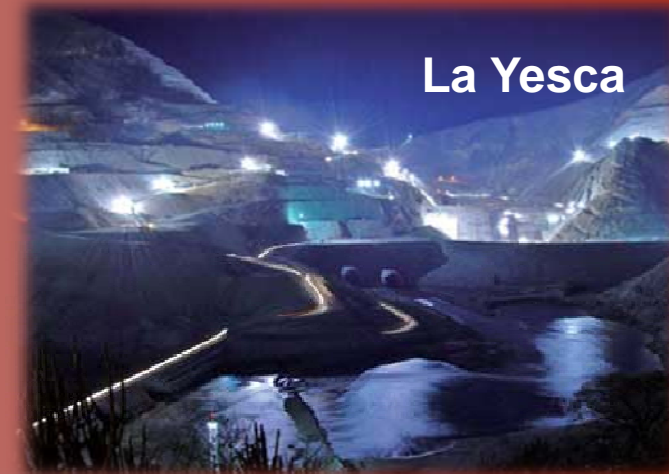
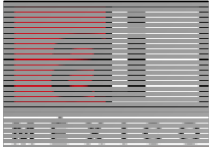


ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

PARTICIPACIÓN E IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN EL DESARROLLO DE MÉXICO





ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

I. ESTUDIOS GEOLÓGICOS EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

IMPORTANCIA DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA.

Cada día cobra mayor importancia la realización de estudios Geológicos, aquí nos referiremos con más detalle aquellos que van orientados a constituirse en un insumo para el diseño y construcción de proyectos relacionados con nueva infraestructura, por ejemplo solo por citar algunos: Presas, puentes, carreteras u obras viales en general, túneles para diferentes fines, puertos, etc.

La importancia de estos estudios se debe a que son un **insumo** importante para la elaboración de los diseños de las obras de infraestructura que proporcionan la fundamentación técnica con la cual es posible conocer la viabilidad técnica de las obras.

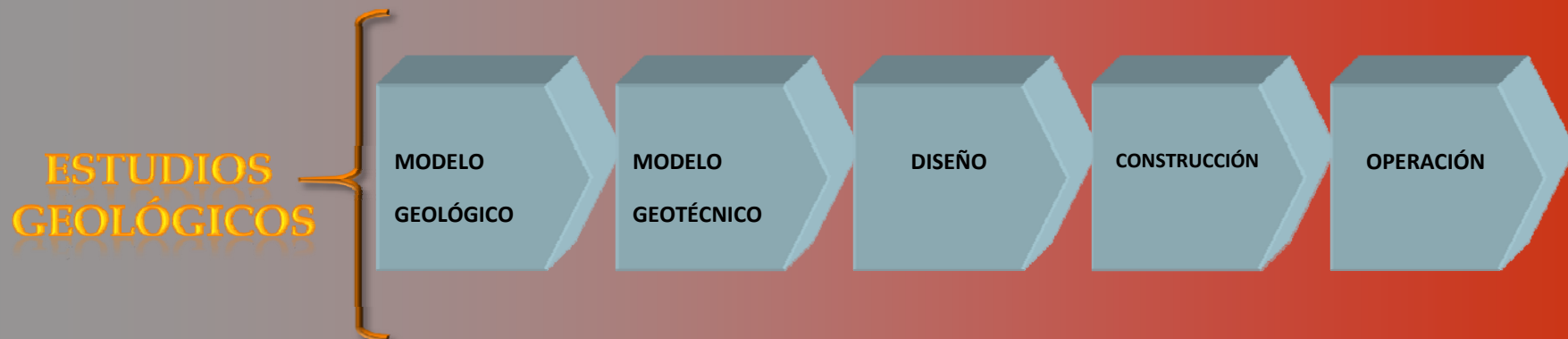
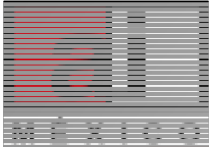


Figura 3.1. Proceso simplificado para la construcción de una obra.



ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Puede haber varias razones o versiones de porque cada día cobra mayor importancia dedicar un tiempo y recursos a estos estudios, las que aquí planteamos, aunque no necesariamente son las únicas, pueden ser las más relevantes, **primero**, la necesidad de cumplir en tiempo, calidad y forma con los programas de ejecución.

Segundo, los estudios bien elaborados, proporcionan las características de la superficie y el subsuelo en donde habrán de construirse las obras, lo que contribuye a no rebasar el presupuesto proyectado.

Tercero, la legislación en materia de transparencia y rendición de cuentas, la vigilancia del gasto público y la presión social ante la construcción de nueva infraestructura, requieren una base sólida y fundamentada de la viabilidad de estas obras.

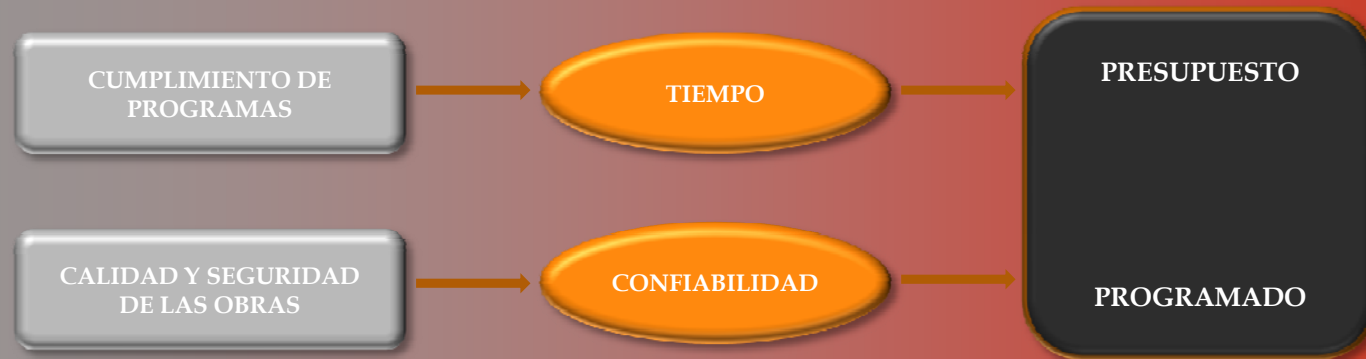
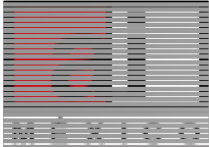


Figura 3.2. Razones de la importancia de los Estudios Geológicos.



ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Todos aquellos que se dedican a diseñar, construir y operar obras de ingeniería, deben tener en cuenta que, los estudios geológicos, acompañados de otras disciplinas que son inseparables de aquella, ya que **son la base** sobre la cual se elabora el modelo geotécnico y posteriormente los diseños para las obras que posteriormente habrán de construirse.

Tan importante insumo son los estudios para el diseño, que de acuerdo a Sowers, G. F., "Human Factors in Civil and Geotechnical Engineering Failures", *Journal of Geotechnical Engineering*, 1993, 1/3 del 41% de la ocurrencia de los problemas relacionados con fallas de ingeniería civil que se presentan durante la construcción, el 58% tienen su origen en el diseño, que es en donde confluyen junto con otros, los estudios geológicos y geotécnicos que dan lugar a la conformación de los modelos respectivos, elementos fundamentales para los proyectistas y diseñadores.

ETAPAS DEL PROYECTO	ORIGEN DEL PROBLEMA (%)	OCURRENCIA DEL PROBLEMA (%)
Planificación	1	<1
Diseño	58	<1
Construcción	38	41
Operación	4	57

Figura 3.3. Fallas de Ingeniería Civil

ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

De esta manera en relación con lo comentado, es de esperarse que un proyecto estudiado adecuadamente, constituya uno de los **factores claves de éxito** de una obra, factores que se traducen en seguridad, oportunidad y costo, no solo durante la construcción de las obras civiles, sino también durante su operación o vida útil.

Conviene por otro lado, comentar un poco más a que nos referimos a que un proyecto sea estudiado adecuadamente. Intervienen en este calificativo varios aspectos, los más relevantes son: **Primero**, destinar los recursos económicos necesarios para la realización de los mismos, **segundo** respetar el proceso de maduración que requiere un estudio, sobre todo para aquellos proyectos de gran envergadura, esto se traduce en tiempo para llevar a cabo los trabajos y tiempo para madurarlos hasta obtener el modelo geológico y **tercero**, poner los estudios en manos de profesionistas con conocimientos y experiencia.

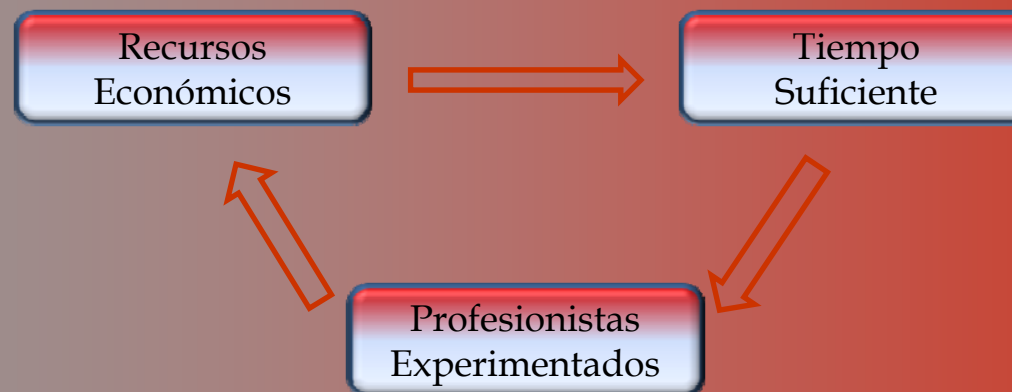
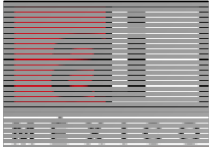


Figura 3.4. Pertinencia de los Estudios Geológicos.



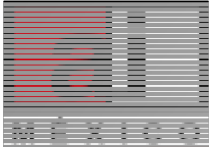
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Destinar recursos económicos en la cantidad necesaria para realizar los estudios de ingeniería básica, dentro de los que se encuadran los estudios geológicos es fundamental, de acuerdo a la literatura y a la experiencia, se sabe que para la etapa de estudios se requiere destinar entre el **3 y 7% del costo total** de la obra, porcentaje que varía en ese rango en función de varios aspectos como por ejemplo: **Complejidad geológica** del sitio, es decir que tan afectada esta la roca por la presencia de discontinuidades geológicas como fallas , fracturas, diques, o que tan alterada esta por factores meteóricos o hidrotermales, etc.

Otro de los aspectos que intervienen en el costo de los estudios es la situación **orográfica** de la zona que se estudiará, lo cual afecta directamente a los tiempos de realización de los trabajos tanto superficiales como a los trabajos de exploración directa, debido en gran medida a la dificultad para construir caminos o veredas a través de los cuales acceder a la zona de estudio.

Así mismo, el **clima** es importante, en climas tropicales en donde la vegetación y la lluvia son abundantes, se debe de luchar con la vegetación que oculta los afloramientos o con los grandes espesores de suelos residuales que enmascara los macizos rocosos.



ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Aunque no existe una relación uno a uno, se sabe que a menor cantidad de estudios se incrementa el porcentaje requerido de **interpretación** para definir el modelo geológico y que a mayor exploración, la información real desplaza al grado de interpretación para la concepción del citado modelo, aunque debe de admitirse que todos los modelos geológicos tienen una parte de idealizados, ya que se ha visto que aún después de terminada una obra, el modelo sigue estando incompleto.

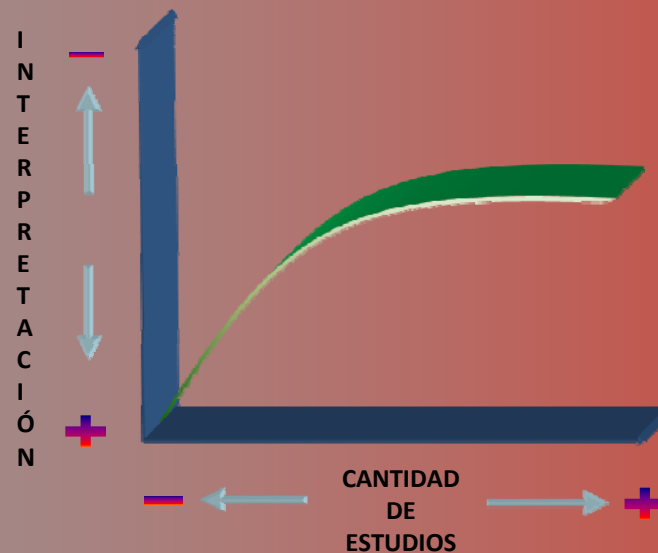
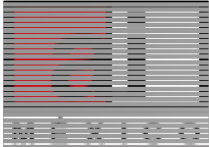


Figura 3.5 Relación entre cantidad de estudios realizados y grado de interpretación de un Módulo Geológico



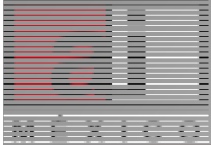
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Por otra parte, los **tiempos de maduración** de un estudio implican definir los alcances de cada etapa, es decir, se ha visto que un estudio exitoso, tiene que contar con el tiempo suficiente para llevarse a cabo, con lo que se evitan imprecisiones que algunas veces, pueden generar costos mayores a los mismos estudios.

Así mismo, poner los estudios en manos de **expertos** no significa que sólo los experimentados deben de participar, por supuesto que se debe dar cabida también a profesionistas recién egresados y por tanto con poca experiencia para que al lado de aquellos que ya llevan un tiempo ejerciendo la profesión, vayan aprendiendo y transformándose en los especialistas del futuro, con la convicción de que no hay mejor aprendizaje que aquel que se adquiere en la práctica.

La dirección de los estudios a cargo de especialistas **se explica y justifica**, debido a la complejidad que se tiene para a definición del modelo geológico, complejidad que obedece a que los macizos rocosos no son homogéneos, por el contrario están afectados, por discontinuidades y que las características que de este que se deben obtener durante la exploración, muchas veces no están a la vista, es decir no se les puede ver superficialmente y por tanto requieren de investigación e interpretación.



ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

II. DISCIPLINAS QUE INTERACTUAN CON LA GEOLOGÍA Y PROYECTOS RELEVANTES EN DONDE INTERVIENE.

Disciplinas que interactúan en un estudio geológico.

Dada la naturaleza de las soluciones a las que debe de contribuir un estudio geológico que como hemos visto constituye la base del Modelo Geológico, y por otra parte, derivado de la complejidad de poder representar la realidad a través del modelo señalado, hacen no solo necesario, si no indispensable, la participación de otras disciplinas de las ciencias de la tierra y de otras ramas de la misma geología.

De esta forma y para fines prácticos, podemos decir que durante la elaboración de un estudio geológico con aplicación a la ingeniería civil interactúan otras **disciplinas** como por ejemplo: La geofísica, la sismología, la topografía, la geohidrología y la paleontología principalmente. Por otra parte, intervienen también **ramas** de la misma geología, como son: La petrografía, la petrología, la mineralogía, la geoquímica, la fotogeología y desde hace algunos años, las imágenes de satélite ha cobrado cada vez mayor importancia.

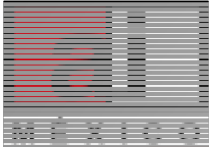
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Aunque algunos piensan que propiamente no son disciplinas, conviene mencionar que existen un par de **actividades** por llamarles de alguna manera, que siempre acompañan a los estudios geológicos de nivel factibilidad en adelante, son llamados métodos de **exploración directa**, como la perforación en sus diferentes modalidades y la excavación subterránea, que además de ayudar a mejorar el grado de conocimiento de la geometría de las estructuras geológicas, son importantes para conocer parámetros geotécnicos, mediante pruebas de campo y de laboratorio.



Figura 3.6. Carácter interdisciplinario de los Estudios Geológicos



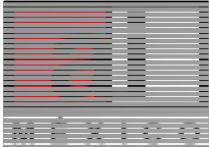
ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Proyectos relevantes en donde interviene la geología.

La Geología ha tenido una participación relevante en las principales obras que forman parte del desarrollo del país. La diversidad de sus aplicaciones le ha permitido contribuir en diferentes sectores de la ingeniería. Por ejemplo en:

La industria **petrolera** su participación se remonta a principios del siglo con la localización de grandes campos petroleros como la faja de oro, hasta los actuales en explotación.



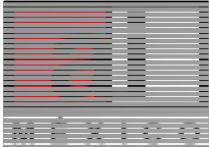


ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

En el **sector agua** se han localizado acuíferos subterráneos, que han favorecido la proyección de grandes obras de riego, y para los procesos industriales; la geología ha contribuido también a localizar los acuíferos necesarios para el consumo humano, como fue el caso del suministro de agua para la Ciudad de Monterrey



Por otra parte, con la geología se prospecta y proponen políticas de extracción de los acuíferos que suministran agua a los procesos de las centrales termoeléctricas. Del mismo modo, la geología ha participado en la localización de campos geotérmicos, como Cerro Prieto en Baja California, los Humeros en Puebla y los Azufres en Michoacán.

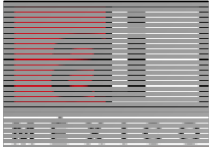


ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

No se puede dejar de mencionar la participación activa de la geología en la búsqueda y explotación de **yacimientos minerales** lo que favoreció el crecimiento económico de Ciudades como Pachuca, Guanajuato, Taxco, Zacatecas entre otras.

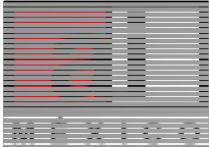




ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Los modelos geológicos son un insumo importante para los que diseñan y construyen nueva **infraestructura** en el país, desde puentes, autopistas, acueductos e instalaciones diversas, hasta obras de gran envergadura como la construcción de las presas, Chicoasén, Zimapán, Aguamilpa, El Cajón y la Yesca, ésta última en proceso de construcción.



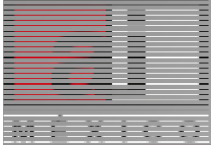


ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Incluso la geología ha participado en actividades como es el caso de la **atención de contingencias** provocadas por fenómenos naturales, el ejemplo más sobresaliente es el deslizamiento de 55 millones de M3 sobre el río Grijalva, en donde el conocimiento geológico hizo posible determinar las causas del deslizamiento, lo que resulto una importante contribución para la solución al problema.

Animación Deslizamiento Río Juan de Grijalva, Chis.
Sitio: 16km aguas arriba de C.H. Peñitas, Chis.





ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

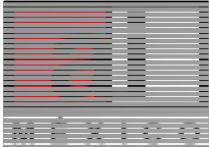
III. RETOS, NUEVOS CAMPOS DE ACCIÓN Y HERRAMIENTAS

Garantizar la sustentabilidad de la vida en el planeta exige la participación de todos países e instancias de mundo. Los gobiernos y las universidades son los principales motores de esta nueva y obligada forma de pensar.

Existen ciertas profesiones, que por su orientación natural, tienen un papel aún más relevante por sobre el resto de las actividades económicas en la atención de este fenómeno.

Unas de ellas son la que se refieren a las Ciencias de la Tierra, específica y particularmente a la **GEÓLOGÍA**.

Los geólogos, naturalistas obligados y conocedores de la constitución y evolución de La Tierra, tienen la ventaja de entender los fenómenos que tienen lugar sobre el mismo. Pero ahora tienen la obligación ética y moral de incorporarse a las soluciones que demandan los problemas inéditos de sustentabilidad por causas antropogénicas.



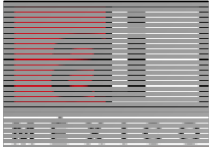
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

En términos generales La Geología como disciplina debe aceptar y afrontar dos grandes retos:

Los retos de trabajar en **nuevos campos de acción** y las **nuevas técnicas** de las que deberán echar mano.

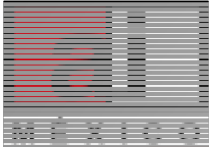
Los que se mencionan a continuación son sólo algunos ejemplos de uno y otro caso.



ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA



Dr. Moisés Dávila S.



ACADEMIA DE INGENIERÍA

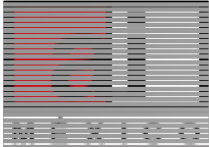
CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

NUEVOS CAMPOS DE ACCIÓN

SUELOS CONTAMINADOS.- Se refiere a la delimitación, modelado y tratamiento de los suelos que se contaminan por diferentes causas antropogénicas y que por necesidades regulatorias y de elemental orden ecológico deben ser **tratados y dispuestos temporal o definitivamente.**

RELLENOS SANITARIOS URBANOS.- La afortunada y ascendente preocupación por ordenar los sitios de disposición de desechos municipales requiere de estudios serios y complejos que aseguren geológicamente que los fluidos que se **lixiviarán de la degradación de la basura, no contaminen los acuíferos** del lugar. En esta actividad es vital el trabajo de la geología y la geofísica por diferentes métodos. Asimismo, en el monitoreo permanente durante la operación del Relleno Sanitario es importante la participación de las técnicas geofísicas.

PROSPECCIÓN DE MINERALES ENERGÉTICOS.- Particularmente la prospección de minerales radiactivos (U, Th, Ra, etc.) ha recuperado el interés de la comunidad mundial debido a que la alternativa de **nucleoelectricidad** es una de las componentes importantes en la cartera de opciones para prescindir tarde o temprano de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.



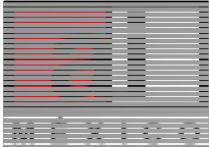
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

SHALE GAS.- Hasta ahora, la búsqueda de petróleo se orientaba a localizar yacimientos de alta permeabilidad (en calizas y areniscas). En la actualidad, la tecnología ha avanzado hacia la **obtención de hidrocarburos, gas por ahora, en sedimentos más finos y necesariamente de menor permeabilidad.** constituye otra opción importante para el empleo de la Geología y la geofísica.

DESLIZAMIENTOS.- El crecimiento demográfico ha llevado al hombre a habitar sitios desfavorables por sus condiciones de seguridad natural. Cada día vemos más desastres no porque la ocurrencia de los fenómenos que los ocasionan sea mayor, sino porque **cada vez nos asentamos en lugares menos propicios** para ello. La geología ambiental, entre otras cosas debe constituirse como una actividad que nos ayude a elegir correctamente los sitios correctos para cada actividad del hombre. Los deslizamientos de laderas son sólo un ejemplo de este caso., que en México y el mundo nos han causado amargas experiencias.

ALMACENES GEOLÓGICOS DE CO₂.- La quema de combustibles fósiles es necesaria por algunas décadas más. Sin embargo, no es posible permitir que los **gases de efecto invernadero producto de dicha combustión permanezcan en la atmósfera.** Actualmente el almacenamiento de CO₂ en medios geológicos se está constituyendo como la principal medida para este fin. Sin embargo, es un proceso industrial complejo y caro, pero que para la Geología conforma una oportunidad.



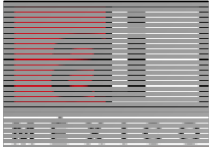
ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

NUEVAS HERRAMIENTAS

NUEVAS TÉCNICAS GEOFÍSICAS.- Los nuevos campos que la Geología debe abordar han cambiado. Estos son más exigentes y sofisticados. Por lo tanto requieren de técnicas de prospección más poderosas. Este es el caso de la geofísica. En la actualidad son necesarias metodologías innovadoras basadas en fenómenos hasta ahora poco estudiados, tal es el caso de métodos como **magnetotelúricas, radiactivas, calor, ruido sísmico, entre otras**. Su aplicación a nuevos proyectos es un reto importante.

PERCEPCIÓN REMOTA AVANZADA.- Los reconocimientos y levantamientos de campo nunca serán reemplazados por técnicas de gabinete. Sin embargo, la percepción remota ofrece cada día más y mejores alternativas para complementarlos. Estas tecnologías deben ser dominadas integralmente por los geólogos con la finalidad de poder apoyarse en métodos más precisos y certeros en sus diferentes fines cartográficos. Es el caso de **técnicas de radar como la interferometría** que ahora permite determinar pulsaciones del terreno (positivas y negativas) con precisiones de centímetros que en otros tiempos hubiera sido imposible imaginar.

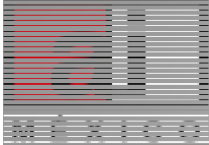


ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

MÉTODOS DE CAPTURA REMOTA.- De igual manera la cantidad de información para integrar a los análisis es necesariamente más cuantiosa y sofisticada. Por eso se hacen necesarios métodos de captura de información en campo que permitan registrar datos eficientemente, pero a distancia a los mapas que después serán la base para la toma de decisiones con diferentes fines. Las **PDA's (Pocket Data Acquisition)** son una opción que recientemente se ha estado adoptando cada vez con más éxito en este propósito.

ESCANER DE POZO.- La perforación de pozos con fines exploratorios es una de las principales formas de obtención de datos directos de campo. Sin embargo es una metodología cara. La posibilidad de realizar dicha barrenación sin la necesidad de obtener una muestra física de la roca ofrece una alternativa de abaratar la técnica. A través de escáner de pozo ahora **es posible reproducir virtualmente las características del terreno a profundidad**. El geólogo debe evolucionar ahora hacia integrar este tipo de conocimiento a sus haberes profesionales.

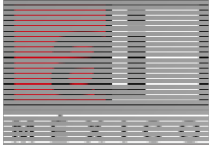


ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

BASES DE DATOS EN LÍNEA.- Un insumo cada vez más precisado en todo ámbito humano es la información. Sin embargo, la información se produce a un ritmo vertiginoso que es difícil asegurar que se posee la más actual y la de mejor calidad. Contar de la información más adecuada para cada proyecto es una virtud que todo profesionalista debe tener en sus activos. Un geólogo moderno deberá **consultar sistemáticamente bases de datos de artículos** en el Estado de Arte de sus técnicas relacionadas. Los libros contienen siempre los fundamentos de la tecnología, pero no evolucionan a la misma velocidad que la investigación vertida en artículos.

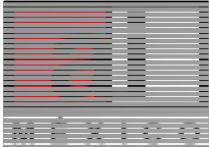
INTERCAMBIOS.- Otra habilidad que el nuevo geólogo debe desarrollar es a no trabajar solo. **No entablar alianzas con otras instituciones del propio país o extranjeras, es un error** que conduce al aislamiento y limita la calidad del trabajo.



ACADEMIA DE INGENIERÍA

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

- **APOYO A LOS FUTUROS PROFESIONISTAS.**
- Revisión permanente de los **programas** de estudio. Requiere la participación de las empresas e instituciones empleadoras.
- Estancias profesionales. Continuar con la práctica de que los estudiantes realicen **estancias** profesionales en proyectos que se encuentran en ejecución, para ello se requiere el apoyo de empresas e instituciones
- Apoyo a los profesionistas de **bajos recursos**. Un gran porcentaje de nuestros estudiantes abandonan las carreras por falta de recursos económicos.



ACADEMIA DE INGENIERÍA CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

¡ GRACIAS !