



## XVIII Congreso Peruano de Geología

# LA DISCIPLINA GEOLÓGICA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES: ALGUNAS PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS ACTUALES

Luis Martin Tejada Cervantes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Doctor en Geotecnia, Profesor Titular de Geología General y Mecánica de Suelos, Universidad Católica San Pablo, Campus San Lázaro, Quinta Vivanco S/N, Campiña Paisajista, Arequipa, Perú ([Itejada@ucsp.edu.pe](mailto:Itejada@ucsp.edu.pe) [luistejadace@gmail.com](mailto:luistejadace@gmail.com))

### 1. Introducción y Objetivos

La enseñanza del curso de geología a nivel de pre-grado a través de la visión general y/o aplicada sirve como o pre-requisito para cursos de especialidad tales como la Geotecnia y Sismo-Resistencia.

Este artículo pretende mostrar la metodología del autor en la enseñanza del mencionado curso y su efecto en el razonamiento aplicado a entender fenómenos geológicos críticos en la comprensión de ciertos conceptos de la Mecánica de Suelos como por ejemplo la succión, textura y estructura de suelos, consolidación, tixotropía en arcillas, solo por mencionar algunos ejemplos del comportamiento de materiales de origen geológico que sirven como parte de una estructura o material de construcción, etc.

Además se pretende levemente transmitir el cruce de información entre dos planes de estudios de diferentes universidades.

La metodología de aprendizaje por competencias de los alumnos logra la ampliación a la realidad de abstracciones típicas de las ciencias exactas necesarias en la formación del ingeniero, el valor deductivo en las tendencias durante el dictado de clase para así conseguir que el estudiante concatene cada parte del syllabus y no lo entienda independientemente, para que luego a través de la explicación detallada de ciertos conceptos geológicos en ingeniería el futuro ingeniero, ahora en

formación, sienta la curiosidad de buscar mayor profundidad en los contenidos y de por sí encuentre ciertas interrogantes, formule hipótesis, aplique métodos, resuelva incógnitas y solucione positivamente o no problemas (en ambos casos constituyendo un aporte), originando la creación valor fundamental de uno de los objetivos básicos de la Universidad, que es la Investigación, en este caso denominada Ingeniería del Terreno en sus varias especialidades.

El curso de Geología, es un curso obligatorio en casi todos planes de estudio de Ingeniería Civil en Universidades públicas y privadas y en algunos casos la consideran como parte de la línea de investigación de Geotecnia con carga horaria muy variable (Mecánica de Suelos 1 y 2, Mecánica de Rocas 1 y 2, Ingeniería de Cimentaciones y Tópicos Aplicativos) con cargas horarias semanales entre 3 a 5 horas teóricas y no más de 8 horas prácticas al semestre para el respectivo reconocimiento en campo.

Por esta variabilidad, los objetivos de este artículo son:

- (i) exponer los métodos de aprendizaje aplicados;
- (ii) mostrar las aplicaciones de la enseñanza de geología y su asociación en la Mecánica de Suelos de acuerdo a contenidos y la respuesta académica de los alumnos; y
- (iii) describir brevemente las observaciones obtenidas y discutir la efectividad de los métodos.

## 2. Métodos de Aprendizaje: Prácticas Pedagógicas Actuales

### 2.1. Por Competencias

Según Santos (2011), la educación profesional se torna cada vez más importante en la que medida que se apoya el desarrollo de la coyuntura socio económica, una vez que la educación ayuda a promover la asociación entre el trabajo y la vida. Además, en el actual panorama actualizado de la economía global, las competencias a desarrollar por el estudiante son creadas y extinguidas por el mercado del trabajo en función de las innovaciones tecnológicas y de los cambios en los procesos de producción. En tanto, estas fueron demandadas por las empresas como parte de las nuevas estrategias de modernización de la gerencia educativa.

Analizando los aspectos arriba mencionados, por el punto de vista de competencia está enmarcada en tres aspectos:

- (i) la relación entre capital y trabajo;
- (ii) la visión empresarial; y
- (iii) en propuestas pedagógicas.

Por último, el término competencia, se refiere a la aplicación práctica de los esquemas mentales globales y específicos seleccionados de acuerdo con la contextualización exigidas por la actividad a ser realizada.

Por último, el nivel universitario que procederá a la educación profesional debe incluir en su currícula un cuadro o relación de competencias generales y específicas para formar el perfil del futuro Ingeniero que ingresará al mercado laboral. Según Santos (2011), las competencias generales serían aquellas comunes en una misma área profesional y las específicas se deben relacionar con la preparación para el ejercicio de actividades profesionales propias de un segmento, de ahí en adelante se debe preparar currículos propios para cada segmento a partir de ejes tecnológicos, movilizandolos los conocimientos por operaciones mentales de carácter cognitivo, afectivo y psicomotor, experiencias generando habilidades para finalmente saber y hacer.

### 2.2. Expositivo y Deductivo

La UCSP (2016) define que en función al método pedagógico una definición expositiva y análisis deductivo del alumno a partir de la secuencialidad de los contenidos mostrados en el salón de clases para su aprendizaje. Esta metodología se basa en diferentes retos pedagógicos:

- Conceptualización del sílabo, donde define el eje estratégico para el aprendizaje, analiza las enseñanzas de acuerdo al perfil del alumno, así preparando estructuras conceptuales e integrando las diferentes fuentes de aprendizaje.
- Acciones estratégicas para las actividades de procesos pedagógicos y cognitivos con el debido recuento, evaluación y sistematización de los conceptos aprendidos.
- Utilizando principios pedagógicos socráticos, haciendo preguntas en sus diferentes acepciones, para fomentar la discusión, diálogo y debates que estimulen a los estudiantes.

Uso de herramientas básicas de apoyo didáctico en el aula:

- (i) estructuración;
- (ii) legibilidad;
- (iii) posición;
- (iv) iluminación;
- (v) contenido, diseño, presentación y evaluación de los conceptos mostrados.

### 2.3. Investigativo

Por las capacidades adquiridas al inicio de la formación del estudiante de Ingeniería Civil basadas en ciencias exactas no aplicadas a la razonabilidad típica de la variabilidad geológica o de fenómenos naturales que existe una dificultad al tratar de investigar más a fondo cursos referidos a las Ciencias de Tierra entre el segundo y tercer año de formación, donde un curso de Geología sirve como pre-requisito para cursar Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Cimentaciones.

Esto se debe principalmente a que el docente, que lógicamente proviene de una formación geológica o geotécnica, asume capacidades del alumno de ingeniería civil que a veces son inexistentes como si se tratará de un alumno de ingeniería de minas o de petróleo, por ejemplo, quien ya tuvo contacto con cursos previos donde desarrolló operaciones de imaginación y creatividad para la comprensión plena de conceptos de los fenómenos naturales donde las ciencias exactas no son el fin sino una herramienta que sumada a las simplificaciones temáticas llega a solucionar problemas. Si este caso se da, el aprendizaje del alumno de ingeniería civil gracias a la investigación se cierra limitando el aprovechamiento y concatenación con otros cursos y solo se recurre al memorismo temporal típico de la falta de secuencialidad y así no ayudaría a asociar y comprender fenómenos geológicos en las materias de geotecnia anteriormente mencionadas.

Lo mencionado por Toledo (2016) ayudaría a superar lo anteriormente mencionado y originaría la curiosidad a la investigación y descubrir temas geológicos asociados a la Ingeniería Civil útiles para el aprendizaje. Estas operaciones mentales asumen que en el mundo actual, el desarrollo de las tecnologías y procesamiento de la información han generado las condiciones para la formación de un tipo de estudiante, muy interesado en desarrollar habilidades en el manejo de éstas tecnologías, muy útiles y necesarias por supuesto. Pero si estas tecnologías, no están a disposición de la mente de un geólogo capaz de elaborar modelos explicativos o hipótesis plausibles en geología, muchos jóvenes geólogos terminarán siendo profesionales al servicio de una tecnología y no la tecnología al servicio de la investigación, es decir, al servicio de una mente imaginativa, racional y creativa de un profesional de la geología, llamando cognitivos a estos profesionales.

Por otro lado, lo anterior podría extender a que el estudiante de Ingeniería Civil comprenda y sea reflexivo con las Ciencias de la Tierra como antecedente a muchos problemas en la ingeniería llamando la atención y así promover la reflexión crítica en los diferentes contextos en los que toca desempeñarse profesionalmente y enseñar a pensar en forma científica.

Así se propone, la modificación del cuadro metodológico propuesto por Rivas (2008) y Toledo (2016) para alcanzar lo anteriormente mencionado. Entonces aprender es “modificar (expandir, ajustar o desechar) los esquemas mentales mediante los cuales elegimos algún sector de la realidad.” Es decir debemos enseñar la lógica del pensamiento científico geológico con el propósito de amplificar las estructuras cognitivas de los estudiantes universitarios mediante un aprendizaje conceptual y categorial pertinente, (utilizando didáctica universitaria que promueva las operaciones conceptuales básicas y la competencia teórica práctica en el dominio del conocimiento geológico y la investigación). Enseñar y utilizar el método científico para producir nuevo conocimiento científico que sea la base para promover la comprensión de los procesos geológicos utilizando en geología la imaginación lógica creativa para reconstruir procesos y elaborar modelos explicativos plausibles.

De esa forma, para el presente artículo, este método de aprendizaje se muestra a los estudiantes de ingeniería civil (objetos de este estudio) que para que se alcance la comprensión dentro de la variabilidad de las ciencias de tierra, además de lo mencionado en el presente ítem, la investigación estaría asociada a la pluralidad de conceptos, filosofía y epistemología para el método de análisis pero fundamentalmente al desarrollo de la investigación asociada a la ética en la investigación científica en el campo académico, tal como se refleja en los trabajos de Di Capua (2015) y Piscoya (2015),

abriendo finalmente el aprendizaje de la geología general y aplicada en la geotecnia, logrando la secuencialidad de conceptos para diferentes materias, para lograr puentes de comprensión entre los geológico y los aplicable en la ingeniería geotécnica (Isique, 2016).

### 3. Aplicación, Observaciones y Consideración Final

El método aplicable a estudiantes de ingeniería civil parte del silabo de los cursos de geología y mecánica de suelos, por ejemplo para citar la secuencialidad referida en el ítem 2.2. De esa forma se logra vincular fenómenos geológicos como:

- el origen y formación de depósitos cuaternarios con las relación de fases (índices físicos) y hasta la determinación del método granulométrico (tamizado o sedimentación) a partir del reconocimiento macroscópico de suelos;
- la textura, estructura y composición mineralógica y su relación en la prueba de compactación y densidad relativa
- la relación de la hidrogeología y el flujo en medios porosos;
- la tixotropía, diagénesis y denudación con el fenómeno de la consolidación y la resistencia al corte de las arcillas;

Para el caso de Geología el silabo se basa en objetivos específicos de conocimiento son:

- (i) dinamismo de la tierra;
- (ii) conceptos fundamentales;
- (iii) geodinámica, mineralogía y ciclo petrológico;
- (iv) tipos de rocas y depósitos cuaternarios; y
- (v) macizo rocoso, clasificación de suelos e hidrogeología.

Para el caso de Mecánica de Suelos 1, los objetivos específicos de conocimiento son:

- (i) índices físicos, relaciones de fase y clasificación de suelos;
- (ii) estructura y textura de suelos y ensayo de compactación;
- (iii) conductividad hidráulica de suelos;
- (iv) fenómeno de la consolidación; y
- (v) la resistencia al esfuerzo cortante.

En los mismos documentos como parte de la verificación del aprendizaje para ambos cursos se les evalúa con preguntas provenientes del razonamiento lógico basado en conceptos y observaciones de campo / laboratorio, así consiguiendo reconstruir procesos y elaborar modelos explicativos deductivos gracias a sus propias competencias (ítem 2.1) operando mentalmente

con lógicas creativas e imaginación para así formar sus propias conclusiones e interrogantes, siendo esto el punto inicial de la investigación y la pluralidad de pensamiento crítico científico proveniente de las ciencias geológicas que originan pensamientos éticos plasmados en conclusiones de trabajos de investigación (ítem 2.3).

Las observaciones que se pudo registrar son:

- a) Identificación del concepto de geología aplicada a la ingeniería es comprendido a través de las explicación del dinamismo de la tierra y su relación con los materiales de origen geológico;
- b) Correlación propia en la comprensión de los fenómenos geodinámicos y diferenciación de tipos de rocas (expuesto en clase) en visitas técnicas de campo donde se relaciona la petrología y la geología estructural, su relación con el medio físico y el urbanístico;
- c) Inmediatez, ya que los alumnos concatenan los depósitos cuaternarios y el fenómeno de intemperismo asociado (expuesto en clase) con observaciones de índices físicos en laboratorio y su relación con la clasificación de suelos y a su vez con la geología extractiva industrial;
- d) Relaciones asimiladas, basadas en el aspecto cognitivo, acerca de las rocas ornamentales y la petrología, así como el balance hídrico de las ciudades y los flujos de agua subterránea.
- e) Los trabajos de investigación son verificados en evaluaciones teóricas donde se observa que las respuestas son más elaboradas que los contenidos dados con el método explicativo y deductivo, y a su vez los contenidos del método deductivo permanecen íntegros en el entendimiento con mejores puntajes que los contenidos verificados adquiridos a través del método expositivo;
- f) Al formularse preguntas o interrogantes a partir de las revisiones de las evaluaciones escritas, el alumno detecta que existen varias preguntas correctas que son producto del criterio propio para dar respuesta a la variabilidad de la ciencias geológicas en asociación a las obras civiles, por ejemplo, así valorando la investigación del tema con respuestas originales y a su vez pensamiento ético académico creativo.
- g) La discusión grupal desarrollada en equipo cuando se encuentran en campo o laboratorio y la realización de ciertas mediciones u observaciones (reflejadas por reportes individuales), basadas en la comprensión de los puntos anteriores, hacen que las competencias adquiridas para el aprendizaje sean dadas por operaciones mentales propias de carácter cognitivo, afectivo y psicomotor;

considerándose así como experiencias que generan habilidades para finalmente saber y hacer.

- h) La reflexión final del alumno, al finalizar exitosamente los cursos mencionados, es semejante al método de Deming (planear, hacer, verificar-evaluar, implementar-correr) de mejora continua ya que causa curiosidad y plantea nuevos retos a vencer para materias dentro de la especialidad de ingeniería geotécnica (paso siguiente en la secuencia: Mecánica de Rocas y Cimentaciones); siendo así el punto de inicio para esto, la enseñanza del curso de Geología.

## Referencias

- Di Capua, G. 2015. Geothics Applied to Engineering Geology. Primer Coloquio Sobre Geoética en el Perú. Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, 21p.
- Istique, P.Ch. 2016. Aspectos Geológicos y Geotécnicos de los Deslizamientos. Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, 54p.
- Piscoya, J.C. 2015. La Importancia de Democratizar las Geociencias en el Perú. Primer Coloquio Sobre Geoética en el Perú. Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, 26p.
- Rivas, M.N. 2008. Procesos Cognitivos y Aprendizaje Significativo, Inspección de Educación Madrid, España, 328p.
- Santos, G.R.B. 2011. Geoscience Discipline In Training Technicians For Environmental Protection: Exploration Of Teaching Practices. MSc Thesis in Teaching and History of Earth Sciences. Geoscience Institute, Campinas University, Sao Paulo, Brazil, 133p.
- Toledo, C. 2016. Operaciones Intelectuales Cognitivas y la Pertinencia del Desarrollo de la Imaginación Lógica Creativa en la Enseñanza de la Geología. Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, 23p.
- UCSP. 2016. Cartilla Pedagógica. Escuela Profesional de Educación. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú, 12p.