

identificando ya no únicamente con la industria extractiva propiamente dicha, sino además con toda la industria nacional comprometida con el desarrollo del País en los campos del transporte (para el proyecto y construcción de túneles ferrocarrileros y viales), energético (para el proyecto y construcción de túneles, pozos y obras subterráneas en general en los complejos hidroeléctricos), y de infraestructura en general.

En este contexto el Departamento de Ingeniería de Minas se siente comprometido a seguir trabajando hacia el objetivo trazado de un paralelo e integrado desarrollo académico de las áreas básicas de la carrera, dentro de las cuales hoy en día ya se ha ganado un lugar de importancia la "geotecnia Minera" a lado de las tradicionales ramas de "Explotación Minera" y "Beneficio de Minerales".

Caracas, 17 de mayo de 1988

NOTAS SOBRE EL PASADO, PRESENTE Y FUTURO, DE LA ESCUELA DE GEOLOGIA DE LA U.C.V EN GEOTECNIA.

Prof. Daniel Salcedo Rodríguez

INTRODUCCION

Las ramas de la ingeniería que están más profundamente relacionadas con factores geológicos son la ingeniería de petróleo, la ingeniería de minas y la ingeniería civil.

La necesidad y el valor del profesional de la geología en minería y en petróleo, ha sido reconocida desde tiempos inmemoriales. Solamente en años más recientes, comparativamente, se ha venido reconociendo al profesional de la geología como elemento esencial en la organización ingenieril. En este sentido en Venezuela, la demanda por profesionales de la geología en el campo de la geotecnia, ha venido creciendo en forma modesta, desde hace más de veinte años cuando apenas se solicitaban consejos o consultas ocasionales, hasta hoy en día cuando son requeridos a tiempo completo en organizaciones ingenieriles.

Debido a la naturaleza inexacta de la geología, esta ciencia se ha quedado corta en producir los resultados cuantitativos deseados, aun en los casos que es aplicada por geólogos con experiencia en los requerimientos ingenieriles. Sin embargo, es cierto que se ha logrado un mejoramiento cada vez mayor en seguridad y economía en el diseño y construcción de obras civiles.

La ingeniería geológica no es una rama de las ciencias geológicas. Es la aplicación de todas las ramas de la geología tales como geomorfología, petrología, petrografía, geología estructural, estratigrafía, etc., a problemas prácticos de ingeniería.

Hace casi treinta años, el Dr. Karl Terzagui, considerado el padre de la Mecánica de Suelos, dijo:

"En vista de la variedad e importancia de la influencia de factores geológicos en el comportamiento de suelos en el campo y en los métodos para predecir su comportamiento, la frontera entre Mecánica de Suelos e Ingeniería Geológica, aparenta ser

muy superficial. El tiempo vendrá cuando se considere apropiado combinar Mecánica de Suelos e Ingeniería Geológica en una sola unidad con un nombre como Geotecnología." Terzagui (1948). (1).

Hoy día tenemos el nombre de "Geotecnia". El término Geotecnia implica el concurso de numerosas ciencias y disciplinas para el estudio y solución de problemas ingenieriles. Esta comprende entre otras, la geología con todas sus ramas, la geofísica, la hidrogeología, la mecánica de suelos y rocas y la ingeniería de fundaciones.

Para resaltar la importancia de la Geología en Ingeniería, vale la pena transcribir la opinión del Dr. Ralph B. Peck, ingeniero civil, acerca del Prof. Terzaghi:

"El nunca dió una clase de Mecánica de Suelos. Sus clases eran siempre de geología, geomorfología, y como se relacionaban a un problema, el cual incidentalmente, tenía algo de aplicación de las ciencias ingenieriles de mecánica de suelos. El fué un geólogo de corazón aunque al mismo tiempo era ingeniero de ingenieros. El siempre clasificó la mecánica de suelos como una rama de la ingeniería geológica, la cual a su vez era una rama de la geología." (1).

EL PASADO

-Las primeras aplicaciones de la geología fueron hacia la minería y al petróleo. Asimismo, en la segunda guerra mundial se desarrolló la que se denominó "Geología Militar".

-Para la época existía un antagonismo marcado entre geólogos e ingenieros. El geólogo contribuyó, por una parte, a esta problemática, por no saber suministrar su información de manera de que le fuera útil al ingeniero. Por otro lado, el ingeniero también contribuyó al problema, al pretender fundamentar la esencia de su estudio, exclusivamente en fórmulas matemáticas.

Estos dos comportamientos eran fiel reflejo de la educación recibida a nivel universitario, lo cual ha sido perfectamente descrito por Klaus John (1974):

"Los geólogos prefieren atacar un problema intuitivamente, indirectamente y en términos cualitativos generales. Hacen énfasis en complejidades y las simplificaciones son aceptadas con indecisión. Los ingenieros son entrenados para ser cualitativos, para depender en la teoría y fundamentarse en datos numéricos y en abstracciones de condiciones naturales, frecuentemente llevadas al exceso, con una tendencia a simplificar a fin de poder analizar el problema numéricamente. (2).

-La educación en la Escuela de Geología, estaba fundamentalmente orientada a la formación de geólogos de campo y geólogos petroleros.

-A partir del año 1950, se incluye en el pensum de Geología una materia denominada "Geología Aplicada", que comenzó a dictar el Prof. Jesús Yáñez y la continuó el Prof. Oswaldo De Sola.

-El nombre de esta materia fue posteriormente cambiado por Geotecnia, dictada inicialmente por el Prof. Luis Aguilera, y luego por el Prof. Rodolfo Sancio y el suscrito.

-Modificaciones efectuadas en el año 1965, en el pensum de estudios de la Escuela de Geología, permitía a los estudiantes seleccionar su área de especialización y obtener el título de Geólogo o Ingeniero Geólogo. La obtención de este último título, ameritaba que el estudiante aprobara ciertas materias del pensum de ingeniería civil, tales como resistencia de materiales, mecánica de fluidos, mecánica de suelos, y además las materias Geotecnia I y II del pensum de Geología, las cuales comprenden temas relacionados con mecánica de suelos, mecánica de rocas e ingeniería de fundaciones. Posteriormente en el año 1969, se decide otorgar el título de Ingeniero Geólogo a todos los graduandos, independientemente de las materias electivas cursadas.

-En lo que respecta al uso de geólogos en obras civiles, existía muy poca o escasa participación de profesionales egresados de nuestra Escuela, pudiéndose citar entre otros, los nombres de Jesús Yáñez, Clemente Gonzalez de Juana, Oswaldo De Sola, Carlos Flores Calcaño, José F. Fortique, Antonio Anderson, Ernesto Alcaíno, J.M. Rengel Freitas.

-Las consultas realizadas a los geólogos, prácticamente consistían en lo que se pudiera denominar un tratamiento curativo o "Geología a Post-mortem" (3). La consulta era realizada después de la ocurrencia del problema con todas sus consecuencias, y solamente en aquellos casos donde no se conseguía una explicación clara desde el punto de vista ingenieril.

-En resumen, el pasado fué testigo de una falta o escasa comunicación entre geólogos e ingenieros, y muy poca participación de geólogos en el diseño y construcción de obras civiles.

EL PRESENTE

-Se dictan en la Escuela dos materias denominadas Geotecnia I y II, donde se pretende proporcionar a los Ingenieros geólogos, los conocimientos mínimos de ingeniería que se consideran fundamentales para trabajar en el campo de la Geotecnia. Numerosos ejemplos pueden citarse para corroborar la importancia de que el geólogo tenga conocimientos de ingeniería civil. Un geólogo, por ejemplo, no puede saber si un material es apto para concreto, si no sabe que es concreto, cuales son sus ingredientes y los requisitos que debe tener el agregado. Un geólogo que tiene que recopilar la información de orientación y otras características de discontinuidades con fines de estabilidad de taludes, debe conocer estos métodos, sus hipótesis, simplificaciones, ventajas y limitaciones.

-Se ha roto la barrera de falta de comunicación entre geólogos e ingenieros. El geólogo ocupa definitivamente un lugar importante en la organización ingenieril y es reconocido como parte esencial de la misma. Esto se ha logrado gracias al esfuerzo y a la práctica profesional eficiente de los geólogos que se desempeñan en este campo.

-Hoy día se practica predominantemente la "Geología Preventiva" y no la Geología Post-mortem. Todos los organismos públicos y privados requieren el estudio geológico previo a la construcción de obras civiles. Extraordinarios aportes se realizan en la selección de sitios para presas, en la selección de rutas, y en la elaboración de Mapas de Sectorización de Riesgos Geológicos para urbanismos.

-El geólogo del presente que trabaja en Geotecnia, se juega su prestigio profesional en muy corto tiempo porque sus predicciones e interpretaciones son observadas, revisadas y calibradas, al construirse a corto plazo las obras en las cuales interviene.

-El geólogo del presente está envuelto en las más grandes decisiones de alta responsabilidad, relacionadas con el diseño, construcción y comportamiento de obras civiles.

EL FUTURO

De acuerdo a las estadísticas expuestas en foros previos, de un total de 640 geólogos graduados en 50 años, un 83% ocupa posiciones en la industria petrolera. Esto significa que el restante 17% (108) se distribuye en otros campos tales como geología exploratoria, minería, docencia y geotecnia. Una cifra estimada de geólogos trabajando actualmente en Geotecnia, no superaría los 30, lo cual apenas representaría un 5% del total de graduados. Las empresas privadas pequeñas y los grandes consorcios y empresas consultoras, están cada día más convencidos de la necesidad de tener ingenieros geólogos a tiempo completo en su organización. Esta escasez de geólogos especializados en geotecnia, ha inducido a geólogos de otras especialidades a participar en consultas relacionadas con obras civiles, lo cual ha originado en casos, graves problemas tanto de carácter técnico como desde el punto de vista ético y legal.

Esto evidencia la necesidad de formar un mayor número de profesionales de la geología en el campo de la geotecnia. Si bien es cierto que es difícil estimar la demanda real, es evidente que además de las empresas consultoras privadas, un número significativo de organismos requiere este tipo de profesionales. Entre estos organismos se pueden citar el MINDUR, MARN, INAYI, MTC, etc. Es sorprendente, por ejemplo, que organismos que conceden permisos de construcción tales como las Oficinas de Ingeniería Municipal, no dispongan de ingenieros geólogos; asimismo, otros organismos tan importantes como el MTC con presupuestos de miles de millones para el estudio, construcción y mantenimiento de obras de transporte, disponga escasamente de uno o dos ingenieros geólogos en la Dirección General Sectorial de Vialidad Terrestre.

Otro de los aspectos más importantes de proyección futura, es el desarrollo de una gran cantidad de temas de investigación relacionados con geología aplicada a la ingeniería, que solamente un ingeniero geólogo tendría los conocimientos adecuados para llevarlo a cabo. Entre estos temas se pueden citar:

-Influencia de la meteorización en la resistencia al corte de las rocas.

-Clasificación de nuestras Formaciones Geológicas y unidades litológicas, con fines geotécnicos

-En general, cualquier tema que contribuya al conocimiento de la relación entre las propiedades físicas y la historia geológica de suelos y rocas.

Hablando del futuro, considero propicia la oportunidad para insistir una vez más en la imperiosa necesidad de modificar el pensum de Ingeniería civil de manera tal que la asignatura **"Geología Aplicada a Obras Civiles"** dictada a nivel de 6to. Semestre por profesores de nuestra Escuela, sea definitivamente incluida en los últimos semestres, cuando realmente los estudiantes puedan apreciar su importancia. Los profesores de esta asignatura hemos expuesto en el pasado y en el presente los argumentos que justifican esta solicitud, sin embargo, a pesar de los esfuerzos, comunicaciones, foros, reuniones, comisiones, etc., no ha sido posible lograrlo. La responsabilidad de seguir ignorando este problema, es desde el punto de vista del proceso enseñanza-aprendizaje, sumamente grave. Pienso que uno de los mejores obsequios que nuestra Escuela pueda recibir en su 50 Aniversario, es la modificación del pensum de ingeniería civil a fin de que esta esencial asignatura sea dictada a nivel de los últimos semestres.

En cuanto a los requerimientos y cualidades del Ingeniero geólogo del futuro, solo hay que volver al pasado y recordar los mismo criterios que se expresaban en 1950, los cuales han demostrado ser las cualidades esenciales del profesional de la geología que trabaja en geotecnia. (4).

1. Debe ser un geólogo competente. Es decir, requiere conocimientos sólidos de Geología.

2. Debe saber traducir sus descubrimientos y deducciones en términos de ingeniería práctica. Esto no se obtiene con conocimientos de geología sino con un mayor conocimiento de la ingeniería.

3. Debe tener la habilidad de formarse un juicio preciso y tomar decisiones importantes. El juicio se define como una opinión o proceso mental por el cual uno se da cuenta de diferencias y similitudes que uno percibe; puede ser bueno o malo, dependiendo de la comparación adecuada entre hechos e inferencias. Corrientemente los hechos, inferencias e hipótesis se confunden. Uno de los problemas más difíciles es **separar lo conocido de lo desconocido** y buscar las formas de reducir la lista de incógnitas.

4. No debe ser alarmista. Muchas obras han sido construidas en calizas cavernosas, muchas obras sobre fallas geológicas, muchas estructuras sobre zonas de subsidencia. En otras palabras, muchas soluciones ingenieriles han sido ideadas y puestas en práctica, fundamentadas en el conocimiento adecuado de la problemática geológica existente en un área determinada.

Es importante destacar que el geólogo y el ingeniero no deben invadir campos que no dominan. Deben mantenerse dentro de su campo de acción, sin pensar que el uno debe reemplazar al otro. (5).

Personalmente no visualizo a un geólogo realizando, por ejemplo, un estudio de suelos para un edificio donde se requieran conocimientos de interacción suelo-estructura, así como no visualizo a un ingeniero civil obteniendo la información geológica de campo para un análisis de estabilidad de taludes en una masa rocosa. A mi juicio, ambos profesionales requerirían de estudios de post-grado que complementen su educación para así poder ejercer como ingenieros geotécnicos integrales. Estos estudios de post-grado son ofrecidos por numerosas universidades extranjeras, y en Venezuela por la Universidad Simón Bolívar, dirigidos a la obtención de la Maestría en Ciencias, en la especialidad.

Para finalizar deseo citar unas palabras del Dr. Ralph B. Peck (1973):

"Nosotros nunca podremos, en forma exitosa, divorciar nuestro pensamiento de la extraordinaria influencia de la geología en nuestras obras. Debido a que la naturaleza es infinitamente variable, los aspectos geológicos de nuestra profesión nos aseguran que nunca habrá dos trabajos exactamente iguales. Por lo tanto nunca debemos sentir temor que nuestra profesión se convertirá en rutinaria y fastidiosa." (2).

En otras palabras, nuestro futuro profesional en el campo de la geotecnia siempre será dinámico y extraordinariamente motivante.

REFERENCIAS

1. LEGGET, ROBERT (1979)
"Geology and Geotechnical Engineering." The Thirteenth Terzagui Lecture. Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. 105. Nº GT 3, March. pp. 339-391.
2. KLAUS, JOHN (1974)
"Geologists and Civil Engineers in the Design of Rock Foundations of Dams." Proc. 2nd. Int. Congress International Association of Engineering Geology, Sao Paulo, Brazil. 2. Th. VI-PC-3.1-3.9.
3. SALCEDO, DANIEL (1982)
"Problemática geotécnica de desarrollos urbanos en las colinas del área metropolitana de Caracas." Boletín SVMSIF, Nº 49. pp. 47-56.
4. BURWELL, E. AND ROBERTS, G. (1950)
Application of Geology to Engineering Practice. Berkeley Volume. The Geological Society of America. pp. 1-9.
5. OLIVARES S., CARPOFARO (1968)
"Relaciones entre el geólogo y el ingeniero durante los estudios, proyectos y construcciones de obras de ingeniería." 1er. Ciclo de Charlas de Geología Aplicada a la Ingeniería. SVG y SVMSIF. CIV.