

Introducción de la gestión del riesgo geológico en la enseñanza de la Ingeniería Hidráulica y Ambiental en Cuba.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo socio económico sostenido del país requiere de la participación activa y comprometida, entre otros, de los profesionales encargados de la planificación, diseño, construcción y operación de la infraestructura hidráulica; dentro de este sector multidisciplinario los ingenieros hidráulicos desempeñan un decisivo rol cuya formación específica en Cuba, supera ya los 35 años y cuyas raíces se remontan al año 1900.

Según plantea el Plan de Estudio actual, la Carrera de Ingeniería Hidráulica en la Cuba de hoy se propone formar un profesional con un amplio conocimiento y posibilidades de profundización en las ciencias básicas y en las ciencias de la ingeniería, aptos para proponer soluciones racionales y creativas de ingeniería enfocadas al campo de las obras hidráulicas para la captación, almacenamiento, conducción, potabilización, distribución, uso, recolección, evacuación y tratamiento de aguas residuales antes de su vertimiento. En consecuencia, la Carrera asume el encargo social de preparar a un técnico con capacidad de diseñar, proyectar, planificar, gestionar y administrar los proyectos de implementación de dichas soluciones, y desarrollar además, en el campo de la hidráulica, actividades como conservador de estructuras construidas o de productor de construcciones a pie de obra.

Con estas premisas, y a solicitud del Ministerio de Educación Superior (MES) de la República de Cuba, la Comisión Nacional de Carrera (CNC) de Ingeniería Hidráulica propone un nuevo diseño del Plan de Estudio para esta Carrera, en correspondencia con el Documento Base para la Elaboración de los Planes de Estudio D emitido por dicho Ministerio, que reconoce además los cambios y el desarrollo experimentado por la Educación Superior contemporánea en el Mundo y en Cuba, en particular la

Resumen / Abstract

En el Plan de Estudio actual, la carrera de Ingeniería Hidráulica en Cuba se propone formar un profesional con un amplio conocimiento y posibilidades de profundización en las ciencias básicas y en las ciencias de la ingeniería. La asignatura Geología para Ingenieros que forma parte de la Disciplina de Geotecnia, tiene como objetivo consolidar la formación de una concepción científica que les permita a los futuros ingenieros, interpretar los problemas geológicos y geotécnicos complejos. Esta interpretación se realiza de manera más eficiente con la introducción en la asignatura de las tendencias actuales en materia de metodología de gestión de riesgos geológicos, de las que en el presente artículo se propone una de ellas.

Palabras clave: Plan de estudio, riesgo geológico, metodología, geología

The Hydraulic engineering studies in Cuba nowadays are oriented to build a future professional with wide knowledge and possibilities in the basic and engineering sciences. The specific subject of Geology for Engineers aims to consolidate a formation in the interpretation of complex geological problems presented in the design of hydraulic works. This interpretation is more efficient with the introduction in the subject of the new methodologies for geologic risk management. One of these methodologies is proposed in the present article.

Key words: Plan of studies, geologic risk, methodology, geology.

estrategia de universalización de los estudios universitarios que se fomenta en el país, el apoyo a la Batalla de Ideas y los cambios cualitativos que experimenta la gestión integral de los recursos hidráulicos a lo largo y ancho de la nación, como importante rama productiva de la economía nacional; prestando especial atención a las opiniones de las entidades o instituciones receptoras de los nuevos graduados vinculadas con la constante elevación de la calidad de formación de estos profesionales.

Como parte del perfeccionamiento continuo de los Planes de Estudio en la República de Cuba se ha desarrollado un valioso y estratégico proceso que condujo al diseño del plan de estudio D que, para la Carrera de Ingeniería Hidráulica, tuvo como reto incorporar las tendencias que se observan internacionalmente en relación con el diseño curricular, y a la vez, satisfacer las demandas actuales y futuras a nivel nacional de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), unido a las orientaciones establecidas por el Ministerio de Educación Superior respecto a estos diseños curriculares.

DESARROLLO

El estudio de las demandas de los empleadores de los egresados de esta carrera, que complementan las que fueron identificadas por medio de encuestas en los diseños precedentes, a pesar de algunas insatisfacciones, condujo a importantes conclusiones entre las que se destaca la conformidad de los empleadores respecto al encargo social y pertinencia del profesional que egresa, avalado por los conocimientos y cualidades siguientes:

* Conocimientos: articulación de las ciencias básicas con las ciencias específicas de la profesión, modelación de los problemas de ingeniería, incluyendo análisis y diseño hidráulico y estructural de obras de ingeniería hidráulica en general, la simulación de procesos del ciclo hidrológico y el uso de las tecnologías de la información, software y herramientas para la ingeniería de los recursos hidráulicos, etc.

* Cualidades y habilidades: enfoque integral y multidisciplinario, disposición a ocupar cargos, trabajo profesional y con calidad, disciplina laboral, instrucción, especialización, responde a las necesidades del país, capacidad creativa, capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, compromiso ético, responsabilidad social y compromiso ciudadano, etc.

El objeto general de trabajo de esta Profesión son los Recursos Hidráulicos y, consecuentemente, se forman en Cuba los técnicos de nivel superior capaces de la explotación sustentable de dicha riqueza natural. El aprovechamiento racional de esos recursos, objetivo esencial de la formación del Ingeniero Hidráulico, implica activida-

des profesionales tales como la realización de estudios sobre demandas y recursos aprovechables, la evaluación y balance de los mismos, cuyos resultados se concretan en obras hidráulicas que deben ser concebidas, diseñadas, construidas, explotadas y mantenidas para captar, conducir, utilizar, conservar, controlar y proteger ese imprescindible recurso, que es el Agua.

Como se sabe el agua es un recurso renovable pero limitado en prácticamente todo el mundo. Los graves problemas que el desarrollo humano le ha impuesto a los aspectos cuantitativos y cualitativos de este recurso vital para la vida, han originado en los últimos años múltiples análisis de organizaciones científicas y no gubernamentales, analistas especializados, políticos, etc., que muestran las grandes preocupaciones de la humanidad en relación con esta situación donde se destaca con énfasis que, además del petróleo, el agua dulce se ha convertido en fuente de serios conflictos, incluyendo guerras, entre los países de algunas regiones lo cual se extenderá y agravará en los próximos lustros y decenios.

En Cuba, las necesidades de agua para su desarrollo están ya por encima de las posibilidades naturales, cuestión que se agrava si se considera que la recolección, transportación, cuidado y conservación de este valioso recurso está expuesto a la ocurrencia de fenómenos desastrosos de origen geológico o antrópico, entre los cuales se encuentran:

- * La ocurrencia de eventos extremos mínimos como las sequías intensas y prolongadas.
- * Las avenidas o crecidas de los ríos provocadas por huracanes o lluvias intensas,
- * Peligrosas y costosas inundaciones.
- * Contaminación del manto freático y de aguas superficiales.
- * Colapso de estructuras hidráulicas debido a la ocurrencia de fenómenos geológicos extremos como por ejemplo los terremotos.
- * La comisión de errores ingenieriles durante el diseño y ejecución de obras hidráulicas, generando así riesgos geotécnicos.

Ello ha dado origen al movimiento por el rescate de la Voluntad Hidráulica, en cuyo desarrollo queda claro el papel relevante que debe jugar el Ingeniero Hidráulico, tanto en el presente, en el futuro inmediato y a largo plazo, independientemente de la necesaria contribución de otros profesionales a esta gran tarea estratégica en que está empeñado el país.

La amplia gama de problemas que debe atender este ingeniero hace necesario, que en su primera etapa de estudios universitarios se forme como un profesional de perfil amplio, capaz de resolver los problemas básicos más generales y frecuentes que se presentan en sus campos de acción y esferas de actuación profesional, dejando para etapas posteriores de formación (basadas en la

necesaria educación continua) los problemas más especializados o que se presentan con menor frecuencia.

Dentro de la concepción de formación del futuro Ingeniero hidráulico concebida en el Plan D, se encuentra la Disciplina de Geotecnia, la cual tiene como objetivo: Consolidar la formación de una concepción científica del mundo, que le permitan interpretar los problemas geológicos y geotécnicos y desarrollar el pensamiento lógico, la capacidad de razonamiento y la conciencia económica, para enfrentar, de forma creativa, los análisis técnico-económicos que requieren el diseño racional de las obras de tierra, las cimentaciones, las estructuras de sostenimiento de tierra y las presas de tierra.

Por todo ello se ha conformado la disciplina para impartir los contenidos de Geología, Mecánica de Suelos, Cimentaciones Superficiales y Profundas, Estructuras de Sostenimiento de Tierra y Diseño y Construcción de Presas de Tierra, lo que unido a otras disciplinas permiten alcanzar los objetivos del modelo del profesional relacionados con proyectos de obras hidráulicas.

Dentro de esta disciplina existen tres asignaturas que abordan temas relacionados con la solución de los problemas actuales de la recolección, transportación, cuidado y conservación del agua mencionados con anterioridad y que están expuestos a la ocurrencia de fenómenos desastrosos de origen geológico o antrópico. De ellas la más abarcadora es la Geología para ingenieros.

Dentro de los Objetivos Instructivos de la asignatura Geología para Ingenieros se encuentran:

1. Identificar los principales fenómenos geológicos que se presentan de forma evidente en la naturaleza y establecer la importancia práctica del estudio de los mismos para la proyección y construcción de obras hidráulicas.
2. Desarrollar el sistema de conceptos y habilidades que permitan al Ingeniero Civil participar en la elaboración de la tarea técnica, proyección, ejecución y correcta interpretación de una investigación Geotécnica.

Lógicamente el hecho de identificar y establecer la importancia práctica de los fenómenos Geológicos, así como interpretar las investigaciones geotécnicas en la Ingeniería Hidráulica y Ambiental, implica gestión, o sea se refiere a un proceso de «planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar» como lo planteara H. Fayol al principio del siglo (Koontz).

En caso específico de esta especialidad, con relación a la geología y la geotécnica, la gestión se realiza en función de prevenir y reducir al máximo posible los efectos que las amenazas que constituyen los fenómenos descritos (avenidas, inundaciones, sismos, sequías, filtraciones, colapso de estructuras, etc.), traerían sobre las obras hidráulicas proyectadas, esto es llamado por los ingenieros geólogos como riesgo geológico ante posibles

desastres.

El tema de la evaluación de los riesgos y la prevención de desastres ha sido tratado relativamente desde hace pocos años a nivel internacional. Su conceptualización y análisis sistemático prácticamente lo iniciaron los especialistas de las ciencias naturales con estudios acerca de fenómenos geodinámicos, hidrometeorológicos y tecnológicos tales como terremotos, deslizamientos, huracanes, inundaciones, accidentes industriales, etc.

En general existe la posibilidad constante de la ocurrencia de Desastres naturales; un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente. Esta situación significa la desorganización de los patrones normales de vida, genera adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país y/o la modificación del medio ambiente; lo cual determina la necesidad de asistencia y de intervención inmediata. Los desastres pueden ser originados por un fenómeno natural, provocados por el hombre o ser consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales o bélicos.

Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente. Los Terremotos, la sequía, la desertificación, la deforestación y los huracanes son ejemplos de amenazas que aun no pueden ser intervenidas en la práctica, mientras que inundaciones y los deslizamientos, pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles de canalización y estabilización de suelos.

Los desastres de origen antrópico pueden ser originados intencionalmente por el hombre o por una falla de carácter técnico, la cual puede desencadenar una serie de fallas en serie causando un desastre de gran magnitud. Entre los desastres de origen antrópico pueden mencionarse los derrumbes, las explosiones, los incendios, los accidentes, la contaminación, los colapsos y los impactos. En general existe una diversidad de posibles desastres de origen tecnológico. En la actualidad, los centros urbanos y los puertos ofrecen una alta susceptibilidad a que se presenten este tipo de eventos debido a la alta densificación de la industria, de la edificación y de los medios de transporte masivo de carga y población. En el caso de las obras hidráulicas, las de mayor magnitud, generalmente se proyectan en zonas rurales (Presas o lagos artificiales para el abasto de agua con diferentes

finas, Conductoras, baterías de pozos extractores de agua con fines idénticos). Sin embargo ninguna de ellas esta exenta la posible comisión de fallas de origen técnico.

Por ejemplo en las presas de tierra los cálculos relacionados con los taludes, los materiales naturales utilizados para revestirlos y obras de contención (diques de tierra), debe ser muy bien calculados sus parámetros para que cumplan las funciones previstas y con ello evitar la infiltración y debilitamiento de estas estructuras. En el caso de la posible contaminación del manto freático en un área determinada, si no se aplican las medidas tanto organizativas como tecnológicas adecuadas como por ejemplo canalizaciones, compactación de suelos y tratamiento de aguas residuales; existe una gran posibilidad de que los acuíferos queden inutilizables por un largo período.

Los ingenieros hidráulicos constantemente se ven forzados a diseñar y ejecutar obras de ingeniería en las cuales deben concebir un conjunto de parámetros que les permitan asegurar la obra hidráulica, tanto en su estructura civil (para a que cumpla tecnológicamente los requisitos necesarios constructivos y de equipamiento hidráulico) como en su fortaleza ante fenómenos naturales y/o tecnológicos que puedan incidir en ella en un futuro planificado de utilidad.

Para concebir este conjunto de parámetros es necesario caracterizar los posibles daños que pueda ocasionar un fenómeno determinado, daños a la larga considerados como desastrosos.

En la caracterización de los desastres son factores importantes la extensión del área afectada, la intensidad del impacto, la duración del impacto, la velocidad de inicio y la predecibilidad, que no es más que el periodo de recurrencia, y representa el periodo medio que tarda en reproducirse un acontecimiento de una magnitud dada. Este es el punto de partida para los ingenieros hidráulicos, o sea realizar trabajos de predicción para luego aplicar las medidas técnicas y tecnológicas adecuadas para reducir los posibles daños a sus obras, que es trabajar por la disminución de la vulnerabilidad de las mismas ante fenómenos desastrosos.

Las medidas de prevención contra los efectos de los desastres deben considerarse como parte fundamental de los procesos de desarrollo integral a nivel regional y urbano, con el fin de reducir el nivel de riesgo existente. Dado que eventos de estas características pueden causar graves impactos en el desarrollo de las comunidades expuestas, por cuanto es necesario enfrentar la ejecución de medidas preventivas versus la recuperación posterior a los desastres, e incorporar los análisis de riesgo a los aspectos sociales y económicos de cada región o país.

La lectura acerca de la vulnerabilidad y el riesgo de los geofísicos, hidrólogos, ingenieros, planificadores, etc. puede llegar a ser muy diferente de la lectura que tienen las personas y las comunidades expuestas. Por esta razón es necesario profundizar, también, el conocimiento acerca de la percepción individual y colectiva del riesgo e investigar las características culturales, de desarrollo y de organización de las sociedades que favorecen o impiden la prevención y la mitigación; aspectos de fundamental importancia para poder encontrar medios eficientes y efectivos que logren reducir el impacto de los desastres en el mundo.

Todas las construcciones civiles, hidráulicas y arquitectónicas se construyen sobre la tierra y muchas de ellas se construyen utilizando sus accidentes y posibilidades naturales, como es el caso de las presas de tierra. De ahí la necesidad imperiosa que tiene el Ingeniero Hidráulico de conocer cómo se han formado los suelos y rocas en la naturaleza y cuáles son sus propiedades físicas y mecánicas que permitan evaluar si los mismos son capaces de soportar las cargas que sobre éstos actuarán como consecuencia de las estructuras que sobre ellos se construyan.

En conclusión, el Ingeniero Hidráulico necesita tener un conocimiento profundo de las causas que puedan originar fallas catastróficas, así como las medidas que existen para evitarlas en las etapas de proyecto y construcción. Cuestiones que están en correspondencia con los objetivos perseguidos en el nuevo plan de estudio «Plan D», los de la disciplina Geotecnia y la Asignatura Geología para Ingenieros,

Como consecuencia del análisis realizado es posible afirmar que la introducción de los temas de gestión de riesgo geológico en la asignatura Geología para Ingenieros resulta viable y productiva, toda vez que cumple con los objetivos instructivos de la misma, además de la existencia real de una necesidad manifiesta, explicada con anterioridad.

En el presente caso y a manera de enfocar la gestión de riesgos geológicos a favor de las obras hidráulicas, se asume la posición de tratar de mostrarle a los futuros ingenieros la manera más eficiente de realizar la evaluación de riesgos, en el sentido de utilización y aplicación de las mejores metodologías de gestión e innovación tecnológica en el Mundo.

Una variante muy moderna y eficiente está bien explícita en la metodología de gestión por procesos, una de las herramientas actuales de gestión del conocimiento, la cual en relación con la evaluación del riesgo geológico, reúne los elementos necesarios para evaluar el riesgo de forma sistemática y efectiva a favor de la ejecución de proyectos de Ingeniería Hidráulica; la cual además permi-

te que se realicen evaluaciones continuas de riesgo que coadyuven a mejorar progresivamente el proceso de ordenamiento hidráulico del país, cuestión que se considera fundamental para el desarrollo en Cuba.

Esta metodología prevé cuatro etapas de gestión de riesgo geológico:

- 1- Anteproyecto.
- 2- Durante el proyecto.
- 3- Etapa de finalización del proyecto.
- 4- Proceso de mejora continua.

Anteproyecto

1- Análisis de la información aportada por los informes geológico e ingeniero geológico que permitan gestionar el riesgo geológico.

2- Análisis de los datos e informaciones aportados por los Sistemas de Información Geográfica.

3- Estudio del medio circundante, identificación de actividades fundamentales vinculadas a la disciplina social y empresarial. (gestión del riesgo medioambiental).

4- Estudio de las cuencas hidrográficas (superficiales y subterráneas), su relación con la amenaza de ocurrencia de eventos meteorológicos severos y con el entorno. Influencia en la región de estudio. (gestión del riesgo hidrogeológico).

5- Interpretación de la relación existente entre la ocurrencia de los distintos fenómenos naturales y antrópicos posibles a presentarse con la obra proyectada, donde se deberá llegar al conocimiento de la presencia potencial del peligro y el comportamiento de los niveles de vulnerabilidad de las zonas de inversión (sistematización de la gestión del riesgo geológico).

6- Tomar las decisiones necesarias para el diseño y comienzo de la ejecución del proyecto.

Durante el proyecto

7- Estudio de las propiedades físico mecánicas de los suelos y su relación con las anomalías descritas con anterioridad, comportamiento de las cargas a proyectar y circundantes, análisis del perfil geológico. Analizar el informe geotécnico. (gestión del riesgo geotécnico).

8- Realizar el control del cumplimiento de las medidas técnicas, y tareas programadas y procesos tecnológicos concebidos en el proyecto.

9- Evaluar continuamente la aplicación de un sistema de indicadores durante la ejecución del proyecto inversionista, que garantice la gestión del riesgo geológico en esta etapa de la obra.

Etapa de finalización del proyecto

10- Evaluar la aplicación de un sistema de indicadores durante la terminación del proyecto inversio-

nista, que garantice la gestión del riesgo geológico en esta etapa de la obra.

Proceso de mejora continua

11- Aplicación los principios de análisis establecidos en el ciclo de Deming para la mejora continua, consistentes en evaluar posibles errores, o mejoras a los procedimientos, técnicas o tecnologías utilizadas en la obra, con la finalidad de mejorarlas en proyectos futuros.

En la metodología propuesta anteriormente se observan claramente cuatro etapas en la gestión de riesgo, la primera correspondiente a la concepción de la idea y el diseño, la segunda al llamado trabajo de mesa, la tercera al trabajo de campo o productivo, y la cuarta a la evaluación final de todos los procesos ejecutados anteriormente.

Nótese que se menciona como herramienta los SIG, además de puede emplearse cuanto documento o investigación anterior se posea al alcance para encarar la tarea.

Esta metodología sólo constituye una manera posible en que se les puede explicar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Hidráulica, acerca de las acciones que luego de conocidos los procesos y fenómenos geológicos característicos de la geodinámica de la tierra, pueden ejecutar en función de gestionar los riesgos. No se realiza una explicación más extensa debido que estas funciones deberán ser dejadas a cargo de los profesores que impartirán esta materia, aquí solo se realiza un proposición.

CONCLUSIONES

. Una visión abarcadora de los riesgos geológicos a que se exponen las obras hidráulicas y el conocimiento de las herramientas de gestión por parte de los futuros Ingenieros de la rama, les permitirá si el evento es pronosticable, demostrar que se tomaron todas las acciones consideradas como «razonables» para prevenir sus efectos, no obstante se hubiesen presentado daños, este es el punto donde los profesionales de la ingeniería hidráulica entran a jugar su papel, y para eso deben haber realizado todas las tareas pertinentes previas y durante la ejecución de las obras hidráulicas, o sea la gestión del riesgo.

. La asignatura Geología para Ingenieros constituye el marco ideal para enfocar conceptos y definiciones, así como introducir los aspectos evaluativos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo geológico; que podría constituir una modesta contribución y la mejor manera de asegurar la sostenibilidad del desarrollo hidráulico a mediano y largo plazo en Cuba.

■ REFERENCIAS

- 1 **Koontz, Harold y Wehrich Heinz.** *Administración, una prospectiva global.* Editorial McGraw-Hill, 11^a. edición, México, 1998.
- 2 **Cardona A., Omar Darío:** « Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo», en *Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina.* <http://www.desenredando.org/public/libros>. Consultado el 24/7/2006.
- 3 **Instituto Nacional de Planificación Física:** Instrucción dirigida a las Direcciones Provinciales de Planificación Física para abordar el tema de los riesgos naturales. Ministerio de Economía y Planificación Física. Ciudad de la Habana, Cuba. 2006.
- 4 **Ministerio de Educación Superior de Cuba,** «Plan de Estudios D para la Carrera de Ingeniería Hidráulica», versión aprobada, 2007, Obtenida en formato electrónico en la sede de la Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, consultada 2008.
- 5 **Liber Galbán Rodríguez,** «Modelo para la gestión de riesgos geológicos en la provincia Santiago de Cuba», Proyecto tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Oriente, 2008.

Septiembre de 2009 ■