

# CONSIDERACIONES SOBRE LA EDUCACIÓN EN INGENIERIA GEOTECNICA

**Ing. Jorge A. BONIFAZI**

Profesor Titular, Universidad Católica Argentina

## **Sumario:**

La ingeniería en general, y la geotecnia quizás más, es una disciplina no bien difundida en cuanto a su rol frente a la sociedad a la que sirve.

Esta situación es bastante curiosa siendo como es, una especialidad vinculada a la seguridad y al ambiente.

En este trabajo se desarrollan y reseñan algunas ideas que tienen que ver con los objetivos y métodos de enseñanza y su futuro.

Se trata de generar un debate sobre los conceptos de “enseñanza-aprendizaje” o, “enseñanza-entrenamiento”, siempre desde la óptica de la situación de nuestra Nación.

## **SENSACIONES**

Cada año, comienzo mis clases, diciéndoles a los alumnos *“Los felicito por la hermosa carrera que están próximos a concluir, la Ingeniería Civil es la carrera del futuro, en nuestro país todo está por hacerse: caminos, puentes, viviendas, ferrocarriles, etc. La ingeniería les da la oportunidad de ver crecer todo aquello que proyecten, pues nuestra tarea es hacer cosas tangibles”*.

*“Es muy probable que el descenso en la matrícula, provoque que cuando el país se ponga en marcha, los Ingenieros Civiles pasen a ser un bien escaso y la cantidad de trabajo los abruma.”* Se imaginan la cara de asombro de los alumnos de 4° año, frente al profesor de Mecánica de Suelos y Fundaciones.

Mientras digo esto, de lo que estoy firmemente convencido, quizás porque me gusta mi profesión, pienso en mis comienzos y en lo confundido que me encontraba cuando empecé a trabajar, pues la realidad me superaba constantemente y me obligaba a revisar los apuntes, libros y todo cuanto estaba a mi alcance.

Ni hablar de la experiencia de laboratorio, en donde uno es ingeniero, laboratorista, mecánico, tornero y malabarista.

También pienso en cómo transmitirles la experiencia práctica de una disciplina tan especial como la geotecnia, y en ese momento siempre siento que algo está mal, pues el año no me va a alcanzar, y claro, 25 años de trabajo no se transmiten en 26 clases, y entonces pienso en mi carrera, donde tuve la fortuna de desempeñarme en todos los ámbitos de participación:

- Ensayos de laboratorio: en gabinete y en obra.
- Campañas de investigación.
- Proyecto.
- Inspección de obras.
- Revisión de proyectos.
- Trabajos de investigación y docencia.

Y me digo que es lógico, que a mí me pasó lo mismo, la Universidad me dio las herramientas básicas, y el trabajo me permitió usar esas herramientas y llevar adelante los desafíos que tuve que vencer, o sea resolver casos concretos, muchos llenos de incertidumbre, o de otra forma: **partiendo de premisas insuficientes alcanzar conclusiones suficientes.**

Pero de todas formas sigo sintiendo que algo está mal, o incompleto, o que se debería mejorar, y esa sensación queda dentro de mí; quizás es el momento de decir algo y ésta sea una buena oportunidad de hacerlo.

Desde ya anticipo que no tengo la solución, sólo quiero contribuir a generar un debate que, seguramente, algo aportará.

## **ECONOMIA Y CONOCIMIENTO**

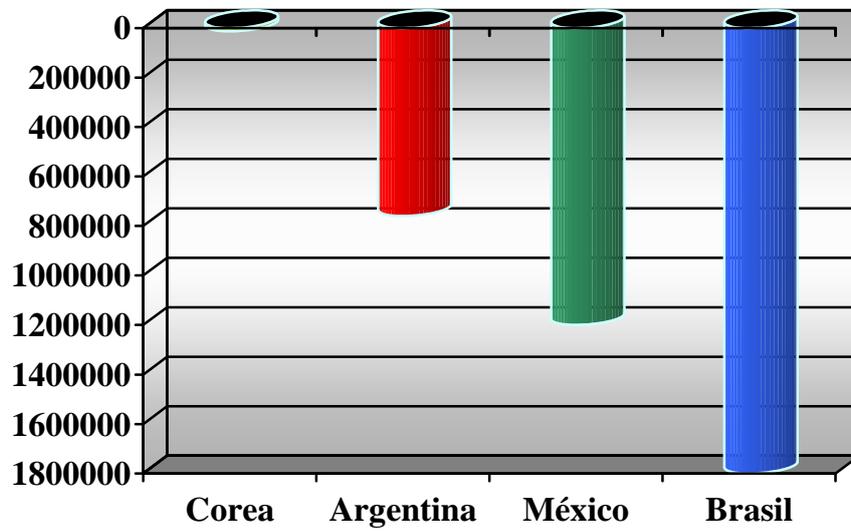
Dado que queremos ver la mejor forma de transmitir conocimiento, veamos que está pasando en el mundo con el mismo.

En 1985, México, Brasil y la Argentina en América Latina, y Corea en Asia, generaban por año el mismo número de patentes que EE.UU.

En el período 1985-1998, el número de patentes en México, la Argentina y Brasil se duplicó pero, a su vez, en el mismo período, Corea pasó de 50 a 3400 patentes por año.

Hoy en día se requieren 13.000 coreanos para generar una patente en EEUU, o 760.000 argentinos, o 1.200.000 brasileños.

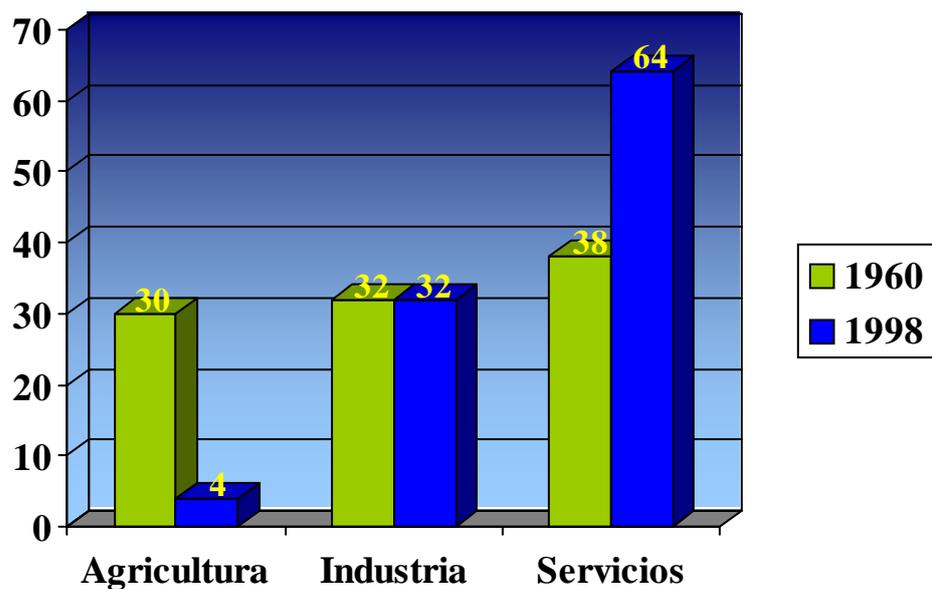
### Cantidad de individuos, por nacionalidad, necesarios para generar una patente en EE.UU.



Si el mundo está pasando de una economía basada en actividades primarias (agricultura, minería, etc) y secundarias (industrias manufactureras), a una economía de actividades terciarias (servicios), y a su vez los servicios se basan en el conocimiento, y los recursos para patentar algo son los mencionados, no es difícil imaginar cuáles serán los países que serán más ricos a corto plazo y cuáles los más pobres.

### Estructura de la Producción Mundial

% del PBI



Dentro de una economía, no solo se puede mover la riqueza física, sino que también se puede mover la riqueza intelectual.

Los países que no le ponen atención a sus recursos humanos, a su educación, a su gente generadora de ideas, empresas, terminan quebrando. ¡Qué familiar me suena esto!

## **LA INGENIERIA – DEFINICIONES, CONCEPTOS, ETC.**

Es común ver la confusión de ciencia con técnica y tecnología, siempre olvidando la palabra ingeniería.

Según dice el presidente de la Academia Nacional de Ingeniería de la República Argentina, Profesor Ingeniero Arturo J. Bignoli, *“La ingeniería pretende entender lo mejor posible la realidad que debe enfrentar, para prestar algún servicio con suficiente seguridad y al menor costo. No aspira a conocer la verdad absoluta de dichos problemas. Solamente Dios la conoce. Sin embargo su búsqueda es necesaria. Hay dos vías principales para lograr entender la realidad: razones y emociones. Las razones las provee la ciencia, y las emociones el arte”*. O sea, la ingeniería es un arte asistido por las ciencias.

### **MÉTODOS DE LA CIENCIA**

**Ansia de conocimiento**



**Investigación Científica**



**Conocimientos Científicos**

### **MÉTODOS DE LA INGENIERIA**

**Satisfacción de necesidades**



**Desarrollo, diseño, ejecución y operación**



**Bienes, servicios, métodos o procesos**

Veamos ahora una definición de alguien de otro país como es el caso de Hardy Cross, (EE.UU.): *“Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos incompletos e inexactos, con el fin de obtener, para un cierto problema, aquella, de entre las posibles soluciones, que funcione de manera más satisfactoria.”*

Ingeniería, según el Accreditation Board for Engineering and Technology de EE.UU., es: *“La profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, adquiridos mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio, a fin*

*de desarrollar formas en que se puedan utilizar, de manera económica, los materiales, y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad”.*

## **ACERCA DE LA CIENCIA, LA INGENIERIA Y LOS INGENIEROS**

Puede decirse que ciencia *“Es un cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado, que constituye una rama particular del saber humano, y que permite el conocimiento cierto de las cosas por medio del estudio de sus principios, causas y efectos”.*

Revisando en los archivos encontré el prólogo que el profesor Arthur Casagrande (1) hace en la Primera Conferencia Rankine, publicada en 1961 hace 41 años, donde dice: *“... mencionaré solo algo concerniente al conflicto entre la ciencia teórica y la ingeniería, tópico a menudo discutido en la actualidad; particularmente en los Estados Unidos, donde estamos sometidos a un período de revisión de la enseñanza de la ingeniería, y estamos buscando en la oscuridad algo nuevo que nadie parece capaz de definir claramente”.*

El Profesor Casagrande continúa con dos párrafos que muestran en esencia lo que Rankine pensaba acerca del mismo conflicto, que parece haber existido ya en sus días.

En su discurso original, cuando aceptó la cátedra en la Universidad de Glasgow, en 1856, hace 146 años; se ve que el conflicto no es nuevo; dijo Rankine: *“En la ciencia teórica, la pregunta es – ¿Qué debemos pensar?-, y cuando surge algún punto dudoso, para la solución del cual faltan los datos experimentales avanzados, es deber de las mentes filosóficas no disputar acerca de la verosimilitud de las suposiciones en conflicto, sino trabajar para el progreso de la investigación experimental y de las matemáticas, y esperar pacientemente el momento en que éstas sean adecuadas para resolver la cuestión.*

*Pero en la ciencia aplicada la pregunta es: – ¿Qué debemos hacer? –, lo que implica la necesidad de la adopción inmediata de alguna regla de trabajo. En casos dudosos, no podemos permitir que nuestras máquinas y nuestros trabajos de mejora, esperen el avance de la ciencia; y si la información existente es insuficiente para dar una solución exacta a la cuestión, se debe actuar sobre la base de aquélla de las soluciones aproximadas, que la mejor información disponible muestre ser la más probable. Un rápido y sólido juicio, en estos casos; es una de las características del HOMBRE PRACTICO, en el sentido correcto del término”.*

Qué interesante resulta el concepto de “sólido juicio”, y qué importante el poder ir aumentándolo continuamente.

Veamos que opinaba el profesor Terzaghi (2) sobre la relación entre el ejercicio profesional y la actitud académica: *“Un consultor es una persona que se supone sabe más acerca de cierto tema en cuestión que su cliente. Una vez que un ingeniero ha adquirido cierta reputación de conocimiento superior, y descubre que hay cierta demanda para sus servicios, su carrera futura depende de lo que espere hacer en la vida. Si desea éxito financiero y prestigio social, encontrará que sus objetivos pueden satisfacerse difícilmente sin la asistencia de una organización ingenieril.*

*Una vez que la organización existe, el ingeniero se convierte en un esclavo de ella. Sus ingresos aumentan, pero también sus preocupaciones. En ocasiones padece insomnio, porque no sabe como dar todas las órdenes para el día siguiente, y en otras ocasiones porque sus gastos superan sus ingresos. En cualquier forma, el recaudador de impuestos sospecha que sus ingresos no mantienen proporciones moderadas. El ingeniero todavía creerá que es un consultor, pero en realidad se ha vuelto un hombre de negocios y un ejecutivo, equipado con todos los pre-requisitos para una úlcera estomacal”.*

*“Por otro lado, si deriva su principal satisfacción de la práctica del arte de la ingeniería, desistirá de formar una organización, y concentrará todos sus esfuerzos en ampliar sus conocimientos en el campo que haya elegido. Para tener éxito en sus propósitos tendrá que dedicar, por lo menos, la mitad de su tiempo en actividades no remuneradas, como la investigación o el análisis de sus datos provenientes de observaciones. Por lo tanto, su capacidad de ganar dinero permanece limitada, pero en cambio tiene menos preocupaciones y mantiene su libertad de acción. Este es el tipo de ocupación acorde con mi carácter”.*

Aquí ya aparece uno de los puntos clave de la cuestión, la relación o, mejor dicho, la interrelación entre práctica profesional, investigación y agreguémosle la docencia.

## **UN POCO DE FILOSOFIA**

Evidentemente, tal como se ha visto, estamos ante un problema bastante antiguo, y debemos recurrir a cuanto tengamos disponible que nos pueda ayudar a encontrar el camino buscado.

El gran filósofo José Ortega y Gasset (3) sentenció: *“Hoy la humanidad no puede vivir sin la técnica a la que ha llegado”*; al Ingeniero Marcelo Sobrevila (4) le gusta decir sobre esta frase *“Hoy la humanidad no puede vivir sin la ingeniería a la que ha llegado”*.

Ortega y Gasset también dijo: *“Hoy el hombre no vive en la naturaleza, sino que está alojado en la sobre-naturaleza que ha creado en un nuevo día del Génesis: la técnica”*.

El brillante escéptico Francisco Sánchez (5) se expresa así: *“Con todo, hay dos medios subsidiarios que no suministran ciencia perfecta, pero que, en suma, algo consiguen y algo enseñan: son la experiencia y el juicio. Pero nunca separados, sino en íntimo enlace y unión, como demostraré en otro libro. Los experimentos son muchas veces falaces y siempre difíciles, y hasta cuando llegan a la perfección nunca nos muestran más que los accidentes intrínsecos, jamás la naturaleza de las cosas. El juicio recae sobre los resultado del experimento, y por consiguiente traspasa los límites de lo exterior, y aún esto lo discierne de una manera incompleta, sin que sobre las causas pueda pasar de una probable conjetura. Se dirá que esto no es ciencia. Pues no hay otra”*.

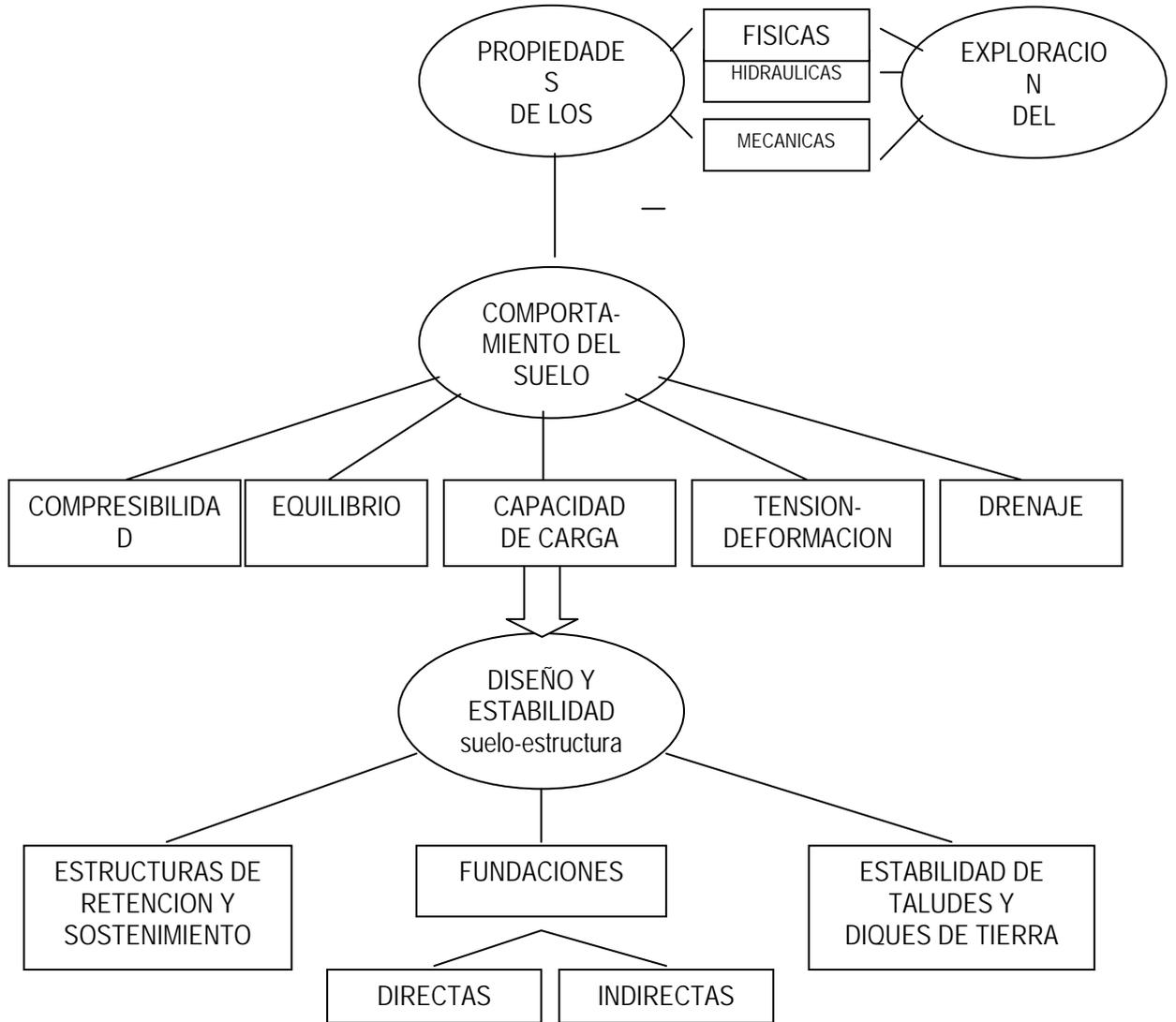
El genial René Descartes (6) documenta una situación de penuria como el preámbulo de un enérgico esfuerzo constructivo, que fue su obra: *“He sido nutrido en las letras desde mi infancia, y como se me persuadía de que mediante ellas se podía adquirir un conocimiento claro y seguro de cuanto es útil para la vida, tenía yo un deseo extremado de aprenderlas. Pero apenas hube terminado mis estudios, tras los cuales es uno admitido en la categoría de doctos, cambié completamente de opinión, porque me hallé confundido por tantas dudas y errores que me parecía que al procurar instruirme no había logrado otro provecho que descubrir cada vez más mi ignorancia...”*

Para concluir con la filosofía, Ortega y Gasset (7), se refiere a la peculiaridad del pensamiento de Kant, *“Con audaz radicalismo, desalojo de la metafísica todos los problemas de la realidad u ontológicos y retiene exclusivamente el problema del conocimiento. No importa saber, sino saber si sabe. Dicho de otra manera, más que saber le importa no errar”*.

## **ACERCA DE LA ENSEÑANZA GEOTECNICA**

Rápidamente los alumnos perciben que la Geotecnia, tiene características muy distintas de las demás materias de la ingeniería. Están acostumbrados a tratar con materiales cuyas propiedades están generalmente bien definidas, y ahora se encuentran con una disciplina que empieza mostrándoles la gran diversidad de suelos, para los que existen modelos específicos de comportamiento, que parten de hipótesis simplificadoras.

**Esquema de los contenidos estructurales conceptuales de la asignatura**



## La diversidad de la geotecnia

### Technical Committees



Terms of Reference have now been agreed between the **President**, and the Chairs of many of the ISSMGE Technical Committees for the period 1997-2001. These are given on each Committee's web page, together with other comments where appropriate. Further Terms of Reference will be published in the future.

#### List of Technical Committees

- TC1: Instrumentation for Geotechnical Monitoring**
- TC2: Centrifuge and Physical Model Testing**
- TC4: Earthquake Geotechnical Engineering**
- TC5: Environmental Geotechnics**
- TC6: Unsaturated Soils**
- TC7: Tailings Dams**
- TC8: Frost**
- TC9: Geosynthetics and Earth Reinforcement**
  
- TC10: Geophysical Site Characterisation**
- TC11: Landslides**
- TC12: Validation of Computer Simulations**
- TC14: Offshore Geotechnical Engineering**
- TC15: Peat and organic soils**
- TC16: Ground Property Characterisation from In-Situ Testing**
- TC17: Ground Improvement**
- TC18: Pile Foundation**
- TC19: Preservation of Historic Sites**
  
- TC20: Professional practice**
- TC22: Indurated Soils and Soft Rocks**
- TC23: Limit State Design in Geotechnical Engineering**
- TC24: Soil Sampling, Evaluation and Interpretation**
- TC25: Tropical and Residual Soils**
- TC26: Calcareous Sediments**
- TC28: Underground Construction in Soft Ground**
- TC29: Stress-Strain Testing of Geomaterials in the Laboratory**
  
- TC30: Coastal geotechnical engineering**
- TC31: Education in Geotechnical Engineering**
- TC32: Risk assessment and management**
- TC33: Scour of foundation**
- TC34: Deformation of earth materials**
- TC35: Micro-geomechanics**
- TC36: Soft Soils Foundation Engineering**

Al referirse a los requerimientos que la enseñanza de la Ingeniería Geotécnica tienen en nuestros días, J. Mitchell (1991) (8) comenta acerca de los estudiantes “Deberán tener un firme conocimiento de tópicos políticos, sociales y económicos que vayan mucho más allá de lo que tradicionalmente se ha enseñado en el pasado. En la actualidad, no es suficiente dominar solamente los aspectos técnicos de un proyecto”.

El Profesor J. B. Burland (1987) (9) dice: “... el alma y el espíritu de la educación es aquél hábito de la mente que permanece después de que el estudiante ha olvidado todo aquello que le fue enseñado”.

Tadmor Et-al (1987) (10) menciona: “La mente no es un receptáculo. Informar no es educar”.

H. Brandl (2000) (11) dice: “El juicio ingenieril, en todos los campos de la ingeniería civil, pero especialmente en el de la geotecnia, debería permanecer como el recurso esencial para la solución de problemas. Sin embargo, este juicio solamente puede ser obtenido mediante una combinación de la teoría y la práctica. Un excelente ingeniero geotécnico requiere no solamente una base teórica firme, sino también de experiencia, sentido común e intuición en partes iguales”.

Creo que para terminar de describir el problema y su solución en el tiempo, es muy ilustrativa la Figura N°1. (Lacasse, 1988) (12)

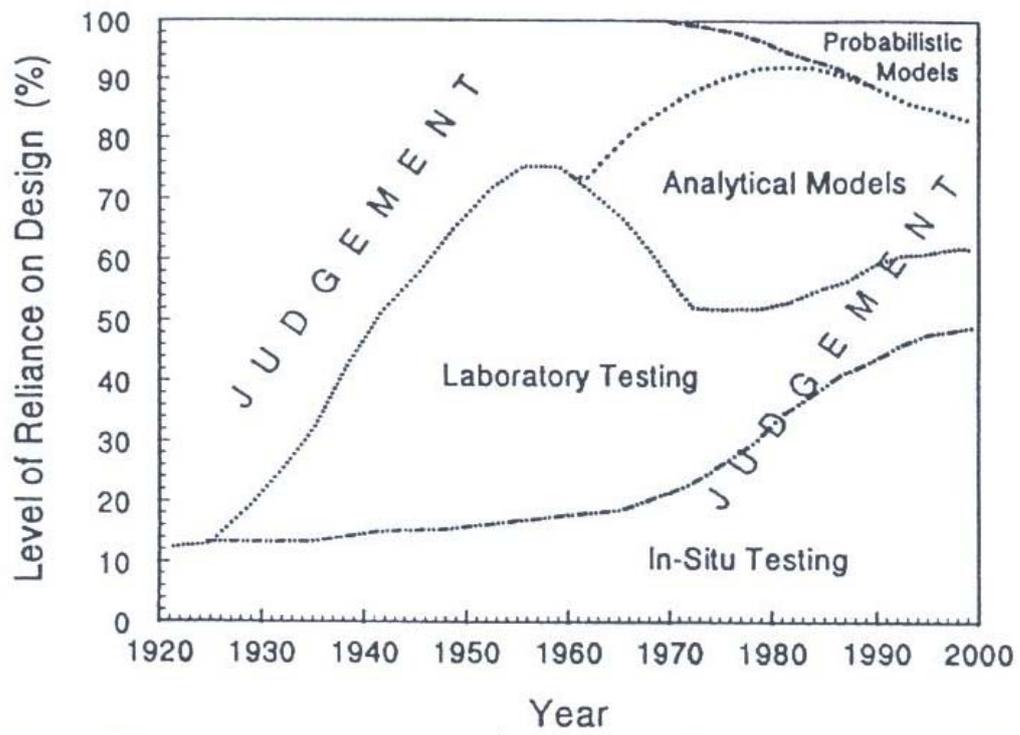


Figure 1. Evolution curve for source of design parameters in Geotechnical Engineering practice (Lacasse 1988)

## **FINALMENTE**

- Creo que es fundamental trasladarle al alumno que, nunca tendremos el mismo proyecto en el mismo suelo, y esto me parece un buen punto de partida.
- ¿Qué clase de ingenieros geotécnicos queremos? La respuesta nos dirá qué clase de docentes necesitamos.
- Esta pregunta, como se vio, es muy antigua, y su respuesta seguramente es cambiante, pues depende de las exigencias y necesidades de quien conteste en ese momento.
- Siempre debemos despertar en los alumnos el interés en aprender, pues sino, el mejor docente, el mejor contenido de la materia, significará nada.
- Creo que la dialéctica de la “enseñanza-aprendizaje” versus la “enseñanza-entrenamiento”, terminan indefectiblemente en la llamada Educación Continua, o educación POST-UNIVERSITARIA o CUATERNARIA.

Es nuestro deber saber implementarla pues, la industria revoluciona los métodos constructivos en forma casi cotidiana, y sin duda la relación se agranda pues tenemos: la Universidad, la Facultad, los profesores, los alumnos y la industria.

Todo ésto debemos conjugarlo adecuadamente.

- Debemos tener claro que no debemos confundir el significado con el propósito. Es como un mapa, su significado es la representación del territorio; el propósito, guiarlo hasta su destino.
- Qué interesante es todo esto; se comienza por el intento de conocer la verdad, por la precaución de excluir previamente el error.
- La vida se puede entender mirando el pasado, pero solo se puede vivir mirando el futuro, pero cuidado, el futuro pasa permanentemente, y se convierte en presente y pasado a cada instante.
- Nuestro propósito es formar buenos ingenieros, por lo tanto, los que actúen como docentes deben serlo, y en nuestra disciplina el mencionado varias veces como Juicio Ingenieril, es de vital importancia.
- Estoy convencido que un buen profesor de geotecnia tiene que tener una alta dosis de experiencia práctica; también sé que en un país con poco trabajo, es difícil reunir personas con experiencia.

Creo que en los programas de estudio, debe incluirse como norma general, al final de los temas de aplicación y diseño, el ítem “Casos Históricos” o “Presentación de Casos

Históricos Seleccionados”. En especial con ejemplos, si es posible, en donde el profesor haya tenido intervención.

Se puede incentivar que los alumnos participen de un congreso o conferencia de la especialidad, como oyentes, para que puedan presenciar el desarrollo de los debates que ocurren entre los profesionales ya experimentados.

Las Sociedades Profesionales, pueden tener un rol muy importante en el desarrollo de cursos que colaboren en el concepto de Educación Continua.

- Para ser autores- y no resultados – de nuestro futuro, debemos transformar nuestras propias intenciones en realidades concretas.
- En latín, salida se dice *exitus*, que los ingleses tradujeron por *exit*, la inteligencia conduce al éxito y creo que terminé aquí.

## REFERENCIAS

- (1) Casagrande, A. “*Geotechnique – The International Journal of Soil Mechanics*”, Vol. XI, September 1961, N° 3.
- (2) Terzaghi, K., 1958. “*Consultants, Clients and Constructors*”, Journal of the Boston Society of Civil Engineers, Vol. 45, N°1, January.
- (3) Ortega y Gasset, J. “*Meditación de la técnica*”, Madrid, Alianza Editorial, 1957.
- (4) Sobrevila, M. A., 2000. “*La Formación del Ingeniero Profesional para el tiempo actual – Tesis de los Ingenieros*”. Academia Nacional de Educación.
- (5) Sánchez, E., 1581. “*Que nada se sabe*”.
- (6) Descarte, R., 1637. “*Discurso del método para bien conducir su razón y buscar la verdad en las ciencia*”.
- (7) Ortega y Gasset, 1941. “*Tríptico*”- Espasa – Calpe.
- (8) Mitchell, J. K., 1999. “*Education in geotechnical engineering – its evolution, current status and challenges for the 21<sup>st</sup> century*”. Keynote adress, proceedings of the 11<sup>th</sup> Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Foz do Iguazú, Brasil, August 1999.
- (9) Burland, J. B., 1987. « *The teaching of Soil Mechanics – A personal view*”. The Nash lecture, proceedings of the 9<sup>th</sup> European Conference o Soil Mechanics and Foundation Engineering, Dublin, Ireland, Vol. 3.
- (10) Tadmor, Z. et al, 1987. “*Basic versus specialized education – the Science Revolution*”. Report to Technion, Israel, summarized in Engineering Education.
- (11) Brand H., 2000. “*Civil and Geotechnical engineering in society – Ethical aspects and future projects*”. Invited paper. Proceedings of the First International Conference on Geotechnical Engineering Education and Training, Siania, Romania, June 2000.
- (12) Lacasse, S., 1988. Design parameters of clays from in-situ and laboratory tests. “*Proceedings, Symposium on New Concepts in Geotechnical Engineering*”. Rio de Janeiro, Brazil; also published in Report N° 52155-50, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, 1988.