLOGÍCOS

Uno de los problemas que se han comentado con respecto al curso es que sólo se dispone de laboratorio para testear los materiales volcánicos en Canarias, por lo que para que el curso no se quede incompleto, actualmente se está trabajado en tener un laboratorio virtual de ambas disciplinas. Se trata de procurar, por un lado, un material donde se puedan observar todos los ensayos geotécnicos posibles que se puedan llevar a cabo en materiales volcánicos y por otro lado un vídeo explicativo de los procesos hidrogeológicos que se ha denominado minería del agua. Con estas dos herramientas se pretende tener un material adicional a los contenidos digitales teóricos y aclarar los conceptos planteados. Cuando hay disponibilidad de laboratorio para explicar los procedimientos y ensayos, es la mejor opción; si el número de participantes es elevado, la calidad de la docencia puede verse afectada, por ello también conviene apoyarse con estos laboratorios virtuales, sobre todo porque en los lugares donde se celebre el curso no siempre habrá medios suficientes (Santamarta, J.C., 2011).



Figura 4. Visita a una planta de tratamiento de áridos volcánicos. (Santamarta, J.C., 2011).

Otra justificación de la virtualización de los laboratorios es que los equipamientos en laboratorios de una universidad son escasos, debido a su elevado coste, no solo su instalación sino también su mantenimiento. Otro problema detectado es el gran número de alumnos por equipo, que en algunas ocasiones supone que la práctica se limite a un técnico de laboratorio ejecutando un experimento y 5 o 10 alumnos observando. El método de evaluación en algunas materias y universidades pasa por entregar un cuestionario o resolución de un cálculo concreto, que no genera realmente conocimiento en el alumnado de las titulaciones técnicas; en muchas ocasiones las prácticas y los laboratorios se valoran por la asistencia o no a los mismos.

Por último, no todos los alumnos pueden asistir correctamente por motivos de trabajo u otros al desarrollo de innumerables prácticas. Por lo general las prácticas y los laboratorios no suponen mucho peso en la nota final, esto evidentemente desmotiva al alumno, lo cual es algo que no es muy coherente, debido a que realmente se deberían valorar las destrezas del alumno en su ámbito profesional.

La creación de contenidos multimedia, como grabaciones de los ensayos, experiencias y simulaciones, con sus respectivas explicaciones por parte del docente, puede suplir estas deficiencias detectadas. Esta estrategia planteada supone bastantes ventajas en la realización del curso.



3.4. VISITAS TÉCNICAS

En alguna ocasión se ha complementado el curso, además de la realización de los ensayos a los diferentes materiales, con visitas técnicas a infraestructuras relacionadas con el agua o la geotecnia insular. Esta actividad, junto con los laboratorios, sigue siendo la actividad docente más aceptada por el alumnado y más valorada. Una posible alternativa, en caso de no poder realizar estas visitas, puede ser el uso de vídeos técnicos elaborados por los docentes, donde queden reflejados procesos técnicos, procesos naturales, ensayos o actividades de laboratorio que podrían complementar la formación recibida y ser almacenados en las aulas virtuales o en el repositorio de documentación del curso (Menéndez Pidal, 2010).

3.5. LAS PÍLDORAS MULTIMEDIA EN INGENIERÍA GEOLÓGICA

Como estrategia docente para el curso, y a modo de complementar la formación, se han elaborado materiales multimedia de reducida duración, las denominadas píldoras multimedia de aprendizaje. Las píldoras multimedia son pequeñas dosis formativas que utilizan las últimas herramientas tecnológicas, con flexibilidad en el tiempo y el espacio para conseguir el máximo rendimiento (Santamarta, J.C., 2012).

Las ventajas de este innovador sistema de formación autónoma se pueden resumir en (Instituto Tecnológico de Aragón, 2011):

- Su generación es sencilla y económica.
- Sus gráficos y diseños son claros, sencillos y reales.
- Formación cuando y donde quiera el alumno.
- Se pueden repetir las veces que se quiera.
- Se pueden utilizar como parte de un programa de formación (Presencial-Distancia).
- Contenidos autoformativos de fácil comprensión y asimilación.
- La navegación por la píldora es sencilla.
- Cada píldora puede incluir un glosario de términos y una bibliografía específica.

Para las estrategias utilizadas con esta herramienta se dividieron las píldoras en dos bloques del curso, uno relacionado con los recursos hídricos en medios volcánicos y el otro bloque más afín a la ingeniería geológica. Los bloques son:

TABLA 1. BLOQUE DE PÍLDORAS MULTIMEDIA RELACIONADAS CON LA INGENIERÍA GEOLÓGICA

TÍTULO DE LA PÍLDORA	VISITAS DESDE MAYO 2012 HASTA ABRIL 2013	CONTENIDO
Marco geológico de las Islas Canarias	850	Se hace un breve repaso sobre el origen, los grandes ciclos magmáticos y los materiales más comunes del Archipiélago Canario

continúa

Unidades geotécnicas del Archipiélago Canario	436	Clasificación de los terrenos volcánicos de las Islas Canarias en unidades geotécnicas.
Técnicas de prospección geotécnica	547	Descripción de las técnicas más empleadas en el reconocimiento geotécnico.
Mecánica de suelos	638	Descripción de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.
Mecánica de rocas	600	Ensayos de caracterización geomecánica de las rocas en el laboratorio.
Estudios geotécnicos	464	Los estudios geotécnicos para obras públicas y edificación. Normativa aplicable.

TABLA 2. BLOQUE DE PÍLDORAS MULTIMEDIA RELACIONADO CON LOS RECURSOS HÍDRICOS

TÍTULO DE LA PÍLDORA	VISITAS DESDE MAYO 2012 HASTA ABRIL 2013	CONTENIDO
Nociones sobre la hidrogeología de terrenos volcánicos	548	Nociones sobre las claves para entender el funcionamiento de los acuíferos en terrenos volcánicos.
Minería del agua en terrenos volcánicos	393	Claves para planificar y gestionar el agua en una isla volcánica.
Obras hidráulicas singulares en Canarias	485	Notas e introducción de las obras hidráulicas superficiales singulares en el archipiélago Canario.
Planificar y gestionar el agua en una isla volcánica	426	Claves para planificar y gestionar el agua en una isla volcánica.

Se pueden descargar gratuitamente de la web <http://ullmedia.udv.ull.es/>.

3.6. LOS OPEN COURSE WARE (OCW)

Los OCW (Open Course Ware) son la publicación web de los materiales de clase y la estrategia docente de las asignaturas de Educación Superior. En este caso, como el curso también se oferta como Créditos de Libre Elección y como cursos de extensión universitaria, se decidió poner en abierto todos los contenidos (presentaciones, guías, contenidos multimedia) del curso. Todos los materiales se publicaron bajo licencia Creative Commons. Con ello se permite el uso, la reutilización, la adaptación y la distribución por terceros siempre que no se busque fines comerciales, sean atribuidos a la institución que lo publica originalmente y si procede, al autor y el material resultante tras su uso. Debe ser de libre utilización por terceros y se encuentra sujeto a estos mismos requisitos. El impacto del uso de las OCW por parte del alumnado aporta algunas conclusiones interesantes que pueden ser extrapoladas a esta metodología de enseñanza para los terrenos volcánicos. Respecto al tipo de recursos que los alumnos universitarios utilizan para preparar los exámenes, se observa que, según Frías-Navarro, de forma mayoritaria utilizan los apuntes de clase



y los recursos docentes de sus profesores que se encuentran alojados en Internet. Destaca el poco uso que hacen de los materiales docentes de otros profesores para su formación académica. El material de Internet se utiliza para elaborar trabajos pero no se suele buscar para completar la información de las materias y preparar los exámenes (Frías-Navarro *et al.*, 2012).

En el caso de la formación en terrenos volcánicos se ha decidido hacer disponible toda la formación de «libre acceso a través de internet» mediante las OCW y el repositorio de la Universidad de La Laguna ullmedia.com.

La subida de material del curso con libre acceso a internet supone una serie de ventajas. Primeramente el equipo docente adquiere presencia en internet y reputación por los contenidos en abierto que ha habilitado; esto hace crecer su prestigio profesional y docente, ya que en las búsquedas por internet se asocia las áreas de conocimiento a esas asignaturas de acceso libre, lo cual a todas luces parece una ventaja interesante. Es recomendable esforzarse en distribuir los contenidos en otros idiomas de gran extensión como el español y el inglés; esto por supuesto dinamiza sobremanera la divulgación y reconocimiento de contenidos.

Las OCW forman parte de los méritos docentes del profesorado de cara a su acreditación y a los programas de calidad docente universitaria, por lo que es otra gran motivación para abrir contenidos que inicialmente están para uso exclusivo del alumnado. Es una tarjeta de visita a la hora de organizar o proponer más cursos de la misma temática.

Por último a nivel institucional, las aulas OCW repercuten positivamente en la institución universitaria dado que mejora la calidad y la transparencia de las actividades realizadas en las universidades y centros de formación superior.

TABLA 3. OCW RELACIONADOS CON LA FORMACIÓN TÉCNICA EN MEDIOS VOLCÁNICOS Y SU REPERCUSIÓN EN INTERNET

MATERIA DE LA OCW	ÁREA DE CONOCIMIENTO	FECHA DE APERTURA CONTENIDO EN ABIERTO	IDIOMA	VISITAS/ MES	VISITAS TOTALES (01/05/12)
Sistemas de Recursos hídricos en medios volcánicos	Ingeniería Hidráulica	22 Febrero 2012	Castellano	23	1426
Ingeniería geológica y geotécnica en medios volcánicos	Ingeniería del terreno	22 Febrero 2012	Castellano	26	1569

Los enlaces donde se puede consultar ambas *web* son:

- Recursos hídricos en medios volcánicos
<http://campusvirtual.ull.es/ocw/course/view.php?id=51>
- Ingeniería geológica y geotécnica en medios volcánicos
<http://campusvirtual.ull.es/ocw/course/view.php?id=50>



4. EXPERIENCIAS REALIZADAS Y CONCLUSIONES

Como conclusión principal, el curso contribuye a mejorar el flujo de información científico-técnica entre los profesionales del sector, estudiantes de ingeniería civil, minera y geológica, dotándolos de las herramientas necesarias para acometer los problemas de índole geotécnica e hidrogeológica en medios volcánicos, que desgraciadamente no resuelve la normativa nacional actualmente en vigor.

El curso tiene gran aceptación entre la comunidad universitaria, ya que tanto el alumnado como el profesorado buscan alternativas a los contenidos docentes oficiales, que procuren a los futuros egresados aumentar sus posibilidades de acceder a la vida laboral. Debido a que materiales volcánicos son muy escasos en nuestro país, ya que a excepción de las Islas Canarias, donde su presencia es mayoritaria, en el territorio peninsular aparecen sólo de forma anecdótica en algunos enclaves (sujetos a protección por su rareza y singularidad), no son recogidos en los planes de estudios de las escuelas de ingeniería ni arquitectura. Sin embargo, el conocimiento del territorio volcánico, desde el punto de vista hidrológico y geotécnico, es fundamental para acceder al mercado laboral de los países del continente Centro y Sur Americano, donde la presencia de estos materiales es muy importante. Actualmente, estos países se encuentran en proceso de desarrollo y crecimiento económico y demandan profesionales universitarios foráneos cualificados, encontrándose los españoles entre los mejor valorados por su cualificación y por el idioma.

El curso ha sido realizado con éxito en todas sus modalidades (interuniversitario, cursos de verano, cursos de extensión universitaria...)

Fecha de recepción: septiembre de 2012; fecha de aprobación: abril de 2013.

BIBLIOGRAFÍA

- CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y POLÍTICA TERRITORIAL DEL GOBIERNO DE CANARIAS (2011): Guía para la planificación y la realización de estudios geotécnicos en la Comunidad Autónoma de Canarias, GETCAN-011.
- FRÍAS-NAVARRO, D., MONTEVERDE-I-BOR, H. y PONS SALVADOR, G. *et al.* (2012): Integración de los materiales Open Course Ware en la enseñanza universitaria: estimación de sus efectos. x Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Alicante.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN (2011): La Metodología de las Píldoras de Conocimiento. Comisión Europea. Programa de Aprendizaje Permanente. Programa Leonardo Da Vinci.
- MENÉNDEZ PIDAL, I., SANTAMARTA CEREZAL, J.C., HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ L.E. y SANZ PÉREZ, E. (2010): Learning experience on applied geology in civil engineering curricula by using university cooperation and practical trips. EDULEARN11 Proceedings. Barcelona.
- MUELLER-DOMBOIS, D. (2007): The Hawaiian Ahupua'a Land Use System: Its Biological Resource Zones and the Challenge for Silvicultural Restoration. Biology of Hawaiian Streams and Estuaries. Editor N.L. Evenhuis & J.M. Fitzsimons. Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies.



- SANTAMARTA CEREZAL, J.C., ARRAIZA, M.P. LORAS, F. y LÓPEZ, J.V. (2012): Engineering 2.0, new digital strategies in technical education. EDULEARN12 Proceedings. Barcelona.
- SANTAMARTA CEREZAL, J.C., HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ L.E., ARRAIZA, M.P. y NERIS TOMÉ, J. (2012): Análisis de nuevas estrategias para la mejora del aprendizaje en enseñanzas técnicas dentro del espacio europeo de educación superior. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- SUÁREZ MORENO, F. (2010): El agua en Canarias: Historia, estrategias y procedimientos didácticos. Bienmesabe Ediciones. Tenerife.

