

**Revisión y consolidación de la fundamentación conceptual y especificaciones de prueba correspondientes al Examen de Calidad de la Educación Superior para Ingeniería**

**Introducción y Sección uno**

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERÍA**  
NIT. 860.047.524-0



Bogotá D.C. – Colombia  
Carrera 68 D Núm. 25 B – 86 Oficina 205  
Edificio Torre central  
PBX: (1) 427 3065  
[acofi@acofi.edu.co](mailto:acofi@acofi.edu.co)  
[www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co)

Bogotá D.C., julio de 2010

**Gerente del Convenio**

Álvaro Enrique Pinilla Sepúlveda, Universidad de los Andes

**Equipo técnico estratégico**

Amparo Camacho Díaz, Universidad del Norte  
Julio Cesar Cañón, Universidad Nacional de Colombia  
Adolfo León Arenas, Universidad Industrial de Santander  
Mauricio Duque Escobar, Universidad de los Andes

**Coordinación por ACOFI**

Luis Alberto González Araujo

**Director Ejecutivo ACOFI**

Eduardo Silva Sánchez

**Consejo Directivo ACOFI**

Francisco Javier Rebolledo Muñoz, Pontificia Universidad Javeriana  
Elkin Libardo Ríos Ortiz, Universidad de Antioquia  
Pedro José Guardela Vásquez, Universidad de Cartagena  
Héctor Vicente Vega Garzón, Universidad de La Salle  
Javier Páez Saavedra, Universidad del Norte  
Adolfo León Arenas, Universidad Industrial de Santander  
Diego Hernández Losada, Universidad Nacional de Colombia  
Piedad Gañán Rojo, Universidad Pontificia Bolivariana  
Alberto Ocampo Valencia, Universidad Tecnológica de Pereira

Derechos reservados de autor, 2010.

Bogotá D.C., Colombia

Documento desarrollado en el marco del Convenio 440 de 2009 entre ACOFI y el ICFES.

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
1.1. <i>Intención del documento.....</i>	<i>6</i>
1.2. <i>La Ingeniería, profesión central del siglo XXI.....</i>	<i>7</i>
1.3. <i>Los programas de Ingeniería en Colombia.....</i>	<i>8</i>
<b>SECCIÓN UNO: REVISIÓN DE REFERENTES PARA LA PRUEBA.....</b>	<b>9</b>
1. LINEAMIENTO UNO: CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN EN EL ÁREA O PROGRAMA A EVALUAR O DE LAS TEORÍAS DESARROLLADAS SOBRE EL TEMA DE ESTUDIO EN COLOMBIA.....	9
1.4. <i>Antecedentes.....</i>	<i>9</i>
1.5. <i>Resumen.....</i>	<i>9</i>
1.6. <i>La formación en Ingeniería.....</i>	<i>9</i>
1.7. <i>Una visión del ejercicio profesional de los ingenieros.....</i>	<i>10</i>
1.8. <i>Referentes normativos.....</i>	<i>12</i>
1.9. <i>La experiencia en actualización y modernización curricular de programas de Ingeniería.....</i>	<i>14</i>
1.10. <i>Canales de divulgación de estudios sobre educación en Ingeniería.....</i>	<i>16</i>
1.11. <i>Otras publicaciones de ACOFI relacionadas con educación en Ingeniería.....</i>	<i>17</i>
1.12. <i>Seminarios de formación de profesores de Ingeniería.....</i>	<i>17</i>
2. LINEAMIENTO DOS: CARACTERIZACIÓN DE ANTECEDENTES Y REFERENTES DE LA EVALUACIÓN EN EL ÁREA O EN EL PROGRAMA.....	18
2.1. <i>Normatividad.....</i>	<i>18</i>
2.2. <i>Antecedentes.....</i>	<i>19</i>
2.2.1. <i>Exámenes de estado de calidad de la educación superior en Ingeniería mecánica.....</i>	<i>19</i>
2.2.2. <i>Antecedentes y marco legal.....</i>	<i>19</i>
2.2.3. <i>Contenidos programáticos básicos para Ingeniería, 1ª versión.....</i>	<i>19</i>
2.2.4. <i>Informe final de ejecución.....</i>	<i>20</i>
2.2.5. <i>Presentación de resultados ECAES Ingeniería 2003.....</i>	<i>20</i>
2.2.6. <i>Primer debate sobre competencias.....</i>	<i>20</i>
2.2.7. <i>Propuesta ACOFI-ICFES 2005.....</i>	<i>20</i>
2.2.8. <i>Estándar 1.5 Competencias profesionales.....</i>	<i>21</i>
2.3. <i>Referentes.....</i>	<i>22</i>
3. LINEAMIENTO TRES: REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN EN EL ÁREA O PROGRAMA A EVALUAR O DEL TEMA DE ESTUDIO - FORMACIÓN EN INGENIERÍA.....	25
3.1. <i>Introducción.....</i>	<i>25</i>
3.2. <i>Latinoamérica.....</i>	<i>25</i>
3.3. <i>Estados Unidos y Canadá.....</i>	<i>28</i>
3.4. <i>Europa.....</i>	<i>29</i>
3.4.1. <i>EUR-ACE – Estándares de Acreditación de programas de Ingeniería.....</i>	<i>30</i>
3.4.2. <i>ESPAÑA Y FRANCIA.....</i>	<i>31</i>
3.5. <i>Asia y el Pacífico.....</i>	<i>32</i>

4. LINEAMIENTO TRES: REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN EN EL ÁREA O PROGRAMA A EVALUAR O DEL TEMA DE ESTUDIO - EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES EN INGENIERÍA. 34

4.1. <i>Breve revisión bibliográfica</i> .....	35
4.2. <i>Referentes generales en evaluación de los aprendizajes</i> .....	35
4.2.1. Objetivos de la evaluación .....	35
4.2.2. Pilares de una evaluación .....	36
4.2.3. Taxonomías funcionales para el conocimiento.....	39
4.2.4. Métodos de análisis .....	43
4.2.5. Tendencias en la evaluación.....	43
4.3. <i>Referentes generales en evaluación de aprendizajes en educación superior y en Ingeniería</i> .....	44
4.4. <i>Exámenes para evaluar ingenieros en el mundo</i> .....	46
4.5. <i>La visión de AHELO para Ingeniería</i> .....	54

## Índice de figuras

Figura 1: Componentes de la evaluación propuestos por el National Research Council, NRC .....	37
Figura 2: Según Shavelson, componentes a incluir en un proceso de evaluación. ....	38
Figura 3 : Tipos de conocimiento que se pueden evaluar. ....	41
Figura 4: Cruce de una taxonomía cognitiva con una de estructura de conocimiento disciplinar, caso de las ciencias naturales. ....	43
Figura 5: Pilares de la calidad académica .....	44
Figura 6: componentes en la evaluación superior según Shavelson .....	46

## Índice de tablas

Tabla 1: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Argentina.....	26
Tabla 2: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Brasil .....	27
Tabla 3: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Chile.....	27
Tabla 4: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en México .....	28
Tabla 5: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Estados Unidos .....	29
Tabla 6: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Canadá .....	29
Tabla 7: Resultados para programas de formación en Ingeniería en Europa .....	31
Tabla 8: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en España.....	31
Tabla 9: Componentes esenciales para la formación de un ingeniero- Escuelas de Ingeniería Francesa .....	32
Tabla 10: Unidades y elementos de competencia para un profesional en Ingeniería en Australia .....	33
Tabla 11: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Corea. ....	33
Tabla 12: Especificaciones de la sesión de la mañana del examen FE (120 preguntas).....	49
Tabla 13: Ejemplo de especificaciones de la sesión de la tarde del examen FE (60 preguntas).....	50
Tabla 14: estructura de la prueba EGEL en Ingeniería Civil.....	53

Desde su origen, ACOFI ha trabajado permanentemente en procura del mejoramiento de la calidad de la educación en ingeniería en Colombia, siendo éste un objetivo misional. Con el correr de los años, ACOFI ha desarrollado una amplia gama de material escrito sobre el tema, que han servido como soporte a algunas secciones del presente documento. Es por esto que el trabajo que aquí se presenta pertenece al conjunto de la comunidad académica de la Ingeniería, representada por profesores, directivos e individuos que durante años han aportado a la discusión acerca de la educación en Ingeniería.

## 1.1. Intención del documento

En el marco del Convenio N° 440 de diciembre de 2009 entre ACOFI y el ICFES se convino la elaboración y presentación de tres productos, los cuales responden al documento del ICFES titulado “Lineamientos para la elaboración del marco de referencia de pruebas y estudios”, código B2.1.G01, versión 1. Estos productos se encuentran compilados en el presente documento.

El desarrollo del Convenio incluyó una amplia participación de la comunidad académica en Ingeniería, así como de otros actores interesados (ver anexo 1). Si bien este documento corresponde al documento final del proyecto definido en el Convenio N° 440 de 2009, como todo documento de carácter académico está abierto a la crítica y a las modificaciones que corresponda realizar, sugeridas a partir de las evidencias de investigaciones que se deben apropiarse de otras latitudes y realizar en el contexto colombiano.

El documento presenta cuatro secciones, las cuales corresponden a:

1. Lineamientos 1, 2 y 3 del documento del ICFES mencionado anteriormente y que hace referencia a los referentes nacionales e internacionales de la profesión de la ingeniería y de la evaluación.
2. La segunda sección corresponde a los 4 (Objeto de estudio) y 5 (Definición y caracterización del aspecto cognitivo, y componentes) del documento del ICFES que corresponde al constructo sobre el que se basa la prueba propuesta.
3. En la tercera sección se presentan las especificaciones para la prueba.
4. En la sección final se propone una hoja de ruta en el proceso de desarrollo de la nueva prueba.

## 1.2. La Ingeniería, profesión central del siglo XXI

El concepto de ingeniería es casi tan antiguo como la humanidad misma [1]:

El concepto de ingeniería ha existido desde cuando los primeros hombres lograron invenciones fundamentales como la polea, la palanca y la rueda. Cada una de estas invenciones es consistente con la definición moderna de ingeniería que explota principios mecánicos y científicos básicos para desarrollar herramientas, objetos y soluciones a problemas identificados.

La misma referencia indica sobre su historia:

La forma original de utilización del término ingeniería aplica a la construcción de máquinas militares, tales como catapultas. Más tarde, en la medida en que el diseño de estructuras civiles, como puentes y edificios, fue madurando como una disciplina técnica, el término de ingeniería civil entra en el léxico como un medio para diferenciar estas especializaciones de construcción en el marco de proyectos no militares de aquéllos que corresponden a la antigua disciplina de la ingeniería militar. A medida que la tecnología avanza, otros campos de especialización tales como ingeniería mecánica, eléctrica y química emergen.

Igualmente propone la siguiente definición:

Ingeniería se ha definido clásicamente como la profesión que se encarga de la aplicación del conocimiento técnico, científico y matemático con el fin de utilizar las leyes naturales y los recursos físicos para ayudar a diseñar y desarrollar materiales, estructuras, máquinas, dispositivos, sistemas y procesos que en forma segura logren un objetivo deseado. Como tal, la ingeniería se encuentra en la interfaz entre el conocimiento científico y matemático y la sociedad humana. La actividad primaria de un ingeniero es concebir, diseñar, implementar y operar soluciones, aparatos, procesos y sistemas novedosos para mejorar la calidad de vida, responder a las necesidades o problemas sociales y mejorar la competitividad y el éxito comercial de la sociedad.

Según [2] :

La profesión de ingeniería no es sólo un trabajo, es un modo de pensar, una forma de vida. Los ingenieros utilizan su criterio y experiencia para resolver problemas cuando los límites del conocimiento científico o matemático son evidentes. Su premisa constante es reducir el riesgo. Sus más exitosas creaciones reconocen la falibilidad humana. La complejidad es su compañera constante.

Otra definición de ingeniería viene de [3]:

Ingeniería es un proceso profundamente creativo. Una descripción más elegante indica que la ingeniería tiene que ver con diseño bajo restricciones. El ingeniero diseña dispositivos, componentes, subsistemas y sistemas, y crea diseños exitosos, en el sentido que éstos se orientan, directa o indirectamente, a mejorar la calidad de vida, trabajando bajo restricciones técnicas, económicas, de negocio, políticas, sociales y éticas.

### **1.3. Los programas de Ingeniería en Colombia**

Para el año 2008, Colombia contaba con 842 programas de pregrado de Ingeniería, con cerca de 100 denominaciones diferentes. Casi 30.000 estudiantes se graduaron de ingenieros ese mismo año. Cerca de 130 instituciones de educación superior cubren esta amplia oferta de programas de pregrado en Ingeniería. Estas cifras claramente justifican la importancia de un trabajo que promueva y facilite la consolidación de un sistema de evaluación de los aprendizajes de los estudiantes de Ingeniería. Se espera que los resultados de este trabajo beneficien a todos los programas de Ingeniería que en la actualidad existen en el país.

# Sección uno: revisión de referentes para la prueba

## 1. Lineamiento uno: Caracterización de la formación en el área o programa a evaluar o de las teorías desarrolladas sobre el tema de estudio en Colombia

---

### 1.4. Antecedentes

Como se mencionó en la introducción, dentro de la metodología acordada para el desarrollo del proyecto está contemplada la revisión de referentes (Numeral 3.1. de la Propuesta presentada por ACOFI al ICFES). En esta etapa del proyecto se procura responder a los tres primeros lineamientos previstos para los productos ofrecidos al ICFES.

En particular, el Lineamiento 1 hace referencia al compromiso de documentar la caracterización de la formación en Ingeniería o las teorías desarrolladas sobre el tema en Colombia. Este componente estará integrado al resultado ofrecido como producto uno: la revisión de referentes en formación y evaluación para Ingeniería.

### 1.5. Resumen

La atención de lo previsto en este lineamiento tiene dos propósitos principales: 1) identificar y caracterizar la naturaleza y alcances de las respuestas del Estado, las Instituciones de Educación Superior y las comunidades académicas en relación con sus responsabilidades frente a la educación en Ingeniería; 2) examinar las experiencias y proyectos relacionados con la educación en Ingeniería desde la perspectiva de sus relaciones con el mejoramiento, la preservación del rigor académico y la defensa de los intereses de la sociedad.

En este componente del documento se examinan los principales referentes normativos que, por su carácter de regulación genérica, deben ser considerados como insumos básicos para la valoración de cualquier programa de formación de ingenieros y, desde luego, para la concepción de estrategias e instrumentos de evaluación de la calidad de dichos programas. Así mismo, se destacan algunas iniciativas nacionales de discusión de la educación en Ingeniería desde sus diferentes perspectivas y dimensiones, haciendo énfasis en los proyectos desarrollados por ACOFI.

### 1.6. La formación en Ingeniería

La calidad, pertinencia y oportunidad de las ofertas curriculares en el área de la Ingeniería es una preocupación para prácticamente todas las sociedades del mundo. Numerosos foros y encuentros académicos y profesionales abordan la educación en la Ingeniería como objeto de investigación y debate. La Federación Internacional de Asociaciones de Enseñanza de la Ingeniería, IFEES (por sus

siglas en inglés, [www.ifees.org](http://www.ifees.org)), agrupa un conjunto significativo de organismos con intereses en la formación de nuevos ingenieros, e incluye en la agenda de sus numerosos eventos discusiones y propuestas orientadas a promover la calidad de los programas como requisito para promover la competitividad y crecimiento de los países.

En la región iberoamericana son numerosos los pronunciamientos y recomendaciones de organizaciones como la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, ASIBEI ([www.asibei.org](http://www.asibei.org)), en cuyos foros y encuentros periódicos se recogen iniciativas relacionadas con el aseguramiento de la calidad en los programas de Ingeniería por la vía de la evaluación y el mejoramiento, la formación de docentes y el uso de las herramientas tecnológicas que favorecen los procesos educativos en todos los niveles.

En el ámbito nacional es reiterado el interés por el tema en los foros regionales y en las reuniones nacionales que convoca anualmente ACOFI. Este organismo agrupa a un número significativo de las instituciones que ofrecen programas de Ingeniería en Colombia y participa activamente en proyectos nacionales e internacionales relacionados con evaluación de calidad. Iniciativas como la preparación y aplicación del Examen de Ciencias Básicas, EXIM, el diseño y desarrollo de un sistema de apoyo para la gestión curricular de programas de Ingeniería, denominado SAAPI, y la programación y desarrollo de un Seminario dirigido a la Formación de Profesores, representan aportes valiosos a la discusión sobre las condiciones de educación de ingenieros en Colombia.

### **1.7. Una visión del ejercicio profesional de los ingenieros**

El ejercicio de la Ingeniería en cada sociedad debe enmarcarse en el contexto económico, científico, tecnológico y cultural dentro del cual se desarrollan los conceptos básicos de la ciencia aplicada y las apropiaciones tecnológicas que conforman el fundamento operativo de la Ingeniería.

Las diferencias regionales, acentuadas siempre en detrimento de las áreas social y económicamente más vulnerables, deben ser atendidas por la Ingeniería con criterios flexibles y creativos de nivelación para el desarrollo. La Ingeniería debe caracterizar y reconocer, desde la perspectiva científica y tecnológica, los distintos niveles territoriales, trascendiendo la simple descripción e inventario de recursos, para identificar la cadena de innovación y productividad, creadora de riqueza y desarrollo, que pueda construirse a partir de ellos.

Para atender estas responsabilidades y el compromiso social que de ellas se deriva, se precisan ingenieros con capacidad de lectura e interpretación de las necesidades y oportunidades de la sociedad en la cual actúan, conscientes de la deuda social y tecnológica con la superación del atraso para amplios sectores de la población y, al mismo tiempo, preparados para enfrentar las exigencias y aprovechar las oportunidades que surgen del intercambio globalizado.

Los ingenieros deberán enfrentar retos y aprovechar oportunidades radicalmente distintas a los que la mayoría de los profesionales actuales han conocido. Nuevas

necesidades sociales de infraestructura, bienes y servicios, procesos y sistemas cada vez más complejos y globales, reclaman ajustes en las estrategias de formación de los ingenieros. Particularmente, se requieren bases para trabajar en ambientes complejos, con un cuadro dinámico de necesidades en continua expansión, en condiciones políticas, sociales, culturales, económicas y ambientales que exigen nuevos niveles de flexibilidad, comprensión y trabajo en equipo.

Considerando los aspectos descritos, ACOFI convocó, en el año 2006, a la comunidad académica encargada de la formación de ingenieros para que reflexionara acerca de los retos que les plantea su misión cuando se considera el horizonte del año 2020 [4]. Las reflexiones y propuestas planteadas por la comunidad académica a lo largo de cinco foros nacionales y una intensa Reunión Nacional se confrontaron en primer lugar con las tendencias internacionales en la formación de ingenieros formuladas por algunas prestigiosas Asociaciones de enseñanza de la Ingeniería y de acreditación de programas, tales como la Associação Brasileira de Educação em Engenharia, ABENGE, de Brasil, la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología, ABET (por sus siglas en inglés), de EE.UU., la Academia Nacional de Ingeniería, NAE (por sus siglas en inglés), de EE.UU., la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, ASIBEI, y la Sociedad Europea Para la Formación de Ingenieros, SEFI. Enseguida, éstas se discutieron en un Foro final de síntesis cuyos principales aspectos se organizaron alrededor de dos objetivos ([4] pp 267 y ss):

*1° Identificar los factores más relevantes que constituirán los principales retos en la formación de los ingenieros en el horizonte del año 2020.*

Dichos factores se articularon alrededor del contexto socio-económico nacional, del contexto laboral, de las proyecciones del contexto científico y tecnológico, de las nuevas responsabilidades de la Ingeniería, de los perfiles emergentes de estudiantes, profesores e ingenieros y de los nuevos escenarios de calidad y pertinencia en los que se encuentran las instituciones de educación superior dedicadas a la formación de ingenieros.

*2° Plantear estrategias de largo plazo que permitan a las instituciones colombianas de educación superior visualizar una formación de calidad en Ingeniería en el horizonte del año 2020.*

Las estrategias se organizaron en tres ámbitos: el institucional, el curricular y el de los profesores. De la lectura de las conclusiones de este ejercicio pueden derivarse importantes insumos para una discusión sobre características de la evaluación deseable al término de los procesos de formación de ingenieros en el país.

...La velocidad exigida a los procesos de formación se ha multiplicado con la enorme presión de la ciencia y la tecnología sobre las fronteras académicas y profesionales. La complejidad y el creciente dinamismo de las formas de movilidad del conocimiento multiplican la importancia de las redes y grupos de investigación para generar conocimiento y propiciar el desarrollo en términos de tiempos cada vez más urgentes. Por supuesto, el

soporte de las redes y grupos –en lo que a las ofertas de pregrado se refiere- está en la formación investigativa, estrategia esencial para detectar de manera temprana las vocaciones científicas entre los estudiantes de los programas de Ingeniería.

Por la naturaleza de su dotación material y desarrollo práctico, los programas de formación de ingenieros se enfrentan a singulares riesgos acentuados por la inestabilidad del mercado laboral y los vaivenes de la financiación de proyectos. La incertidumbre del horizonte laboral refuerza la conveniencia de preparar a los estudiantes en el descubrimiento y apropiación de las ideas y los fundamentos básicos que les habiliten para enfrentar exitosamente los cambios introducidos en los procedimientos e instrumentos necesarios para el desempeño profesional, y les permitan actuar como consumidores calificados de productos del sistema educativo, mediante ofertas de educación continuada y estudios de postgrado en el marco de la necesidad de un aprendizaje de por vida.

La capacidad de autoformación y niveles altos de meta-cognición, soporte del aprendizaje de por vida, y la flexibilidad para adaptarse a la naturaleza permanente de los cambios hacen parte de las exigencias de formación que reclaman las nuevas generaciones de ingenieros para enfrentar la aceleración en la producción del conocimiento, la forzosa obsolescencia de las tareas profesionales, la geoconomía, la protección del ambiente y las demandas de participación democrática y desarrollo sustentable.

La formación de los ingenieros incluye sin duda una visión holística de su desempeño.

## **1.8. Referentes normativos**

La formación de ingenieros en el país está sujeta a las definiciones normativas y a los lineamientos de acreditación que regulan el conjunto de la oferta curricular en esta área. Los diseños curriculares de los programas de Ingeniería observan, con algunas variaciones derivadas de su puesta en práctica autónoma por parte de las instituciones, las orientaciones de la Resolución 2773 del 13 de noviembre de 2003 del Ministerio de Educación Nacional, en la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería.

En el mencionado instrumento normativo se definen cuatro áreas esenciales para la formación de profesionales de Ingeniería en el país:

**Área de las Ciencias Básicas:** Integrada por cursos de ciencias naturales y matemáticas, área sobre la cual radica la formación básica científica del Ingeniero. Se declara este campo como fundamental para interpretar el mundo y la naturaleza, facilitar la realización de modelos abstractos teóricos que permitan la utilización de estos fenómenos en la tecnología puesta al servicio de la sociedad. Este campo de formación incluye matemáticas, física, química y biología.

**Área de Ciencias Básicas de Ingeniería:** De acuerdo con la norma, esta área tiene su raíz en la Matemática y en las Ciencias Naturales, y su estudio provee la

conexión entre las Ciencias Naturales y la matemática con la aplicación a la práctica de la Ingeniería.

**Área de Ingeniería Aplicada:** Esta área - específica para cada denominación de Ingeniería - suministra las herramientas de aplicación profesional que conducen a los diseños y desarrollos tecnológicos propios de cada especialidad.

**Área de Formación Complementaria:** Designa los componentes en Economía, Administración, Ciencias Sociales y Humanidades, que agregados a las áreas anteriores conducen a la formación integral de los ingenieros. A estas áreas se agrega la exigencia de desarrollar las competencias comunicativas básicas en una segunda lengua.

Por otra parte, la Ley 842/03 [5] – por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la Ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones – define la Ingeniería como “ toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y, en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia”.

La misma norma define, para efectos de su aplicación como ejercicio de la Ingeniería, el desempeño de actividades tales como:

- a) Los estudios, la planeación, el diseño, el cálculo, la programación, la asesoría, la consultoría, la interventoría, la construcción, el mantenimiento y la administración de construcciones de edificios y viviendas de toda índole, de puentes, presas, muelles, canales, puertos, carreteras, vías urbanas y rurales, aeropuertos, ferrocarriles, teleféricos, acueductos, alcantarillados, riesgos, drenajes y pavimentos; oleoductos, gasoductos, poliductos y en general líneas de conducción y transporte de hidrocarburos; líneas de transmisión eléctrica y en general todas aquellas obras de infraestructura para el servicio de la comunidad;
- b) Los estudios, proyectos, diseños y procesos industriales, textiles, electromecánicos, termoeléctricos, energéticos, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de computación, de sistemas, teleinformáticos, agroindustriales, agronómicos, agrícolas, agrológicos, de alimentos, agrometeorológicos, ambientales, geofísicos, forestales, químicos, metalúrgicos, mineros, de petróleo, geológicos, geodésicos, geográficos, topográficos e hidrológicos;
- c) La planeación del transporte aéreo, terrestre y náutico y en general, todo asunto relacionado con la ejecución o desarrollo de las tareas o actividades de las profesiones especificadas en los subgrupos 02 y 03 de la Clasificación Nacional de Ocupaciones o normas que la sustituyan o complementen, en cuanto a la Ingeniería, sus profesiones afines y auxiliares se refiere. También se entiende por ejercicio de la profesión para los efectos de esta ley, el presentarse o anunciarse como ingeniero o acceder a un cargo de nivel profesional utilizando dicho título.

Esta norma define los alcances de la profesión y especifica sus objetos de estudio e interés, por lo cual parece aconsejable remitirse a ella para orientar el carácter de los programas ofrecidos a quienes aspiren integrarse como ingenieros a las comunidades profesionales conformadas con arreglo a las disposiciones legales.

El egresado de un programa de formación de ingenieros debe estar habilitado para insertarse en una comunidad preexistente, dotada de reglas, lenguaje, valores y códigos que la hacen reconocible y diferenciable de las otras comunidades que conforman la sociedad. En esas condiciones, el egresado debe disponer de una dotación básica de conocimientos, habilidades, capacidades y competencias para iniciar su vida profesional.

Esa dotación inicial básica deberá enriquecerse constantemente a lo largo de la vida con la experiencia obtenida en el ejercicio profesional de la Ingeniería, así como a través de la investigación y la actualización permanente, gracias a la cual los ingenieros logran mantenerse al tanto de la evolución científica y tecnológica de la profesión. En la determinación de referentes sobre educación en Ingeniería es esencial diferenciar nítidamente el perfil de egreso del perfil profesional, dado que entre los dos perfiles media el efecto insustituible de la práctica profesional desarrollada en un ambiente real, en condiciones que no es posible reproducir durante la etapa de formación.

### **1.9. La experiencia en actualización y modernización curricular de programas de Ingeniería**

Entre 1995 y 1996 el ICFES y ACOFI adelantaron un proyecto de “Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería”, y para el efecto promovieron una serie de eventos encaminados a estimular, en las instituciones de educación superior responsables de la oferta curricular de programas de Ingeniería, el análisis y la reflexión que permitieran actualizar y modernizar sus planes de estudio. Los objetivos centrales del proceso se orientaron a:

- 1) La actualización y modernización de los planes de estudio de los diferentes programas de Ingeniería, a partir de acciones y encuentros desarrollados a instancias del ICFES y de instituciones de educación superior.
- 2) La formulación de una propuesta encaminada a reorganizar y modernizar los planes de estudio de los programas de Ingeniería con un desarrollo integral desde el punto de vista humanístico, social, ambiental e investigativo, para responder a los nuevos retos de la ciencia, la tecnología y la globalización del conocimiento y de la economía.
- 3) La definición de compromisos que permitan el cambio y la actualización permanente de los diferentes sectores de la Ingeniería colombiana.

Como resultado de los debates, discusiones y mesas de trabajo en cada uno de los encuentros realizados, tanto a nivel regional como nacional e internacionalmente, se produjeron documentos centrados en el registro de:

- Condiciones de la estructura curricular de los distintos programas

- Tendencias curriculares y tecnológicas en el desarrollo de cada especialidad
- Relaciones actuales y estrategias de acercamiento con el sector productivo, el sector público y la sociedad en general
- Estrategias para actualizar y modernizar el currículo
- Recomendaciones para concretar las propuestas y materializar las conclusiones de los eventos

Como resultado de este proceso, y en concordancia con lo indicado en mayor detalle en la resolución 2773 del 13 de noviembre de 2003 antes mencionada, se identificaron las siguientes áreas básicas de los programas de Ingeniería:

**Área de ciencias básicas:** Responsable de proporcionar a los estudiantes los conocimientos y métodos fundamentales para cursar las asignaturas profesionales. Esta área está soportada en las asignaturas relacionadas con matemáticas, física, química y biología.

**Área socio humanística.** Contribuye a la formación integral del hombre al considerarlo como sujeto del conocimiento y como ser social creador de cultura. En esta área se consideran, entre otras, asignaturas como español, lingüística, historia, idiomas, deportes, ética, ecología, estética, cívica y estudio de la constitución política nacional.

**Área de formación científico-investigativa.** Aporta los conocimientos científicos y los métodos investigativos que le permitan al profesional descubrir, crear, construir, manejar, comprobar, demostrar, utilizar e invalidar conocimientos. En esta área se consideran las asignaturas relacionadas con informática, programación de computadores, probabilidad y estadística, lógica, metodología de la investigación, recolección y procesamiento de información, cibernética, investigación de operaciones, teoría del conocimiento y métodos numéricos.

**Área económico-administrativa.** Proporciona las herramientas teóricas y técnicas para el desempeño de las gestiones de planeación, organización, ejecución y evaluación de proyectos, procesos o iniciativas empresariales; así como los conocimientos y métodos de naturaleza financiera necesarios para solucionar problemas propios del campo de acción de la Ingeniería. En esta área se incluyen las asignaturas asociadas con economía, evaluación y gestión de proyectos, administración, legislación, planeación, procesos contables, gestión tecnológica y contratación.

**Área de formación profesional.** Aporta los conocimientos y habilidades necesarios para el quehacer profesional característico del programa. Esta área se considera subdividida en dos:

**Área Profesional básica:** Proporciona los elementos generales que sirven de fundamento para la comprensión y asimilación de los conocimientos, métodos y habilidades propios de cada especialidad de la Ingeniería.

**Área Profesional específica:** Aporta los conocimientos y habilidades específicas que necesita el ingeniero de cada especialidad para su ejercicio profesional.

## 1.10. Canales de divulgación de estudios sobre educación en Ingeniería

Al margen de la divulgación interna de algunos proyectos desarrollados en instituciones de educación superior<sup>1</sup>, el principal órgano nacional de difusión de estudios, ensayos, resultados de investigaciones y propuestas relacionadas con educación en Ingeniería es la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI. Tanto a través de sus convocatorias anuales plasmadas en las Memorias de las Reuniones Nacionales de Facultades de Ingeniería como por medio de la Revista Educación en Ingeniería, publicación electrónica creada en el año 2006, ACOFI divulga el quehacer académico y científico de las facultades, escuelas y programas de Ingeniería de Colombia y de países de habla hispana. La revista presenta experiencias inéditas de origen académico y profesional en el campo de la formación de ingenieros, así como resultados de investigación científica y tecnológica en el área, artículos de reflexión, revisión y actualización, y documentos que constituyan nuevos aportes a los procesos de enseñanza – aprendizaje en Ingeniería. Está orientada a toda la comunidad académica, pero en particular a docentes, estudiantes, directivos, investigadores y profesionales interesados en los temas relacionados con la educación de los ingenieros. La publicación está estructurada en cuatro secciones:

- 1) **Currícula:** Artículos relacionados con estrategias curriculares, áreas de conocimiento o formación, experiencias curriculares, tendencias, planes de estudios, duración del pregrado, créditos, formación nuclear, titulación, formación por competencias, estrategias de modernización curricular.
- 2) **Pedagógica:** Artículos relacionados con experiencias pedagógicas comprobadas, sistemas de evaluación, estrategias pedagógicas, nuevos modelos pedagógicos, investigación formativa.
- 3) **Ingeniería y Desarrollo:** Artículos relacionados con la aplicación profesional de la Ingeniería en todas sus especialidades al desarrollo del país o a la solución de problemas sociales específicos.
- 4) **Calidad:** Temas relacionados con aseguramiento de la calidad en la formación en Ingeniería (exámenes de calidad, registro calificado, autoevaluación y acreditación).

---

<sup>1</sup> Algunas iniciativas relacionadas con educación en ingeniería pueden consultarse en:

Mauricio Duque, Programa CTIM-K20 de la Universidad de los Andes, interesado en los temas de la enseñanza de la ciencia, la ingeniería, las matemáticas y la tecnología a lo largo de la cadena de formación. Este programa es desarrollado por el grupo de investigación LIDIE, categoría A en Colciencias.

Gómez Ch., José Rafael. Grupo de Investigación en Docencia en Ingeniería

[http://pamplonita.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/grupos/Grupo\\_Colombia/xmlInfo.do?id=00507081WYIAC\\*](http://pamplonita.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/grupos/Grupo_Colombia/xmlInfo.do?id=00507081WYIAC*)

Grupo de Investigación en Control Industrial

Coordinador: José Miguel Ramírez Scarpetta, Ph. D. [jomiram@univalle.edu.co](mailto:jomiram@univalle.edu.co) Universidad del Valle

Proyecto "Educación para Ingenieros". Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Sabana (ref. Prof. Luis Alfredo Paipa Galeano [luis.paipa@unisabana.edu.co](mailto:luis.paipa@unisabana.edu.co))

EDUCING. Grupo de investigación reconocido por Colciencias, conformado por profesores de Ingeniería. El grupo tiene su foco de interés en la educación en ingeniería y sus énfasis están puestos en el compromiso docente en relación con la calidad de los programas. Publicaciones del Grupo disponibles en [www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co)

### **1.11. Otras publicaciones de ACOFI relacionadas con educación en Ingeniería**

Además de la revista, los artículos publicados en las Memorias de las Reuniones Nacionales de Facultades de Ingeniería y los Foros preparatorios organizados anualmente por la Asociación, se destacan tres publicaciones directamente relacionadas con educación en Ingeniería:

- *El ingeniero del año 2020, retos para su formación*[4].  
Aborda desde un enfoque crítico los factores más relevantes en la formación de ingenieros y presenta algunas recomendaciones para responder a una educación en Ingeniería de calidad y de cara al futuro.
- *El profesor de Ingeniería, profesional de la formación de ingenieros*.  
Contiene las contribuciones de los profesores que participaron en las diferentes actividades organizadas por la Asociación alrededor del tema "El profesor de Ingeniería". Incluye las conferencias presentadas, planteamientos sobre el tema central, tendencias y algunas recomendaciones.
- *Ciencia e Ingeniería en la Formación de Ingenieros para el Siglo XXI*  
Contiene once capítulos que abordan temáticas relacionadas con la educación en Ingeniería, experiencias sobre prácticas de aula y su evaluación. El documento busca aportar a la reflexión en la práctica de la educación en Ingeniería y estimular el mejoramiento continuo.

### **1.12. Seminarios de formación de profesores de Ingeniería**

Como una actividad misional, directamente relacionada con la educación en Ingeniería, ACOFI viene organizando desde el año 2007 los Seminarios de Formación de Profesores. Éstos se inscriben dentro del compromiso de mejoramiento de la calidad de la formación académica de los ingenieros, altamente influenciada por la calidad de los profesores.

Cada seminario desarrolla los temas propuestos mediante conferencias y presentaciones de expertos, quienes comparten sus conocimientos, visiones y experiencias con los profesores participantes. Adicionalmente se conforman talleres de trabajo en grupos con los participantes en donde se discuten casos de estudio o situaciones cotidianas que deben enfrentar los profesores de Ingeniería.

Los temas desarrollados en los tres módulos realizados hasta la fecha incluyen evaluación de la calidad en las aulas, evaluación del proceso de aprendizaje, informática en el aula, responsabilidades del profesor de Ingeniería en investigación e innovación, metodologías de aprendizaje, dinámica curricular, equipos de trabajo interdisciplinarios en Ingeniería, esencia de la profesión docente (¿qué es ser profesor de ingeniería?), principios para la enseñanza compatibles con el aprendizaje, e impacto de la conectividad y de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la enseñanza.

## 2. Lineamiento dos: Caracterización de antecedentes y referentes de la evaluación en el área o en el programa.

---

Para este lineamiento se presenta, en primera instancia, la normatividad que regula los exámenes establecidos por el estado para evaluar a los estudiantes de Ingeniería antes del grado de sus respectivas facultades. A continuación[6] se presenta, mediante la reseña de informes y documentos importantes para este proceso, la evolución que ha tenido el examen de estado en Colombia desde su iniciación hasta la fecha de elaboración de este informe. Finalmente, se presentan referentes nacionales de exámenes diseñados para evaluar estudiantes de Ingeniería y, como experiencia ilustrativa importante a nivel internacional, el modelo establecido por ABET para la acreditación de programas de Ingeniería. Vale aclarar que con la referencia a ABET se pretende resaltar la importancia de la evaluación de la calidad del proceso completo de formación de ingenieros y no sólo de herramientas diseñadas exclusivamente para evaluar a los estudiantes de ingeniería en momentos puntuales de su permanencia dentro de las instituciones de educación superior.

### 2.1. Normatividad

La siguiente es una lista de decretos, leyes y resoluciones emitidas por el Ministerio de Educación Nacional que tienen relación con el tema:

- Decreto 2233 de 23 de Octubre de 2001: por el cual se reglamentan los Exámenes de Estado de Calidad de la Educación Superior, de los estudiantes de Pregrado de Ingeniería Mecánica [7].
- Decreto 1781 de Junio 26 de 2003: por el cual se reglamentan los Exámenes de Estado de Calidad de la Educación Superior, ECAES [8].
- Resolución 2773 de Noviembre 13 de 2003: Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería [9].
- Ley 1324 del 13 de Julio de 2009: por la cual se fijan los parámetros y criterios para organizar el sistema de evaluación de resultados de la calidad de la educación, se dictan normas para el fomento de una cultura de la evaluación, en procura de facilitar la inspección y vigilancia del estado, y se transforma el ICFES [10].
- Decreto 3963 del 14 de Octubre de 2009: por el cual se reglamenta el Examen de Estado de la Calidad de la Educación Superior ECAES [11].
- Resolución 00500 del 15 de Octubre de 2009: por la cual se fija el calendario y las tarifas del ECAES para la vigencia 2009 [12].
- Decreto 4216 del 30 de Octubre de 2009: por el cual se modifica el decreto 3963. Se modifica el artículo 4: Responsabilidades de las instituciones de educación superior y de los estudiantes, y el artículo 8: Gradualidad [13].
- Resolución 567 del 13 Noviembre de 2009: por la cual se adoptan unas medidas excepcionales en relación con la presentación del ECAES, para la vigencia 2009 [14].

Los anteriores documentos se pueden consultar en el portal del ICFES<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> [http://www.icfes.gov.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=422&Itemid=543](http://www.icfes.gov.co/index.php?option=com_content&task=view&id=422&Itemid=543), consultada julio/2010

## **2.2. Antecedentes**

Entre el año 1998 y el 2000, la Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos y Mecánicos, ACIEM, desarrolló con el apoyo del ICFES el Proyecto “*Exámenes para Ingenieros*”, que culminó con la aplicación piloto de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior en Ingeniería Mecánica en el año 2001.

### **2.2.1. Exámenes de estado de calidad de la educación superior en Ingeniería mecánica**

En [13] se presenta el diseño y estructuración de los Exámenes de Estado de Calidad de la Educación Superior en Ingeniería Mecánica y la forma como estos procesos fueron desarrollados. Se brindan orientaciones para el proceso de inscripción y presentación del examen, se identifica la población a la cual está dirigido el examen, se exponen los procedimientos de citación para el examen, y se aclara a quiénes y cuándo se entregarán los resultados.

Con el apoyo académico de ACOFI, el ICFES convocó a la comunidad académica para desarrollar y refinar los ECAES, facilitando así una amplia participación de profesores en el diseño de las pruebas de evaluación de la calidad.

Para el año 2002, la aplicación de ECAES se extendió a otros programas, como Medicina y Derecho, y a partir de 2003 se amplió aún más su aplicación.

### **2.2.2. Antecedentes y marco legal**

En [15] se presentan los antecedentes y marco legal de los exámenes de calidad de la educación superior, hasta la vigencia 2004. Se muestra la evolución en cobertura por programa del examen desde su iniciación en el año 2002 con Medicina, Ingeniería Mecánica y Derecho, hasta el año 2004, en el cual se evaluaron 42 programas académicos de pregrado, incluidas las 19 denominaciones de Ingeniería.

Para las versiones del ECAES de 2003 y 2004 el Estado decidió ampliar, a través del ICFES, la aplicación de los exámenes a 15 especialidades de Ingeniería, mediante el establecimiento de un nuevo convenio con ACOFI basado en la réplica de la experiencia adquirida en el desarrollo de los ECAES en Ingeniería Mecánica. Las especialidades para las cuales se desarrolló el ECAES fueron Ingeniería Agrícola, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Geológica, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Metalúrgica, Ingeniería de Minas, Ingeniería Química, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Telecomunicaciones.

### **2.2.3. Contenidos programáticos básicos para Ingeniería, 1ª versión**

En [16] se presentan las especificaciones del examen ECAES de Ingeniería 2003 para las 15 denominaciones básicas o tradicionales contenidas en el decreto 792 de 2001. El documento inicia con la presentación del plan de estudios, cuya estructura se basa en lo establecido en la Resolución 2773 del 13 de Noviembre

de 2003. Enseguida se describen las áreas de formación común del Ingeniero y, posteriormente, para cada una de las denominaciones incluidas, se presentan los contenidos programáticos propios de cada una de ellas.

#### **2.2.4. Informe final de ejecución**

En el documento [17] se presentan las actividades realizadas por ACOFI para la elaboración y presentación de resultados de los exámenes ECAES, vigencia 2003, para 15 denominaciones de Ingeniería.

#### **2.2.5. Presentación de resultados ECAES Ingeniería 2003**

En [18] se presenta un análisis descriptivo general de los resultados del ECAES vigencia 2003 aplicado a quince denominaciones de Ingeniería. Para este análisis, el ICFES suministró a ACOFI la base de datos de los estudiantes inscritos para la respectiva aplicación, así como los análisis de resultados bajo la Teoría Clásica de Test, TCT, y el Modelo Rasch (propuesta dentro de la Teoría de Respuesta al Ítem). Se presenta en primer lugar un análisis cuantitativo orientado a identificar el grado de dificultad, el poder de discriminación y la validez de cada pregunta. Enseguida se presenta información demográfica sobre la población evaluada, y finalmente se incluye un apartado con comentarios.

Para la vigencia de 2005, el ICFES realizó un contrato con ACOFI para la elaboración de una nueva versión de ECAES para Ingeniería, bajo el enfoque de competencias. Esta temática venía siendo abordada por ACOFI en diferentes escenarios académicos. ACOFI presentó y ejecutó una propuesta para elaborar la fundamentación conceptual y las especificaciones para los ECAES, que se han venido aplicando desde el 2005, para las quince denominaciones de Ingeniería relacionadas anteriormente.

#### **2.2.6. Primer debate sobre competencias**

En [19] se presentan los resultados de las mesas de trabajo realizadas durante el foro “La experiencia internacional en la evaluación del pregrado de Ingeniería. Primer debate sobre competencias”, realizado en la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, el 25 de Marzo de 2004. Cada mesa respondió las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el propósito principal de los exámenes para los estudiantes de último año de pregrado? ¿Qué espera medir o valorar en este examen?
- ¿Cuáles son las capacidades (competencias) fundamentales que se deben medir con los ECAES?
- ¿Con qué tipo de preguntas se logran medir dichas capacidades, teniendo en cuenta que se trata de un proceso sistematizado? (Ejemplos).

#### **2.2.7. Propuesta ACOFI-ICFES 2005**

En [20] se presenta la propuesta de ACOFI al ICFES para la revisión y consolidación de los marcos de fundamentación conceptual y especificaciones de prueba correspondientes a los ECAES de Ingeniería Agrícola, Ingeniería de

Alimentos, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Geológica, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Metalúrgica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Minas, Ingeniería Química, Ingeniería de Sistemas – Informática e Ingeniería de Telecomunicaciones. Se hace una presentación institucional de ACOFI resaltando su participación y aportes para la formación de los ingenieros colombianos; se describe con el detalle requerido el objetivo y metas a alcanzar, así como la organización, etapas, actividades, estrategias y metodología para el desarrollo del proyecto. Se presenta también la propuesta económica.

### **2.2.8. Estándar 1.5 Competencias profesionales**

En [21], documento de trabajo interno de ACOFI, se presenta el estándar 1.5 (Competencias profesionales), del proyecto ejecutado por ACOFI para la elaboración del marco de fundamentación conceptual y especificaciones de prueba ECAES Ingeniería 2005-2006. Inicialmente se presentan las premisas definidas para el rediseño de los ECAES bajo el enfoque de competencias; les sigue el marco conceptual para las competencias en Ingeniería, los referentes internacionales tomados en cuenta tales como ABET 2005-2006, ENC-PROVAO<sup>3</sup>, el Ingeniero 2020, Proyecto TUNING<sup>4</sup>; finalmente, se formulan las competencias generales y específicas para egresados de los programas de Ingeniería en Colombia.

El ECAES de Ingeniería vigente a la fecha de elaboración de este documento se basa en los marcos de fundamentación conceptual y especificaciones de prueba ECAES elaborados por ACOFI para dieciocho denominaciones de Ingeniería. Para ilustrar se describe enseguida el documento de Ingeniería de Sistemas, *Marco de fundamentación conceptual, especificaciones de prueba, ECAES Ingeniería de sistemas, versión 6.0*. Este documento está estructurado de la siguiente forma [22]:

- Presentación
- Referenciación internacional de la formación de pregrado en Ingeniería de Sistemas
- Caracterización de la formación en Ingeniería de Sistemas en Colombia
- Caracterización de antecedentes y referentes de la evaluación de programas de Ingeniería de Sistemas
- Definición del objeto de estudio de la Ingeniería de Sistemas
- Definición y caracterización de las competencias y componentes que serán evaluados
- Definición de especificaciones de prueba.
- Ejemplos de preguntas (Anexo)
- Bibliografía comentada

---

<sup>3</sup> Examen que se aplicó en Brasil desde 1996 hasta 2003, para evaluar los cursos de pregrado de la educación superior, con respecto a los resultados del proceso enseñanza-aprendizaje. <http://www.inep.gov.br/superior/provao/default.asp>

<sup>4</sup> Proyecto europeo que intenta diseñar, desarrollar, implementar, evaluar y mejorar la calidad de la educación superior, el cual tuvo su extensión a América Latina. <http://unideusto.org/tuning/>

El examen evalúa tres componentes de formación del ingeniero: formación básica, formación en ciencias básicas de Ingeniería, y área de formación profesional. El examen se estructuró para evaluar los siguientes componentes:

- Modelar fenómenos y procesos
- Resolver problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales (física, química y biología) y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico
- Comunicar efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica
- Diseñar sistemas, componentes o procesos que cumplan con especificaciones deseadas
- Gestionar y evaluar el impacto (social, económico y ambiental) de proyectos de Ingeniería

Algunos programas adicionaron un componente más o particularizaron alguno de los anteriores de acuerdo con el objeto de estudio del programa.

La documentación para los programas restantes [22-35] está organizada de la forma anteriormente presentada, y está disponible en el portal del ICFES<sup>5</sup>.

### **2.3. Referentes**

Tanto a nivel local como a nivel nacional e internacional se están desarrollando experiencias para medir el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería en diversos momentos a lo largo del desarrollo de sus currículos. Dentro de estas experiencias se hace referencia a tres:

- A nivel nacional: ACOFI diseñó y aplicó en diferentes facultades de Ingeniería un instrumento de evaluación denominado EXIM: Examen de Ciencias Básicas, para las áreas de Matemáticas, Física, Química y Biología. El propósito de esta evaluación es el de conocer el proceso de formación en Ciencias Básicas de los estudiantes de Ingeniería de todo el país, con el fin de retroalimentar tanto a los estudiantes como a las instituciones y promover la movilidad académica y la homologación de asignaturas. La prueba se diseñó bajo el enfoque de dominios conceptuales y competencias. Se formularon 140 preguntas distribuidas de la siguiente manera: 45 para Matemáticas, 35 para Física, 30 para Química y 30 para Biología. La documentación que respalda este proceso se encuentra consignada en los Informes de resultados que ACOFI ha publicado después de cada aplicación. Como ilustración de esta documentación se hace referencia al Informe del año 2007 (pruebas EXIM): en [36] se presenta información general sobre el proyecto, el marco conceptual y la estructura de la prueba, la prueba piloto desarrollada, la prueba definitiva y los resultados de la aplicación 2007.
- A nivel local: se referencia el proyecto desarrollado por la División de Ingeniería de la Universidad del Norte, denominado Examen Comprensivo I (EC1) y Examen Comprensivo II (EC2), diseñado e implementado con el objeto de

---

<sup>5</sup>[http://web2.icfes.gov.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=388&Itemid=508&limit=1&limitstart=1](http://web2.icfes.gov.co/index.php?option=com_content&task=view&id=388&Itemid=508&limit=1&limitstart=1)

evaluar el aprendizaje de los estudiantes de las seis disciplinas de Ingeniería en dos momentos diferentes de su currículo: al finalizar la formación en Ciencias Básicas (EC1), y en el último año, finalizando la formación disciplinar (EC2).

Informe EC1 – EC2: en [37] se presenta el marco teórico en que se fundamentó el proyecto, el proceso de diseño desarrollado y el análisis de resultados, bajo el enfoque de la TCT (Teoría Clásica de los Test) y TRI (Teoría de Respuesta al Ítem), de la primera aplicación de las pruebas, que se llevó a cabo en el segundo semestre de 2008. Finalmente se presentan algunas conclusiones sobre el proyecto implementado.

- A nivel internacional, uno de los referentes más ampliamente conocidos y aplicados en las facultades de Ingeniería es el establecido por ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), específicamente el estándar EC 2000 (Engineering Criteria 2000) [38], el cual es evaluado en el marco del cumplimiento del proceso de acreditación con ABET.

ABET es la agencia más reconocida para acreditar programas de Ingeniería, Computación, Ciencia aplicada y Tecnología. A través de su actual modelo de acreditación, ABET pretende fomentar el desarrollo de un proceso de mejoramiento continuo en la formación de los ingenieros, sin desconocer las diferencias inherentes a las distintas disciplinas de la Ingeniería, los modelos y prácticas pedagógicas aplicadas, y las culturas de las escuelas o facultades de Ingeniería concernidas.

Se referencian a continuación algunos documentos fundamentales para conocer y aplicar el modelo ABET en las disciplinas de Ingeniería y en programas de Computación o afines.

***Criteria for accrediting engineering programs. Effective for Evaluations during 2010 - 2011 Accreditation Cycle:*** en [38, 39] se presenta el criterio general que deben cumplir los programas de pregrado y de maestría para ser acreditados, así como los criterios específicos para 27 denominaciones de programas de Ingeniería. Vale la pena resaltar que en la última versión de este documento se incluye la denominación de Ingeniería de Sistemas, que no estaba presente en ciclos anteriores. Los aspectos generales sobre los que se centra el proceso para los programas de Ingeniería son:

- Estudiantes
- Objetivos educativos del Programa
- Perfil de formación del egresado
- Mejoramiento Continuo
- Curriculum
- Profesores
- Infraestructura
- Apoyos administrativos, financieros y para el desarrollo académico
- Criterios del programa

## **Engineering self-study questionnaire Engineering Accreditation**

**Commission:** luego de una presentación de las instrucciones generales, en [40] se indica la información que debe contener el informe de auto-evaluación que se debe elaborar y enviar a ABET en el marco de un proceso de acreditación. Está estructurado en forma de cuestionario y contiene todos los criterios que se deben cumplir en el proceso de acreditación. Cada criterio se subdivide en los diferentes ítems que lo componen, y se explica brevemente cómo se debe presentar cada uno de ellos. Asimismo, se presentan tablas y formatos para diligenciar en el informe.

*Criteria for accrediting computing programs. Effective for Evaluations during 2010 - 2011 Accreditation Cycle:* en [41] y [42] se presenta el criterio general que deben cumplir los programas de pregrado de Computación para ser acreditados, y los criterios específicos para 3 denominaciones de programas de Computación (*Computer Science, Information Systems and Information Technology*). Los aspectos sobre los que se centra la acreditación de los programas de Computación son:

- Estudiantes
- Objetivos educativos del Programa
- Perfil de formación del egresado
- Mejoramiento Continuo
- Curriculum
- Profesores
- Infraestructura
- Apoyos administrativos, financieros y para el desarrollo académico
- Criterios del programa

*Computing self-study questionnaire. Computing Accreditation Commission:* luego de una presentación de instrucciones generales, en [43] se indica la información que debe contener el informe de auto-evaluación que se debe elaborar y enviar a ABET en el marco de un proceso de acreditación. Se presenta en forma de cuestionario y contiene todos los aspectos y criterios que se deben cumplir en el proceso de acreditación. Cada criterio se subdivide en los diferentes ítems que lo componen, y se explica brevemente cómo se debe presentar cada uno de ellos. Asimismo, se presentan tablas y formatos para diligenciar en el informe. Se diferencia del cuestionario de Ingeniería porque contiene una estructura más refinada, acompañada de más tablas, formatos y explicaciones para cada uno de los ítems o subítems requeridos.

El modelo ABET requiere el desarrollo del proceso global de *assessment*. Es por ende de gran importancia conocerlo en detalle e informarse acerca de las diferentes estrategias, técnicas y prácticas que optimizan el proceso.

En la página <http://www.abet.org/assessment.shtml> se presentan técnicas, métodos y explicaciones que apoyan la comprensión e implementación de cada uno de los tópicos anteriores.

### **3. Lineamiento tres: Referenciación internacional de la formación en el área o programa a evaluar o del tema de estudio - Formación en Ingeniería**

---

#### **3.1. Introducción**

En esta sección se presenta una visión general sobre la estructura de programas de formación en Ingeniería a nivel internacional, haciendo un recorrido por Europa, Asia, Canadá, Estados Unidos y Latinoamérica. En cada caso, se señalan los organismos encargados de aportar las directrices en cuanto a los requerimientos mínimos de la estructura curricular que caracterizan los programas de Ingeniería de cada país y una descripción de las áreas de formación que deben incluir estos programas, o de las competencias generales que deben desarrollar en sus estudiantes.

Para identificar dichas áreas de formación se hace imprescindible recurrir a los entes de acreditación para la disciplina en mención, por cuanto la estructura curricular es uno de los elementos vitales dentro de los criterios de acreditación de los programas de formación. También lo es la dinámica mundial de incorporación de la calidad en las prácticas educativas como estrategia de posicionamiento entre entidades educativas de la misma naturaleza y como herramienta para la consecución de recursos para su sostenibilidad.

Se evidencian además, a través de esta referenciación, los esfuerzos desarrollados en cada una de las regiones por establecer un sistema común de acreditación que permita realizar procesos integrales de seguimiento, evaluación y control de los programas de formación en Ingeniería y de las competencias que constituyen en perfil de egreso de sus estudiantes, con el fin de garantizar el reconocimiento mutuo y la movilidad de profesionales de la Ingeniería a nivel mundial.

#### **3.2. Latinoamérica**

Los países de la región ofrecen programas de formación de denominación muy semejante estructurados en ciclos o áreas de formación estipuladas en forma de normativas curriculares o de requerimientos de acreditación expedidos por los órganos de control pertinentes en cada país.

En promedio, la carga horaria mínima de formación para programas de Ingeniería es de 3520 horas<sup>6</sup>, distribuidas generalmente en una duración nominal típica promedio de cinco años.

En general, los sistemas educativos latinoamericanos establecen la estructura curricular de un programa de formación en Ingeniería en cuatro áreas comunes<sup>7</sup>:

---

<sup>6</sup> La medida de la referencia horaria varía de país a país, en unos casos horas de 60 minutos y en otros de 45 minutos.

- Ciencias básicas: corresponden a 20% a 35% del programa de formación.
- Ciencias de la Ingeniería o tecnologías básicas: varía entre un 20% y un 40% del programa de formación.
- Ingeniería o tecnología aplicada: se encuentra en un rango que va del 35% al 40% del programa de formación.
- Ciencias complementarias: varía entre 5% y 20% del programa de formación.

A continuación se condensan las características correspondientes a la estructura curricular para programas de Ingeniería de los principales países latinoamericanos a partir de la información recopilada por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de enseñanza de la Ingeniería [44] [45].

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Horas	Porcentaje
Duración de la carrera: 5 años Carga horaria mínima: 3.750	Ciencias Básicas	Incluye los campos de conocimiento comunes a todas las carreras de Ingeniería (Matemáticas, Física, Química, sistemas de representación y fundamentos de informática). El objetivo es contribuir a la formación del pensamiento lógico-deductivo, proporcionar elementos para conocer y modelar los fenómenos de la naturaleza, y desarrollar la capacidad de su empleo en la Ingeniería.	750	30%
	Tecnologías Básicas	Orientadas hacia la aplicación creativa de las ciencias básicas. Se ocupa de los principios fundamentales requeridos para la solución de problemas básicos propios de cada disciplina de la Ingeniería.	575	15%
	Tecnologías Aplicadas	Incluyen procesos de aplicación de las ciencias básicas y tecnologías básicas para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos orientados a la solución de una problemática.	575	15%
	Complementarias	Incluye cursos orientados a la formación de ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones.	175	5%
	Total		2075 <sup>8</sup>	55%

**Tabla 1: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Argentina**

<sup>7</sup> Aunque su denominación varíe de país a país.

<sup>8</sup> Cada Unidad Académica puede adecuar el contenido de las 1.675 horas restantes (45%) a sus propias características.

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Horas	Porcentaje
Duración de la Carrera: Mínimo 4 años  Carga horaria mínima: 3.000 - 3600	Contenidos Básicos	El núcleo de contenidos básicos se ocupa, entre otros, de los siguientes campos de conocimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología científica y tecnológica</li> <li>• Comunicación y expresión</li> <li>• Tecnologías de la Información</li> <li>• Matemáticas, física y química</li> <li>• Fenómenos de Transporte</li> <li>• Electricidad Aplicada</li> <li>• Ciencia y Tecnología de Materiales</li> <li>• Administración y Economía</li> <li>• Ciencias Ambientales</li> <li>• Humanidades, Ciencias Sociales y Ciudadanía</li> </ul>	900 – 1.080	30%
	Contenidos Profesionales	Se centra en un conjunto coherente de contenidos que deben ser escogidos por las instituciones de educación superior de una lista de tópicos especificados por las directrices curriculares nacionales.	450 – 540	15%
	Tecnologías Aplicadas	Son una extensión y profundización del núcleo de contenidos profesionales. Incluyen los conocimientos científicos, tecnológicos y los instrumentos necesarios para caracterizar cada modalidad y lograr el desarrollo de competencias y habilidades establecidas por las directrices curriculares nacionales.	1.650 – 1.980	55%
	Total		3.000 – 3.600	100%

**Tabla 2: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Brasil**

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Horas	Porcentaje
Duración de la carrera: 6 años  Carga horaria mínima: 4.500 a 5.000 horas	Ciencias Básicas	Corresponden al tratamiento de materias básicas (matemática, física, química, etc.) con el objetivo de desarrollar en el estudiante el pensamiento lógico-deductivo, la capacidad analítica de innovación y la capacidad para actualizar y profundizar sus conocimientos.	1300	25% a 35%
	Ciencias de la Ingeniería	Estudio científico de disciplinas como los materiales, las energías, sistemas, procesos e información, con el objeto de entregar la base conceptual y las herramientas de análisis para el área de la Ingeniería aplicada.	900	25% a 35 %
	Ingeniería Aplicada	Comprende los elementos característicos de cada especialidad como metodologías, normas y prácticas, regulaciones legales y estándares necesarios para la planificación, diseño y administración de proyectos, procesos productivos, proyectos multidisciplinarios o investigaciones propias de cada disciplina.	1040	35% a 45%
	Formación General	Incluye los fundamentos y metodologías para el ejercicio de la Ingeniería en un contexto empresarial con responsabilidad social, a través de la comprensión del mundo globalizado, y las condiciones impuestas por las finanzas, la legislación, la ética.		5 % a 15%

**Tabla 3: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Chile**

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Horas	Porcentaje
Duración de la Carrera: coexisten programas de 4 – 4,5 – y 5 años  Carga horaria para las carreras de 10 cuatrimestres: 4.800 horas	Ciencias Básicas	Estos estudios están orientados al énfasis de los conceptos y principios matemáticos más que a los aspectos operativos.	800	30%
	Tecnologías Básicas	Tienen como fundamento las ciencias básicas y las matemáticas, pero desde el punto de vista de la aplicación creativa del conocimiento. Estos estudios son la conexión entre las ciencias básicas y la aplicación de la Ingeniería junto con diversos aspectos relativos a la disciplina específica.	900	35%
	Tecnologías Aplicadas	Considera los procesos de aplicación de las ciencias básicas y de la Ingeniería para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades y metas preestablecidas.	400	15%
	Ciencias Sociales y Humanidades	Con el fin de formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones se incluyen cursos de Ciencias Sociales y humanidades como parte integral de un programa de Ingeniería.	300	12%
	Otros Cursos	Se refieren a una formación complementaria basada en materias como Computación, Contabilidad, Administración, Finanzas, Economía, Ciencias Ambientales, etc.	200	8%
	TOTAL		2600	100%

**Tabla 4: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en México**

### 3.3. Estados Unidos y Canadá

En Estados Unidos, ABET es la organización responsable de la acreditación de programas de Ingeniería, ciencias de la computación y ciencia aplicada. El quehacer de esta organización se centra en la realización de procesos integrados de acreditación de programas en su campo y en el soporte a las instituciones académicas en la planificación de los mismos.

Dentro de los criterios establecidos para asegurar la calidad de la formación en Ingeniería y fomentar su búsqueda sistemática para satisfacer las demandas sociales en una dinámica y entorno competitivo, se presentan en la Tabla 5 ciertos requerimientos especiales para la estructura del currículo de programas de formación en Ingeniería. Allí se especifican tres áreas apropiadas para desarrollar un programa de formación pero no se prescriben las asignaturas específicas [38].

Desde hace dos años, ABET acredita programas fuera de los Estados Unidos. Si una institución de educación superior extranjera lo solicita, ABET evalúa sus programas y son acreditados si cumplen con los criterios exigidos. En estas evaluaciones se siguen las mismas políticas y procedimientos que en la acreditación de un programa en los Estados Unidos.

En Canadá, la Junta de Acreditación de Ingenieros Canadienses, CEAB por sus siglas en inglés, es el organismo responsable de la acreditación de programas de formación en Ingeniería. Ésta establece, dentro de los criterios y procedimientos para la acreditación, los contenidos mínimos que debe contemplar un programa de formación en Ingeniería agrupados en tres grandes componentes que podrían denominarse áreas de formación [46].

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Duración
Duración de la carrera: 4 años	Ciencias Básicas	Corresponde a la combinación de un nivel universitario de matemáticas y ciencias básicas (algunas con prácticas experimentales) correspondientes a cada disciplina.	1 año
	Tópicos de Ingeniería	Conjunto de ciencias de la Ingeniería seleccionadas según el campo de estudio de los estudiantes. Estas ciencias están fundamentadas en las matemáticas y ciencias básicas pero llevan el conocimiento hacia una aplicación creativa. Estos estudios constituyen un puente entre las matemáticas, las ciencias básicas y la práctica de la Ingeniería para el diseño de sistemas, componentes o procesos que den solución a necesidades establecidas.	1 año y medio
	Educación General	Complementa el contenido técnico del currículo de forma consistente con los objetivos del programa de formación y la institución que lo ofrece.	

**Tabla 5: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Estados Unidos**

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Horas <sup>9</sup>
Cantidad mínima de horas del programa: 1950	Matemáticas y Ciencias Naturales	El componente de matemática Incluye elementos de álgebra lineal, cálculo integral y diferencial, probabilidad y estadística y análisis numérico, entre otros. El componente de ciencias naturales incluye física, química y ciencias de la tierra. Estas materias están orientadas hacia la comprensión de los fenómenos naturales y sus relaciones a través de técnicas analíticas y experimentales.	420
	Ciencias de Ingeniería y Diseño de Ingeniería	Los contenidos específicos de ciencias de la Ingeniería involucran la aplicación de matemáticas y ciencias naturales para la solución de problemas prácticos a través de técnicas numéricas o matemáticas, el modelado, la simulación y los procedimientos experimentales. Se incluyen aquí materias como mecánica de fluidos, termodinámica, mecánica de sólidos, fenómenos de transporte, circuitos eléctricos, etc. El diseño de Ingeniería integra matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la Ingeniería y otros estudios en el desarrollo de sistema, procesos y elementos para satisfacer necesidades específicas sujetas a restricciones económicas, sociales y ambientales y a otras propias de cada disciplina.	225
	Estudios Complementarios	Dentro de las áreas complementarias fundamentales para la formación de un ingeniero se incluyen: Ingeniería económica, impacto de la tecnología en la sociedad, comunicación oral y escrita, desarrollo sostenible, salud y seguridad, ética profesional, leyes y equidad, y algunos aspectos centrales, metodologías y procesos de pensamiento de ciencias humanas y sociales.	225

**Tabla 6: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Canadá**

### 3.4. Europa

Europa avanza hacia la construcción de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) bajo el impulso decisivo con la Declaración de Bolonia, firmada el 19 de junio de 1999 por Ministros con competencias en Educación Superior de 29 países europeos.

Dicha declaración, basada en la Declaración de la Sorbona de 1998, y complementada con el Comunicado de Praga en 2001, se trata de un plan estratégico para lograr, a fines del año 2010, una integración de todos los

<sup>9</sup> 1 hora corresponde a 50 minutos de actividad.

sistemas de educación superior de la Unión Europea. Se procura armonizar los diversos sistemas que regulan las enseñanzas universitarias en cada estado miembro, respetando la diversidad de culturas de las naciones integrantes y la autonomía universitaria. Se trata de un proceso de carácter intergubernamental con participación de universidades, estudiantes, la Comisión Europea y otras organizaciones.

El EEES tiene como objetivo aumentar la compatibilidad y comparabilidad entre los sistemas de educación superior, respetando su diversidad. Se contempla como un espacio abierto en el que no existen obstáculos a la movilidad de estudiantes, titulados, profesores y personal de administración, y se articula en torno al reconocimiento de titulaciones y otras cualificaciones de educación superior, la transparencia (un sistema de titulaciones comprensibles y comparables organizado en tres ciclos) y la cooperación europea en la garantía de la calidad [47].

El primer ciclo capacita a los estudiantes para integrarse directamente en el mercado laboral. La especialización se realiza en el Master (segundo ciclo) y el perfil investigador en el Doctorado (tercer ciclo). Cada ciclo conduce siempre a la obtención de un título oficial y, en todos los casos, la superación de un ciclo permite el acceso al siguiente.

### **3.4.1. EUR-ACE – Estándares de Acreditación de programas de Ingeniería**

En respuesta a una convocatoria de proyectos de amplia cobertura en Europa que contribuyeran a la realización del EEES surgió el proyecto EUR-ACE (EUROpean ACcredited Engineer), cuyo objetivo central fue desarrollar un conjunto de estándares y procedimientos para comparar los programas de formación de ingenieros en Europa. Este proyecto fue realizado por un consorcio de 14 socios que integran reconocidas organizaciones profesionales e instituciones educativas representativas para el sector de Ingeniería a lo largo de toda Europa.

Como resultado se obtuvieron los "EUR-ACE Framework Standards" [47], que establecen una serie de criterios de acreditación basados en los resultados que se espera lograr al finalizar un programa de formación en Ingeniería. Dichos resultados son compatibles con la infraestructura de cualificaciones propuesta por el proceso de Bolonia y esbozan los conocimientos, habilidades y destrezas que el estudiante desarrolla durante el proceso de formación, lo que corresponde a las competencias necesarias para el ejercicio de su profesión. Se tienen identificados 21 resultados para programas acreditados de primer ciclo y 23 para programas acreditados de segundo ciclo, agrupados en 6 áreas.

Todo programa de educación superior que busque una acreditación bajo estos estándares debe ser consistente con los requerimientos legales nacionales y tener establecido un currículo y los procesos relacionados para garantizar el logro de los resultados del programa.

### 3.4.2. ESPAÑA Y FRANCIA

Anterior a la formulación de los estándares de acreditación de programas de Ingeniería y a los lineamientos de la declaración de Bolonia, países como el Reino Unido, Alemania, Francia y España han establecido procesos formales de acreditación a través de los cuales se regula la estructura curricular de los estudios de Ingeniería; en otros, como Italia y Portugal, se está desarrollando este proceso en el contexto de Bolonia [48].

Para el caso de España, los planes de estudio de Ingeniería se estructuran en cuatro áreas curriculares o de formación [45] [44]. Las escuelas de Ingeniería Francesa, por su parte, establecen cuatro componentes esenciales para la formación de un ingeniero [49].

Resultados del programa	Descripción
Conocimiento y comprensión (Knowledge and Understanding)	Conocimiento básico y comprensión de los principios de las ciencias y las matemáticas y de los aspectos clave y conceptos propios a cada disciplina de la Ingeniería requeridos para lograr los demás resultados del programa. Amplio conocimiento del contexto multidisciplinar de la Ingeniería.
Análisis en ingeniería (Engineering Analysis)	Solución de problemas consistentes con el nivel de conocimiento y comprensión de su disciplina. En el análisis se incluye la identificación y especificación del problema, la selección de métodos de solución (matemáticos, computacionales, experimentales) y su respectiva implementación. Reconocimiento de los requerimientos relacionados con la salud, la seguridad, el medio ambiente y lo comercial.
Diseño en Ingeniería (Engineering Design)	Realización de diseños de dispositivos, procesos, métodos o artefactos consistentes con su nivel de conocimiento y comprensión, en cooperación con otros profesionales y bajo especificaciones técnicas y consideraciones de tipo social, ambiental y comercial.
Investigación (Investigation)	Uso apropiado de métodos para realizar búsquedas bibliográficas, diseño y ejecución de experimentos, análisis de datos y simulación en su campo de Ingeniería, con base en la consulta de bases de datos, códigos de práctica y estándares de seguridad.
Práctica de la Ingeniería (Engineering Practice)	Aplicación del conocimiento para desarrollar destrezas prácticas (conocimiento y uso de materiales, modelado computacional, fuentes de información, equipos, procesos, talleres prácticos) para la solución de problemas, dirección de investigaciones y diseños de dispositivos y procesos.
Destrezas transferibles (Transferable Skills)	Destrezas necesarias para la práctica de la Ingeniería que son de aplicación más amplia y pueden ser desarrolladas a lo largo de todo el proceso de formación.

**Tabla 7: Resultados para programas de formación en Ingeniería en Europa**

Generalidades	Áreas de formación	Descripción	Porcentaje
Duración de la carrera: 5 años.	Ciencias Básicas	Comprende matemáticas y física, encargadas de proporcionar al estudiante la base y comprensión general de los fundamentos de la Ingeniería y contribuir tanto a su formación como al desarrollo de su capacidad de análisis científico.	15%
	Ciencias de la Ingeniería	Propias de cada titulación. Tienen sus raíces en las ciencias básicas pero se distinguen de ellas por el hecho de estar orientadas hacia la aplicación creativa. Estas materias constituyen la fundamentación teórica de la Ingeniería y deben proporcionar un conocimiento profundo que pueda ser de utilidad durante un largo tiempo a pesar de la rápida evolución de la tecnología.	17%
	Diseño en Ingeniería	Incluye materias orientadas a desarrollar aplicaciones prácticas y metodologías orientadas al diseño y práctica profesional.	30%
	Disciplinas Conocimiento en Economía y Gestión Industrial	Disciplinas que proporcionan conocimiento en Economía y Gestión Industrial. Incluye igualmente otras materias complementarias como las Ciencias Sociales, las Humanidades y otras disciplinas que le ayuden al alumno a entender la cultura, la sociedad y otros aspectos de su contexto social.,	38%
	Total		100%

**Tabla 8: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en España**

Generalidades	Componente	Descripción
Duración de la carrera: 5 años.	Ciencias Básicas	Especialmente matemáticas, aseguran la adaptabilidad futura del ingeniero a la evolución de su vocación (fuerte característica de la formación francesa).
	Ciencias de la Ingeniería	Indispensables para el ejercicio vocacional inmediato.
	Cultura del emprendimiento y comprensión del ambiente social, económico y humano.	
	Habilidades de comunicación y cultura internacional.	

**Tabla 9: Componentes esenciales para la formación de un ingeniero- Escuelas de Ingeniería Francesa**

### 3.5. Asia y el Pacífico

Los sistemas de acreditación en Asia y el Pacífico varían sustancialmente de país a país. [50] expone<sup>10</sup> que en esta región existe una falta de uniformidad en el proceso de acreditación, y que los criterios de acreditación desarrollados y aplicados no dejan ver el ciclo del proceso de formación en su conjunto. Señala además que no existe una evaluación clara e integral de los atributos de los graduados de Ingeniería.

Corea, Japón y la India incluyen dentro de los criterios de acreditación de programas de formación en Ingeniería componentes relacionados con la estructura curricular. Sin embargo, la información disponible sobre los requerimientos curriculares para Japón y la India corresponde solamente a elementos cuantitativos como el mínimo de horas de estudio asociadas a áreas como ciencias sociales y humanidades, matemática, ciencias naturales y tecnologías de la información, y otros campos propios de cada especialización [51] [52]. En [53] se pueden consultar los criterios en Corea.

En Australia se observa un desarrollo más completo de los procesos de acreditación en relación con los demás países. Los Estándares Nacionales de competencias genéricas para ingenieros establecen una primera etapa para el profesional egresado de un programa de Ingeniería, en la cual éste debe demostrar competencias en un amplio campo de la práctica de la Ingeniería y comprender la relación entre ésta y otras disciplinas. Para ello, un programa acreditado de formación debe desarrollar en los estudiantes un conjunto de competencias o atributos que representan el nivel de preparación adecuado y necesario para iniciar la práctica de la Ingeniería [54].

<sup>10</sup> A partir de un proyecto de investigación en el cual se recopilaron datos concernientes a los procesos de Acreditación de Programas de Ingeniería en Malasia, Australia e India como representantes de esta región.

Generalidades	Unidad de competencia	Elementos de competencia
Duración de la carrera: 4 años	Conocimiento Base	Conocimiento de los fundamentos de la ciencia y la Ingeniería; desarrollo a profundidad de las competencias técnicas propias de la disciplina; uso de técnicas y recursos (modelos conceptuales, simulaciones basadas en computador, etc.) para modelar y analizar materiales, dispositivos y sistemas; entendimiento del lugar de la Ingeniería en la sociedad.
	Habilidades de Ingeniería	Capacidad para llevar a cabo la identificación, formulación y solución de problemas; comprensión de la responsabilidad social, cultural, global y ambiental y la necesidad de utilizar principios de desarrollo sostenible; habilidad para utilizar una visión sistémica en problemas complejos; proficiencia en el diseño en Ingeniería; habilidades para gestionar proyectos de Ingeniería; comprensión del ambiente de negocios.
	Atributos Personales	Habilidad para comunicarse efectivamente con un equipo de Ingeniería y con la comunidad en general; habilidad para manejar documentación e información; capacidad de innovación; entendimiento y compromiso con las responsabilidades éticas y profesionales; habilidad para trabajar en equipos multiculturales y multidisciplinarios, como líder, gestor o miembro efectivo; capacidad de aprendizaje permanente y desarrollo profesional y otras aptitudes profesionales.

**Tabla 10: Unidades y elementos de competencia para un profesional en Ingeniería en Australia**

Generalidades	Áreas	Descripción	Duración
Duración de la carrera: 4 años.	Ciencias Básicas	Combinación de un nivel universitario de matemáticas y ciencias básicas y ciencias de la computación apropiadas para cada disciplina.	Un año
	Educación General	Componente que complementa el contenido técnico del currículo y es consistente con los objetivos del programa.	Seis meses
	Tópicos de Ingeniería	Constituida por ciencias de la Ingeniería y diseño en Ingeniería apropiado al campo de estudio de los estudiantes.	Año y medio

**Tabla 11: Estructura curricular para programas de formación en Ingeniería en Corea.**

#### **4. Lineamiento tres: Referenciación internacional de la formación en el área o programa a evaluar o del tema de estudio - Evaluación de los aprendizajes en Ingeniería**

---

El tema de la evaluación de los aprendizajes ha recibido especial interés en el contexto internacional debido a la creciente necesidad de medir el impacto de estrategias, lineamientos, políticas y reformas. Una creciente cultura de “*rendición de cuentas*” y de “*aseguramiento de la calidad*” viene empujando la necesidad de mejorar las estrategias para evaluar. Las últimas dos décadas han mostrado un volumen creciente de investigaciones y publicaciones en torno a la temática. En este contexto, la evaluación se constituye en un medio para recoger evidencias que permitan a las instituciones y a los gobiernos tomar medidas y decisiones bien informadas. La evaluación deja entonces de ser un fin para convertirse en un componente de un sistema de calidad, y los resultados de las evaluaciones dejan de ser vistos como el indicador a observar, para ocuparse más de la calidad de los procesos institucionales que utilizan esta información para asegurar la calidad. En otras palabras, lo importante no son los resultados de la evaluación, sino lo que las instituciones y gobiernos pueden hacer con ellos.

De la misma forma, grandes avances en la comprensión del aprendizaje humano ponen en entredicho muchas de las visiones que clásicamente han sustentado tanto las prácticas de enseñanza, como aquéllas de evaluación en las pasadas décadas.

En particular, en evaluación se ha presentado un cambio fundamental de paradigma: de la evaluación construida a partir de una lista de contenidos y desarrollada mediante la agrupación de preguntas propuestas y validadas por expertos acerca de estos contenidos, se pasa a la evaluación sustentada en las evidencias. Ésta parte de una visión más completa de la forma en que los seres humanos aprenden y estructuran el conocimiento, y de una clara definición a priori de las preguntas que se quieren investigar en la evaluación y de las hipótesis que se quieren validar. En este sentido, el proceso de construcción de las evaluaciones sigue un camino muy diferente al que se ha venido empleando hasta ahora: se basa en buscar evidencias para sustentar las inferencias e interpretaciones que se postulan como resultado del proceso evaluado.

Esta sección se divide en tres partes:

- Breve revisión bibliográfica
- Referentes generales en evaluación
- Referentes generales en evaluación en educación superior y en educación en Ingeniería.

## **4.1. Breve revisión bibliográfica**

En [55] se presenta de forma didáctica y completa el tema de la evaluación de los aprendizajes, insistiendo sobre tres pilares centrales que se deben tener en cuenta en el marco de una aproximación a la evaluación por evidencias: el modelo cognitivo, el diseño de actividades para observar el desempeño de los estudiantes, y el modelo de interpretación. Estos tres componentes se abordan con bastante detalle a lo largo del documento, y se incluyen referencias a investigación reciente.

En [56] se presenta una revisión sobre lo que se sabe acerca del aprendizaje humano a partir de investigación reciente. Desde esta perspectiva, se apuntala el primer componente del que trata la referencia anterior: el modelo cognitivo. Esta obra hace particular énfasis en la comprensión de la forma como se desempeñan un novato y un experto, así como en el rol de la meta cognición<sup>11</sup> en este desempeño y en las posibilidades de aprendizaje.

En [57] se parte de los tres pilares propuestos en [55] y se propone un nuevo esquema con cuatro componentes. Adicionalmente, se propone una taxonomía para la elaboración del constructo o modelo cognitivo.

En [58] se hace una revisión del estado del arte sobre el tema de la evaluación en la educación superior desde los nuevos paradigmas y orientaciones. Cada capítulo es dedicado a una de las dimensiones fundamentales relacionadas con la calidad de la educación superior. Se trata de un libro que presenta una visión de conjunto de gran actualidad.

En [1] se presenta el marco conceptual general que se propone utilizar la OECD para las pruebas que estará piloteando en 2010 en Ingeniería para la educación superior.

En [2] se presenta un marco de estándares para la profesión de Ingeniería que puede servir como marco para un proceso de evaluación.

En [59] se hace referencia a los objetivos generales de los *Assessment of Higher Education Learning Outcomes*, AHELO, y se define una hoja de ruta.

## **4.2. Referentes generales en evaluación de los aprendizajes**

Como ya se mencionó, el creciente número de publicaciones sobre el tema de evaluación hace imposible una revisión, aún muy parcial, de una porción importante de dicha documentación. Se indicarán a continuación algunos documentos recientes que se han venido utilizando en diferentes contextos y que brindan ideas concretas sobre el tema.

### **4.2.1. Objetivos de la evaluación**

Según [55], el objetivo de la evaluación se puede resumir así:

---

<sup>11</sup> La metacognición hace referencia a la capacidad que un individuo puede desarrollar para monitorear sus propias actividades de aprendizaje, el conocimiento que cada uno tiene sobre sus propios procesos y productos cognitivos.

La evaluación en educación busca determinar qué tan bien están aprendiendo los estudiantes, siendo esta labor una parte integral de la búsqueda para mejorar la educación. La evaluación provee realimentación a estudiantes, educadores, padres de familia, políticos y público acerca de la efectividad del servicio educativo. Con el movimiento a lo largo de las dos pasadas décadas en la definición de estándares académicos retadores y la medición del progreso de los estudiantes en relación con estos estándares, la evaluación en educación está jugando un papel cada vez más importante en la toma de decisiones, como no lo había hecho hasta ahora. Por su parte, los interesados en la educación se preguntan si las prácticas de evaluación a gran escala están produciendo la información necesaria para mejorar la educación. Entre tanto, la evaluación en el aula, que tiene el potencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, no se está utilizando en todo su potencial.

En la misma referencia [55] se indica:

Los adelantos de las ciencias cognitivas y de la medición brindan oportunidad para pensar de nuevo los principios científicos y premisas filosóficas fundamentales, así como los fundamentos de las aproximaciones actuales en evaluación. Los adelantos de las ciencias cognitivas han ampliado la concepción de los aspectos del aprendizaje cuya evaluación es indispensable, y los adelantos de la medición han extendido la capacidad de interpretar formas más complejas de evidencia que se derivan del desempeño de los estudiantes.

Más adelante se afirma:

El propósito de una evaluación determina sus prioridades y el contexto de su uso, e impone restricciones en su diseño. Es indispensable reconocer que un tipo de evaluación no puede cumplir con todos los objetivos deseados. A menudo, una evaluación es utilizada con múltiples propósitos; en general, sin embargo, entre más propósitos se le adjudiquen a una prueba, más se compromete el logro de cada uno de ellos.

A pesar de que las evaluaciones se utilicen en varios contextos y con diferentes propósitos, y en consecuencia tengan diferentes presentaciones, todas ellas comparten ciertos principios comunes. Uno de ellos es que la evaluación es siempre un proceso de razonamiento con sustento en las evidencias.

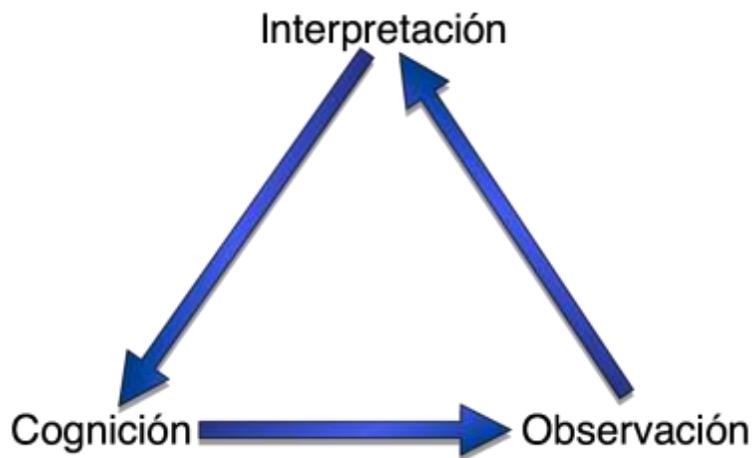
#### **4.2.2. Pilares de una evaluación**

En relación con los pilares de una evaluación, en [55] se afirma:

Cada evaluación, sin importar su propósito, se sustenta en tres pilares: un modelo de cómo los estudiantes representan el conocimiento y cómo desarrollan competencias en un dominio particular; tareas o situaciones que permiten observar el desempeño de los estudiantes; y un método de interpretación que permita proponer inferencias a partir de las evidencias de desempeño obtenidas.

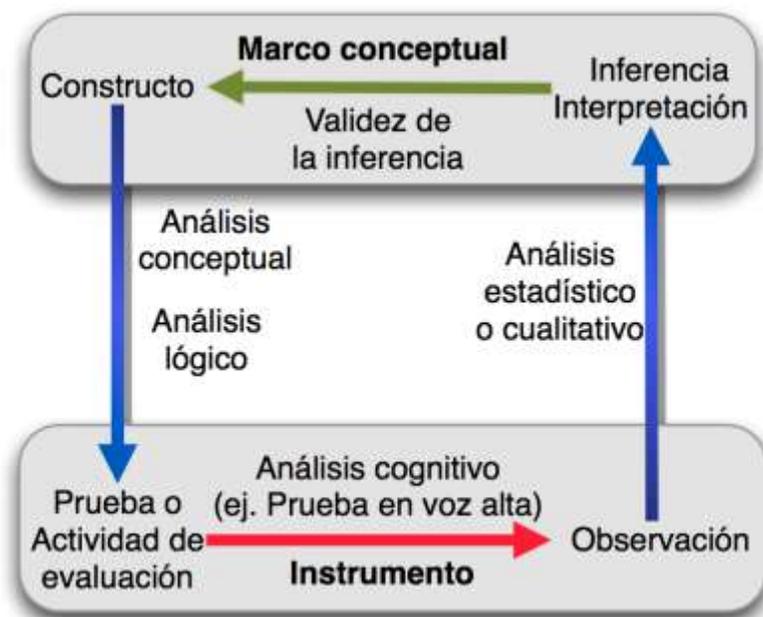
Estos elementos se denominan generalmente *Cognición, Observación e Interpretación*. Toda evaluación incluye, implícita o explícitamente, estos tres pilares. En consecuencia, corre el riesgo de presentar incoherencias entre las premisas utilizadas en las tres dimensiones. En particular, la concepción sobre lo que es el conocimiento y cómo se evidencia en los desempeños de los estudiantes representa la piedra angular de toda evaluación. En resumen, estos tres pilares implican (ver Figura 1):

- el rol central de un modelo de cognición y aprendizaje;
- la alineación del modelo de interpretación con el modelo de cognición y aprendizaje;
- el diseño de actividades cuyo desarrollo exija a los estudiantes poner en práctica desempeños que permitan al evaluador recoger evidencias para alimentar el modelo de interpretación.



**Figura 1: Componentes de la evaluación propuestos por el National Research Council, NRC**

En [57] se agrega un cuarto pilar (mediante la separación de la observación y de la construcción de la actividad de evaluación). El nuevo esquema se resume en la Figura 2:



**Figura 2: Según Shavelson, componentes a incluir en un proceso de evaluación.**

El constructo<sup>12</sup> incluye el modelo conceptual, que involucra el modelo de cognición y de aprendizaje. La definición de este constructo es el corazón de la evaluación y de la determinación final de la validez de la prueba.

Desde esta perspectiva, entre los componentes del constructo, la influencia de las ciencias cognitivas es central [55]:

Este cuerpo de conocimiento indica que las prácticas de evaluación deben evitar limitarse a examinar componentes de habilidades o fragmentos de conocimientos, y buscar evaluar aspectos más complejos de los logros de los estudiantes.

La comprensión sobre la forma en que el novato y el experto se desempeñan, organizan y utilizan el conocimiento, dan claves importantes para orientar la evaluación.

En particular, los aspectos de comunicación se revelan cada vez más importantes en una mirada holística del desempeño de los estudiantes [55]:

La evaluación requiere que se examine cómo se involucran los estudiantes en prácticas de comunicación apropiadas a un dominio de conocimientos y habilidades, qué entienden ellos sobre estas prácticas y cómo utilizan herramientas apropiadas a cada dominio.

<sup>12</sup> Un constructo se refiere a un conjunto de ideas y premisas que sirven de sustento y de guía a un desarrollo. El constructo en general requiere ser validado identificando evidencias que lo confirmen.

### 4.2.3. Taxonomías funcionales para el conocimiento

En general, en Colombia se le ha dado una gran importancia al concepto de competencia, que articula el desempeño de un individuo en un dominio particular de conocimiento (saber), poniendo en práctica ciertas habilidades (saber hacer) y ciertas actitudes (saber ser). En el campo de la evaluación se han buscado conceptos más específicos y en consecuencia más funcionales. En efecto, la formulación de objetivos en términos de definiciones muy generales de competencia resulta poco funcional. Por ello, otros documentos que indican estándares recurren a la descripción de una competencia en términos un inventario de posibles desempeños que resultan más funcionales como sustento de una evaluación. Una definición interesante de competencia en el marco de la Ingeniería se encuentra en [2] página 6:

La competencia profesional integra conocimiento, comprensión, habilidades y valores. El proceso de formación a través del cual los profesionales en Ingeniería llegan a ser competentes generalmente incluye una combinación de educación formal, experiencia y entrenamiento posterior (conocido normalmente como desarrollo profesional). Sin embargo, estos diferentes elementos no están separados ni son secuenciales y pueden no encontrarse en forma estructurada.

Ahora bien, al declinar una competencia en múltiples desempeños, resulta práctico organizarlos según alguna propiedad en una taxonomía apropiada. Entre las distintas alternativas, en Ingeniería se ha optado con frecuencia por la taxonomía de Bloom [60, 61]. Sin embargo, sólo parte de su propuesta taxonómica se ha tenido en cuenta en este marco. Bloom propone tres grandes dimensiones en su taxonomía en relación con las habilidades:

- Dominio afectivo
- Dominio psicomotor
- Dominio cognitivo

En el dominio afectivo se incluyen actitudes, emociones y sentimientos. Aquí se definen cinco niveles (recibir, responder, valorar, organizar y caracterizar)<sup>13</sup>.

En el dominio psicomotor se incluyen las habilidades físicas relacionadas con el control de movimientos en múltiples tareas.

Finalmente, el dominio cognitivo involucra el conocimiento, la comprensión y el pensamiento crítico en torno a un tema particular. Aquí se definen 6 niveles:

- **Conocer:** ser capaz de recordar información, terminología, hechos específicos, clasificaciones, categorías, principios, leyes, teorías, entre otros.

---

<sup>13</sup> Esta categoría se relaciona con la dimensión "saber ser" utilizada en la descripción de una competencia.

- **Comprender:** ser capaz de organizar, comparar, describir, interpretar, proponer, extrapolar. En general, se refiere a encontrar sentido y significado a la información<sup>14</sup>.
- **Aplicar:** ser capaz de resolver problemas aplicando conocimiento, información, técnicas, reglas, entre otros.
- **Analizar:** ser capaz de descomponer información en partes y encontrar la relación entre las mismas, identificar motivos, causas, y evidencias que permitan sustentar generalizaciones.
- **Sintetizar:** ser capaz de compilar información en nuevos patrones o proponer soluciones alternativas.
- **Evaluar:** ser capaz de emitir juicios justificándolos, validar información e ideas.

Esta taxonomía ha tenido muchos adherentes, pero igualmente ha tenido un número importante de críticos. Uno de los aspectos más criticados es el de la jerarquía que implica entre los diferentes niveles, la cual no se produce sistemáticamente (ver, por ejemplo, [62] pág. 49). Adicionalmente, el segundo nivel puede tener algunas dificultades con otras aproximaciones al concepto de comprensión [63].

A pesar de las posibles dificultades que enuncian sus críticos el modelo propuesto por Bloom resulta comprensible y funcional en muchos campos, lo cual explica su frecuente utilización en la actualidad. En Ingeniería, en particular, la categoría de síntesis se ha interpretado como diseño. De esta forma, las tres categorías superiores de análisis, diseño y evaluación encuentran, en el marco de la Ingeniería, una definición bastante clara. Sin embargo, un estudio más profundo de las categorías propuestas por Bloom podría llevar a la conclusión de que la categoría de diseño no puede asociarse a la de síntesis, pues en el diseño se reúnen de alguna forma todas las categorías propuestas por Bloom.

Otra alternativa es una taxonomía reciente propuesta por [57] [64] [58, 65], que se describe en la Figura 3:

---

<sup>14</sup> El concepto de comprender o comprehendere tiene dos posibles interpretaciones: tener el sentido y significado o poder demostrar desempeños flexibles que demuestran una comprensión profunda. En esta categoría se utiliza la primera interpretación.

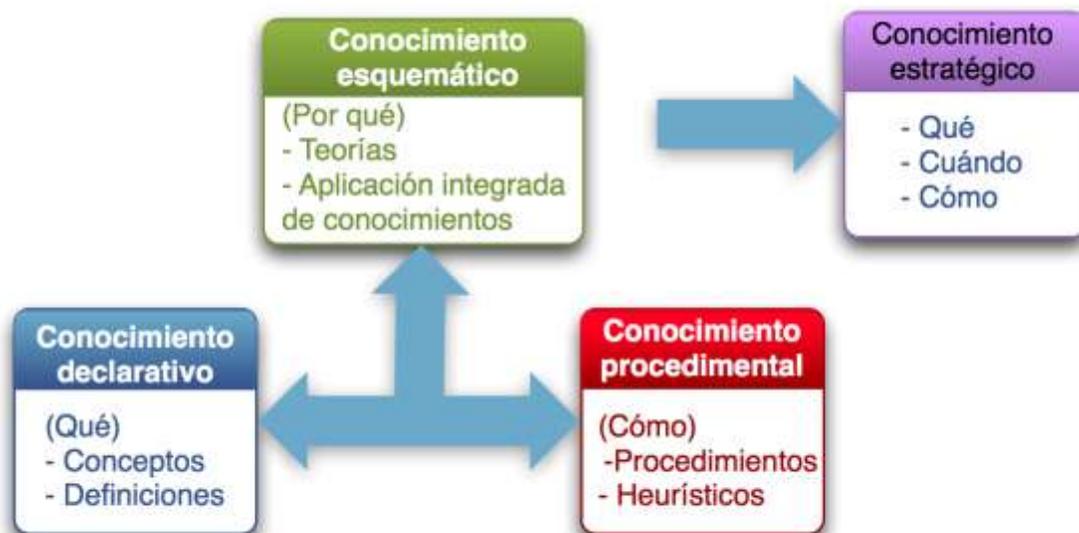


Figura 3 : Tipos de conocimiento que se pueden evaluar.

**Conocimiento declarativo:** hace referencia a la información que se enuncia, como las definiciones, las leyes, o incluso las explicaciones aprendidas de memoria. Se trata de información que responde a la pregunta ¿qué? Desde la perspectiva de Bloom, corresponde entonces a la primera y segunda categoría. Desde la perspectiva de las competencias corresponde a la dimensión del conocimiento (saber). Vale la pena resaltar que los conceptos y las relaciones entre los mismos forman parte de esta categoría si corresponden a información aprendida de memoria por el sujeto.

**Conocimiento procedimental:** se refiere a saber cómo hacer algo. La descripción de un procedimiento es conocimiento declarativo, pero saberlo ejecutar efectivamente corresponde al conocimiento procedimental. En relación con la taxonomía de Bloom, corresponde directamente al tercer nivel (aplicar) y en buena medida a los demás niveles, que incluyen el desarrollo de procesos y procedimientos.

**Conocimiento esquemático:** implica saber el porqué de algo. El estudiante que domina este conocimiento puede explicar, argumentar, y justificar sus argumentos. Es capaz de producir explicaciones basadas en evidencia y sacar conclusiones a partir de un conjunto de información. El dominio de esta dimensión implica una visión holística de los conceptos y de sus conexiones, así como una comprensión de las relaciones causa-efecto que permiten predecir, estimar, explicar e interpretar. Esta categoría se relaciona de forma bastante directa con la categoría de síntesis de Bloom, pero también incluye, aunque en menor medida, la de análisis y la de evaluación. Incluye también la categoría de aplicación en la medida en que se examina el porqué de lo aplicado.

**Conocimiento estratégico:** como se observa en el diagrama, involucra los tres componentes anteriores. Implica ser capaz de plantear una estrategia para abordar una situación novedosa. Se refiere a saber responder a preguntas como

¿cuándo?, ¿dónde?, ¿cómo? Desde la perspectiva de la enseñanza para la comprensión [63], es la demostración de la comprensión en el marco de desempeños flexibles.

Las dos taxonomías antes descritas se aplican al conocimiento en forma genérica. Sin embargo, al interior de las disciplinas a menudo se proponen otras clasificaciones, las cuales privilegian el objeto de estudio y no los aspectos cognitivos.

A título de ejemplo se presenta una taxonomía que se está utilizando en el aprendizaje y la evaluación de las ciencias naturales [66]:

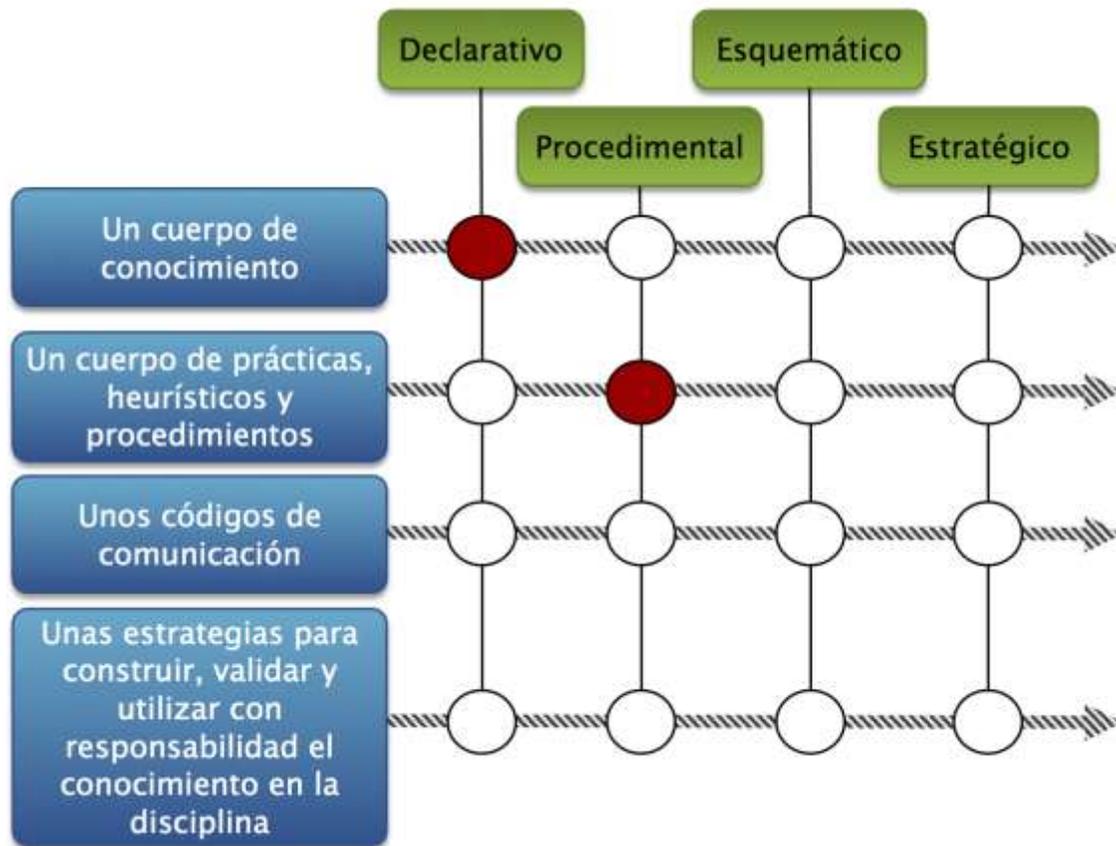
**Faceta conceptual:** se asocia a la dimensión de conocimiento declarativo, e incluye también el conocimiento esquemático en la medida en que se preocupa particularmente por la construcción de explicaciones a los fenómenos naturales. Incluye la información, los conceptos, las leyes, los principios y la descripción de los procesos en la naturaleza.

**Faceta procedimental:** se asocia a la dimensión procedimental de la taxonomía presentada por Shavelson e incluye los procedimientos, métodos y estrategias para adelantar investigaciones en el mundo natural encaminado a construir o reconstruir conocimiento científico.

**Faceta social:** incluye las habilidades y los códigos de comunicación necesarios para interactuar en trabajos y discusiones científicas.

**Faceta epistemológica:** se refiere a la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico, y de la forma como se construye y se valida este conocimiento.

Esta taxonomía permite explicitar el tipo de conocimiento necesario para abordar un objeto de estudio específico, y así delimitarlo y organizarlo en relación con el mismo, para luego hacer la distinción de las categorías cognitivas relacionadas con su aprendizaje al interior de esta primera clasificación. Desde esta perspectiva es posible construir una matriz que relacione de un lado el conocimiento desde la perspectiva de la disciplina, y de otro lado los desempeños según una taxonomía cognitiva (ver Figura 1):



**Figura 4: Cruce de una taxonomía cognitiva con una de estructura de conocimiento disciplinar, caso de las ciencias naturales.**

Con el fin de definir de forma aún más precisa el constructo que se desee evaluar, puede presentarse a su vez, al interior de cada faceta, un desglose en elementos más pequeños.

#### **4.2.4. Métodos de análisis**

En relación con los métodos de análisis, cada vez se hace más énfasis en trabajar las evaluaciones desde las evidencias [55]:

Los adelantos en los métodos relacionados con la medición de aprendizajes incluyen el desarrollo de modelos formales de medición (psicometría), los cuales representan una forma particular de razonar desde la evidencia.

#### **4.2.5. Tendencias en la evaluación**

Otro aspecto fundamental del cambio de paradigma en evaluación tiene que ver con el rol del estudiante en este proceso. En efecto, el estudiante ha pasado de ser un simple objeto de evaluación a desempeñar un rol más activo en ella [55]:

Para que la evaluación sea efectiva – tanto en el ámbito de la clase como en el de la evaluación de gran escala –, el estudiante debe comprender y compartir sus objetivos.

Un instrumento de evaluación es una herramienta diseñada para observar el comportamiento de los estudiantes y producir datos que puedan ser utilizados para proponer inferencias razonables acerca de lo que saben los estudiantes. El tipo de proceso para recolectar evidencia que soporte las inferencias que se quieren realizar es conocido como razonar desde las evidencias.

Finalmente, es importante resaltar la creciente visión holística y sistémica de la evaluación [55]:

El énfasis en investigación, desarrollo y formación debe dirigirse hacia el aula de clase, donde ocurren la enseñanza y el aprendizaje. Una visión hacia el futuro muestra que la evaluación a todos los niveles, desde el aula de clases hasta el nivel nacional, debe funcionar de forma articulada en un sistema global, coherente y continuo.

### **4.3. Referentes generales en evaluación de aprendizajes en educación superior y en Ingeniería**

#### **Marco general para la evaluación de aprendizajes en educación superior**

En [58] y [67] se ponen de relieve tres grandes objetivos para la evaluación en la educación superior:

- Evaluación de logros en el aprendizaje de la disciplina (conocimiento)
- Evaluación de logros en habilidades cognitivas genéricas (habilidades genéricas)
- Evaluación de competencias en relación con responsabilidades individuales y sociales (responsabilidad)

Esta nueva visión se enmarca en un sistema de aseguramiento de calidad más cercano al de las normas internacionales como la ISO9001, que al de las aproximaciones tradicionales a la acreditación institucional. El siguiente triángulo, propuesto en [58], da cuenta de esta nueva aproximación en el terreno de la educación:



**Figura 5: Pilares de la calidad académica**

Estos sistemas no buscan un ordenamiento de las instituciones desde una perspectiva de insumos o de resultados, sino procuran dar cuenta de la existencia efectiva de un sistema capaz de asegurar y mejorar la calidad de los resultados.

#### **4.3.1.1. Evaluación de logros en el aprendizaje de la disciplina**

Incluyen la evaluación de conocimientos y de capacidades de razonamiento y de resolución de problemas en las categorías de conocimiento declarativo, procedimental, esquemático y estratégico que desarrolla el estudiante en su disciplina. En este componente suele ser difícil lograr consensos entre los expertos en la disciplina y los expertos en su enseñanza. Hay varios ejemplos de evaluación de logros disciplinares (los ECAES en Colombia, el GRE en Estados Unidos).

#### **4.3.1.2. Evaluación de logros en habilidades cognitivas genéricas**

El pensamiento crítico, el razonamiento analítico, la resolución de problemas, y la comunicación clara, efectiva y concisa, hacen parte de este componente. Varias propuestas se han venido desarrollando en este marco, entre las que se encuentran MAPP (Measure of Academic Proficiency and Progress), CAAP (Collegiate Assessment of Academic Proficiency), CLA (Collegiate Learning Assessment), y GSA (Graduate Skills Assessment).

#### **4.3.1.3. Competencias en relación con responsabilidades individuales y sociales**

En esta dimensión se toman en cuenta habilidades no cognitivas (*soft skills*) tales como la responsabilidad cívica, el razonamiento ético, o el interés por aprender a lo largo de la vida. La Figura 6<sup>15</sup> ilustra un posible marco de referencia para la evaluación del aprendizaje.

---

<sup>15</sup> Adaptada de la conferencia de Richard Shavelson, Universidad de los Andes, diciembre de 2009.



Figura 6: componentes en la evaluación superior según Shavelson

#### 4.4. Exámenes para evaluar ingenieros en el mundo

A continuación se describen algunos de los referentes para la evaluación de los ingenieros en algunas partes del mundo.

##### 4.4.1.1. Examen de Fundamentos de Ingeniería en Estados Unidos

La entidad encargada de evaluar Ingenieros y Topógrafos en Estados Unidos es el Consejo Nacional de Evaluadores de Ingeniería y Topografía (National Council of Examiners for Engineering and Surveying - NCEES). Este consejo maneja la valoración profesional de los ingenieros a través de exámenes que se aplicaron por primera vez en 1965, y que en la actualidad están inspirando desarrollos parecidos en otros países.

El acta profesional del NCEES tiene como premisa fundamental “*salvaguardar y proteger la vida, salud, propiedad y bienestar público de la comunidad*”; en efecto, estos aspectos pueden verse afectados por la práctica profesional del ingeniero. Esta acta es la que fundamenta la reglamentación estatal de la práctica de Ingeniería en los Estados Unidos.

Los Exámenes para Ingenieros Profesionales no se deben entender como un elemento aislado de evaluación de la calidad profesional de un individuo. Están enmarcados en un contexto más amplio y no constituyen un requisito único para validar la tarjeta profesional. Ya en muchos países se ha comprendido que la sociedad es la encargada de verificar la calidad profesional, y que no se debe delegar esta responsabilidad exclusivamente en las instituciones educativas. Es por esto que para verificar la calidad se evalúan tres niveles de competencia

independientes: *la educación, la experiencia profesional* y por último el *licenciamiento*.

**La acreditación en la educación:** se logra evaluando los programas de pregrado en las universidades y observando, entre muchos otros parámetros, el logro académico de los profesores del programa, las calidades de los mismos y la evaluación de los recursos disponibles para educar.

En el caso de los Estados Unidos, esta valoración es realizada por la Junta de Acreditación para Ingeniería y Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET), que cuenta con 65 años de experiencia acreditando programas de pregrado en Ingeniería.

Para mencionar otros ejemplos, ya en México se creó y es operativo el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), en Argentina existe el Consejo Nacional para Evaluación y Acreditación de Universidades (CONEAU), en Inglaterra el Engineering Council y en la Unión Europea la Federación Europea de las Asociaciones Nacionales de Ingeniería (FEANI). Consecuentes con la globalización, se están preparando acuerdos y acciones multinacionales de reconocimiento mutuo, como son el Washington Accord, FEANI, TLC, APEC y el Hong Kong Working Party, con miras a establecer esquemas de verificación mutua de los procesos de acreditación aplicables a cada país, antes que crear una agencia internacional acreditadora de programas de Ingeniería. Adicionalmente, estos acuerdos van guiados hacia el reconocimiento de las credenciales profesionales del ingeniero para practicar la Ingeniería en otro país signatario.

**Experiencia profesional:** se debe entender como la valoración de la capacidad del ingeniero en ejercicio. Es indudable que este estándar depende fundamentalmente de la educación recibida por el individuo que egresa de la universidad a sus 23 ó 26 años de edad. En algunos países, esta valoración se realiza con la participación de ingenieros con mayor experiencia profesional (generalmente han alcanzado ya el reconocimiento de la sociedad para practicar Ingeniería bajo responsabilidad) que tutelan durante por lo menos 4 años la práctica profesional del joven ingeniero. Al final de este periodo, los ingenieros profesionales avalan la capacidad del ingeniero y lo presentan para que se someta a los exámenes profesionales ante la autoridad (generalmente la Asociación de Protección del Consumidor), que emite la licencia profesional.

**Licenciamiento profesional:** en el caso particular de los Estados Unidos, el NCEES administra los exámenes profesionales, con el apoyo y supervisión de las sociedades y agremiaciones de ingenieros como la ASME, IEEE, ASCE, etc. El examen para licenciamiento consiste de tres partes. La primera es un examen FE (*Fundamentos de Ingeniería*) que el joven egresado de cualquier universidad presenta ante el Estado en donde desea ejercer su profesión.

El examen FE tiene como propósito evaluar en los jóvenes ingenieros si han adquirido un entendimiento adecuado de las ciencias básicas y de la Ingeniería, y si el candidato a la licencia profesional de ingeniero tiene la habilidad de aplicar estos conocimientos para la solución de problemas de Ingeniería. El examen está diseñado para evaluar a nivel individual conocimientos, habilidades y destrezas en

ciencias básicas, matemáticas, ciencias de Ingeniería y elementos de análisis financiero. Además, evalúa evaluar conocimientos, destrezas y habilidades de tópicos específicos de cada disciplina que normalmente se cubren en los últimos dos años de su formación académica como Ingeniero. El examen permite entonces identificar aquellos estudiantes que demuestran un nivel aceptable de competencias en estos tópicos específicos de su disciplina, al tiempo que sirve como herramienta de evaluación global de programas de pregrado.

Este examen tiene una duración de ocho horas y consta de ciento ochenta (180) preguntas de selección múltiple que cubren todos los aspectos de la profesión. La sesión (AM) en las horas de la mañana (4 horas) es de conocimientos básicos de Ingeniería y es COMÚN para todos los ingenieros; consiste de 120 preguntas, cada una con un valor de un punto. En la sesión de la tarde (PM) se aplican 60 preguntas con valoración de dos puntos cada una, y se cubren aspectos específicos de cada Ingeniería evaluada. El FE evalúa las carreras de Ingeniería Eléctrica, Civil, Mecánica, Industrial, Química y Ambiental, y cuenta con una sesión General para las otras disciplinas de la Ingeniería. Generalmente, los egresados de instituciones acreditadas por ABET aprueban dicho examen con una tasa de éxito promedio del 65%; los egresados de las universidades que no son acreditadas tienen, en cambio, tasas de éxito por debajo del 25%.

La Tabla 12 ilustra las especificaciones del examen FE en las áreas de conocimientos evaluadas en la sesión de la mañana (AM).

La Tabla 13 ilustra las especificaciones del examen FE aplicado en las horas de la tarde.

NCEES Fundamentals of Engineering (FE) Examination CIVIL EXAM SPECIFICATIONS Effective Beginning with the April 2009 Examinations  
 The FE examination is an 8-hour supplied-reference examination: 120 questions in the 4-hour morning session and 60 questions in the 4-hour afternoon session.  
 Examinees work all questions in the morning session and all questions in the afternoon module.  
 The FE examination uses both the International System of Units (SI) and the US Customary System (USCS).

### Sesión de la mañana (120 preguntas en 12 áreas)

Tema	Porcentaje de preguntas
Mathematics	15
Engineering Probability and Statistics	7
Chemistry	9
Computers	7
Ethics and Business Practices	7
Engineering Economics	8
Engineering Mechanics (Statics and Dynamics)	10
Strength of Materials	7
Material Properties	7
Fluid Mechanics	7
Electricity and Magnetism	9
Thermodynamics	7

<p><b>Mathematics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Analytic geometry</li> <li>B. Integral calculus</li> <li>C. Matrix operations</li> <li>D. Roots of equations</li> <li>E. Vector analysis</li> <li>F. Differential equations</li> <li>G. Differential calculus</li> </ul>	<p><b>Engineering Probability and Statistics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Measures of central tendencies and dispersions (e.g., mean, mode, standard deviation)</li> <li>B. Probability distributions (e.g., discrete, continuous, normal, binomial)</li> <li>C. Conditional probabilities</li> <li>D. Estimation (e.g., point, confidence intervals) for a single mean</li> <li>E. Regression and curve fitting</li> <li>F. Expected value (weighted average) in decision-making</li> <li>G. Hypothesis testing</li> </ul>
<p><b>Chemistry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Nomenclature</li> <li>B. Oxidation and reduction</li> <li>C. Periodic table</li> <li>D. States of matter</li> <li>E. Acids and bases</li> <li>F. Equations (e.g., stoichiometry)</li> <li>G. Equilibrium</li> <li>H. Metals and nonmetals</li> </ul>	<p><b>Computers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Terminology (e.g., memory types, CPU, baud rates, Internet)</li> <li>B. Spreadsheets (e.g., addresses, interpretation, "what if," copying formulas)</li> <li>C. Structured programming (e.g., assignment statements, loops and branches, function calls)</li> </ul>
<p><b>Ethics and Business Practices 7%</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Code of ethics (professional and technical societies)</li> <li>B. Agreements and contracts</li> <li>C. Ethical versus legal</li> <li>D. Professional liability</li> <li>E. Public protection issues (e.g., licensing boards)</li> </ul>	<p><b>Engineering Economics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Discounted cash flow (e.g., equivalence, PW, equivalent annual FW, rate of return)</li> <li>B. Cost (e.g., incremental, average, sunk, estimating)</li> <li>C. Analyses (e.g., breakeven, benefit-cost)</li> <li>D. Uncertainty (e.g., expected value and risk)</li> </ul>
<p><b>Engineering Mechanics (Statics and Dynamics)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Statics <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Resultants of force systems</li> <li>2. Concurrent force systems</li> <li>3. Equilibrium of rigid bodies</li> <li>4. Frames and trusses</li> <li>5. Centroid of area</li> <li>6. Area moments of inertia</li> <li>7. Friction</li> </ul> </li> <li>B. Dynamics <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Linear motion (force, mass, acceleration, momentum)</li> <li>2. Angular motion (torque, inertia, acceleration, momentum)</li> <li>3. Mass moments of inertia</li> <li>4. Impulse and momentum applied to: a. particles b. rigid bodies</li> <li>5. Work, energy, and power as applied to: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Particles</li> <li>b. Rigid bodies</li> </ul> </li> <li>6. Friction</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Strength of Materials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Shear and moment diagrams</li> <li>B. Stress types (e.g., normal, shear, bending, torsion)</li> <li>C. Stress strain caused by: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Axial loads</li> <li>2. Bending loads</li> <li>3. Torsion</li> <li>4. Shear</li> </ul> </li> <li>D. Deformations (e.g., axial, bending, torsion)</li> <li>E. Combined stresses</li> <li>F. Columns</li> <li>G. Indeterminant analysis</li> <li>H. Plastic versus elastic deformation</li> </ul>
<p><b>Material Properties</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Properties <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Chemical</li> <li>2. Electrical</li> <li>3. Mechanical</li> <li>4. Physical</li> </ul> </li> <li>B. Corrosion mechanisms and control</li> <li>C. Materials <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Engineered materials</li> <li>2. Ferrous metals</li> <li>3. Nonferrous metals</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Fluid Mechanics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Flow measurement</li> <li>B. Fluid properties</li> <li>C. Fluid statics</li> <li>D. Energy, impulse, and momentum equations</li> <li>E. Pipe and other internal flow</li> </ul>
<p><b>Electricity and Magnetism</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Charge, energy, current, voltage, power</li> <li>B. Work done in moving a charge in an electric field (relationship between voltage and work)</li> <li>C. Force between charges</li> <li>D. Current and voltage laws (Kirchhoff, Ohm)</li> <li>E. Equivalent circuits (series, parallel)</li> <li>F. Capacitance and inductance</li> <li>G. Reactance and impedance, susceptance and admittance</li> <li>H. AC circuits</li> <li>I. Basic complex algebra</li> </ul>	<p><b>Thermodynamics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Thermodynamic laws (e.g., 1st Law, 2nd Law)</li> <li>B. Energy, heat, and work</li> <li>C. Availability and reversibility</li> <li>D. Cycles</li> <li>E. Ideal gases</li> <li>F. Mixture of gases</li> <li>G. Phase changes</li> <li>H. Heat transfer</li> <li>I. Properties of: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Enthalpy</li> <li>2. Entropy</li> </ul> </li> </ul>

**Tabla 12: Especificaciones de la sesión de la mañana del examen FE (120 preguntas).**

Tema	Porcentaje de preguntas
Surveying	11
Hydraulics and Hydrologic Systems	12
Soil Mechanics and Foundations	15
Environmental Engineering	12
Transportation	12
Structural Analysis	10
Structural Design	10
Construction Management 1	10
Materials	8

**Tabla 13: Ejemplo de especificaciones de la sesión de la tarde del examen FE (60 preguntas).**

Los resultados del FE por áreas de conocimientos son discriminados y enviados a las respectivas universidades para que se corrijan deficiencias en los correspondientes programas de pregrado. Obsérvese que esta última fase cierra el círculo en lo que respecta a la calidad de los programas de pregrado, ya que esta información se hace pública.

El ingeniero puede presentar la segunda parte del examen después de aprobar el primer examen de Fundamentos de Ingeniería y acreditar cuatro años de experiencia profesional. El examen PE consta de 80 preguntas de selección múltiple en áreas profesionales de Ingeniería, y tiene una duración de ocho horas.

Un tercer requisito para la obtención de la licencia profesional o el reconocimiento P.E. (*Professional Engineer*) se logra a través de un examen que se desarrolla en casa a lo largo de un mes, en el cual el ingeniero demuestra a la sociedad su conocimiento de las responsabilidades éticas, legales y profesionales inherentes a la práctica de la Ingeniería.

Una vez obtenida la licencia profesional o P.E., el ingeniero debe renovarla cada tres años, demostrando que se mantiene activo y actualizado en la profesión correspondiente, a través de diversos mecanismos.

Vale la pena mencionar que en algunos países se están adoptando sistemas similares en lo que respecta a aquellos tres componentes de valoración de la calidad de los profesionales.

#### **4.4.1.2. Examen general de egreso de licenciatura (EGEL) en Ingeniería en México**

El Examen General de Egreso de Licenciatura (EGEL) se elabora y califica en el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A. C. (CENEVAL) de México. El CENEVAL es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro.

El EGEL es una prueba de cobertura nacional que evalúa el nivel de conocimientos y aptitudes académicas de los recién egresados de las licenciaturas en Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Química, Mecánica, Informática-Computación, Industrial, Civil y Mecánica-Eléctrica.

Los resultados obtenidos proporcionan a los estudiantes que lo presentan un índice objetivo de sus niveles de conocimientos y habilidades. Además, las

instituciones educativas cuentan con información comparativa que les permite evaluar los resultados de su proceso de enseñanza-aprendizaje.

## OBJETIVOS DE EGEL

Los objetivos fijados por el Consejo Técnico del EGEL son:

- Determinar la medida en que los egresados de la licenciatura en Ingeniería cumplen con los objetivos académicos de cada área de conocimiento del perfil del egresado preparado por el propio Consejo Técnico.
- Promover la armonización nacional de un nivel académico para los egresados de la carrera de Ingeniería de las diferentes instituciones educativas del país, como un mínimo preestablecido por consenso por el Consejo Técnico.
- Proporcionar a los estudiantes información objetiva acerca del nivel de su formación.
- Informar a la sociedad mexicana acerca de la calidad en la formación académica de los egresados de las carreras de Ingeniería.
- Contribuir a la evaluación de la calidad de la educación superior y proporcionar información útil para mejorarla.

## CARACTERÍSTICAS

Este examen evalúa el rendimiento de los estudiantes con respecto a los conocimientos, habilidades y destrezas considerados básicos y necesarios de la licenciatura en Ingeniería; es decir, evalúa el dominio que poseen respecto a las áreas del conocimiento fundamentales de su disciplina. En su elaboración participan académicos y profesionales altamente calificados de las distintas instituciones de educación superior y gremios profesionales. Cada una de las preguntas, con sus correspondientes opciones de respuesta, ha sido cuidadosamente elaborada y revisada.

El EGEL contiene preguntas de selección múltiple y está organizado en tres sesiones de cuatro horas cada una, que se agrupan por áreas de conocimiento de cada carrera de Ingeniería. Existen dos tipos de preguntas:

- De Conocimiento, con las que se pretende evaluar si el sustentante tiene una adecuada comprensión y entendimiento de los conceptos y principios de las ciencias básicas y de la Ingeniería, necesarios para la resolución de problemas de Ingeniería. Estas preguntas están diseñadas para resolverse en menos de dos minutos.
- De Aplicación, con las que se pretende evaluar si el sustentante posee la habilidad para aplicar los conceptos de las ciencias básicas y de la Ingeniería a la solución de problemas de Ingeniería. Las preguntas de este segundo tipo están diseñadas para resolverse en menos de cinco minutos.

El examen contiene un número similar de preguntas de Conocimiento y de Aplicación. Este examen reúne, además, las siguientes características:

- Es una prueba que se presenta voluntariamente; está dirigida principalmente a los egresados de las escuelas y facultades de Ingeniería que concluyeron 100% de los créditos a la fecha del examen y hasta 36 meses antes, estén o no titulados.
- Es una prueba que evalúa la posición relativa del profesional respecto a los criterios aprobados por el Consejo Técnico del EGEL, así como el estado de sus conocimientos y habilidades en relación con los perfiles general y específico aprobados también por el Consejo Técnico.
- No condiciona la expedición del título ni de la cédula profesional.
- Evalúa resultados de aprendizaje, no los insumos ni los procesos para lograr ese aprendizaje.
- Sus resultados se precisan en una constancia/reporte sin expresiones aprobatorias o reprobatorias.
- Dependiendo de sus resultados, el Consejo Técnico otorga un Testimonio de Desempeño Académico Satisfactorio a los sustentantes cuyo desempeño es satisfactorio y un Testimonio de Alto Rendimiento Académico a los sustentantes cuyo desempeño es sobresaliente.

El diseño se basa en el perfil referencial de validez aprobado por el Consejo Técnico, quien también acordó que el examen sea de naturaleza *criterial* para calificar el logro en las áreas y subáreas que lo integran. Esto permite comparar el puntaje obtenido por cada sustentante con los estándares establecidos previamente. Los reactivos que conforman el examen han sido validados técnicamente por especialistas y calibrados mediante validación cruzada, de acuerdo con la teoría clásica de los test y con la teoría de respuesta al ítem.

En la siguiente tabla se ilustra la estructura de las pruebas EGEL para el caso de Ingeniería Civil.

Área/Subárea	% en el examen	Núm. de reactivos	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
<b>A Planeación</b>	<b>14,9</b>	<b>29</b>			<b>29</b>
1. Diagnóstico de las necesidades sociales y de desarrollo, locales y regionales	3,6	7			7
2. Análisis del marco legal	5,1	10			10
3. Determinación de la factibilidad del proyecto	6,2	12			12
<b>B Diseño de estructuras</b>	<b>20,0</b>	<b>39</b>		<b>39</b>	
1. Estudios requeridos para el diseño de la estructura	5,6	11		11	
2. Requerimientos funcionales de los sistemas estructurales	3,1	6		6	
3. Modelos y métodos de análisis aplicables al diseño de los sistemas estructurales	4,6	9		9	
4. Establecimiento de las dimensiones de los componentes de los sistemas estructurales	4,6	9		9	
5. Elaboración de planos constructivos, memorias de cálculo y especificaciones	2,1	4		4	
<b>C Diseño hidráulico y ambiental</b>	<b>19,5</b>	<b>38</b>	<b>38</b>		
1. Estudios requeridos para el diseño de los sistemas hidráulicos, hidrológicos y ambientales	5,6	11	11		
2. Requerimientos funcionales de los sistemas hidráulicos, hidrológicos y ambientales	3,1	6	6		
3. Modelos y métodos de análisis aplicables al diseño	4,6	9	9		
4. Establecimiento de las dimensiones de los componentes de los sistemas hidráulicos, hidrológicos y ambientales	4,6	9	9		
5. Elaboración de planos constructivos, memorias de cálculo y	2,1	3	3		

Área/Subárea	% en el examen	Núm. de reactivos	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
especificaciones					
<b>D Diseño de cimentaciones y carreteras</b>	<b>19,5</b>	<b>38</b>			<b>38</b>
1. Estudios requeridos para el diseño de las cimentaciones o carreteras	5,1	10			10
2. Requerimientos funcionales de las cimentaciones o carreteras	3,1	6			6
3. Modelos y métodos de análisis aplicables al diseño de las cimentaciones o carreteras	4,6	9			9
4. Establecimiento de las dimensiones de los componentes de las cimentaciones o carreteras	4,6	9			9
5. Elaboración de planos constructivos, memorias de cálculo, especificaciones y volúmenes de obra	2,1	4			4

**Tabla 14: estructura de la prueba EGEL en Ingeniería Civil**

#### **4.4.1.3. Examen Nacional de programas de pregrado (ENC/ Provão) en Ingeniería en Brasil**

La entidad encargada de evaluación de graduados en Ingeniería en Brasil es el Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio| Teixeira - (INEP), adscrita al Ministerio de Educación. Estos exámenes son considerados como un instrumento complementario a procesos de acreditación institucional y de programas, y al Censo de Educación Superior en Brasil.

El Examen Nacional de Programas de Pregrado - ENC (conocido comúnmente como Provão) se aplica a las carreras de Ingeniería Civil, Eléctrica, Mecánica y Química, entre otras profesiones evaluadas. El ENC-Provao se aplicó desde el año de 1996 hasta 2003. Durante este periodo, cambió su objetivo principal de ser un examen de evaluación de conocimientos a un examen de evaluación de competencias y habilidades de los graduados de los programas de pregrado en Ingeniería. En sus últimas versiones, el examen consistía de un cuestionario de 10 preguntas abiertas de 4 horas de duración.

Estos exámenes toman como referencia el perfil común de los profesionales de Ingeniería, con sólida formación humanística; comportamiento ético, crítico y reflexivo; visión gerencial, sistémica y holística; espíritu emprendedor y proactivo; consciente de la importancia de una formación permanente; con autonomía intelectual; conciencia de su papel como agente de transformación de la sociedad, y estar capacitado para:

- ✓ Desempeñarse adecuadamente en equipos multidisciplinares y multiprofesionales;
- ✓ Asimilar críticamente nuevas tecnologías y conceptos científicos en su área de conocimiento y enfrentar nuevos retos tecnológicos y sociales;
- ✓ Actuar creativamente en la identificación y resolución de problemas considerando los aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales como respuesta a las demandas de la sociedad;
- ✓ Consolidar conocimientos teóricos, así como saber transmitirlos y comunicarlos;
- ✓ Desarrollar acciones profesionales para mejorar las condiciones de vida de la población.

#### **4.4.1.4. Conclusiones de la evaluación de ingenieros**

La estructura general de evaluación de los ingenieros en Estados Unidos, Colombia y México tiene algunas similitudes, con exámenes de selección múltiple, de ocho a doce horas de duración, y entre 120 y 220 preguntas. No es de extrañarse que tanto las especificaciones de prueba como los contenidos referenciales evaluados sean los tradicionales y corresponden a la preparación académica general de los ingenieros que se evalúan, por el carácter universal de algunas denominaciones de la profesión.

Vale la pena resaltar la experiencia brasileña con el examen Provas de ingenieros, que en sus primeras aplicaciones en 1996 se centró en la evaluación de conocimientos (como en el caso actual colombiano) y evolucionó, en el año 2003, hacia un examen de evaluación por competencias. Este cambio radical se materializó en la transformación de un gran número de preguntas cerradas de selección múltiple, en diez preguntas de carácter abierto.

#### **4.5. La visión de AHELO para Ingeniería**

La Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico, OECD, ha venido desarrollando grandes evaluaciones internacionales en las que participan los países miembros, así como algunos países no miembros que por iniciativa propia se vinculan. Tal es el caso de algunos países como Colombia, que participó en la prueba PISA en 2006. En particular, esta prueba buscó evidencias sobre los aprendizajes de estudiantes de 15 años de edad, tomando las ciencias naturales como componente central.

Siguiendo con la consolidación de este tipo de pruebas, la OECD tiene previsto pilotear en 2010 pruebas para el nivel de la educación superior, denominadas AHELO<sup>16</sup>. Uno de los componentes de este pilotaje es una prueba para Ingeniería [1]. Además de esta prueba de Ingeniería se aplicará una prueba de competencias genéricas profesionales, para lo cual se optó por una versión adaptada de la prueba CLA que se referencia en la sección anterior.

AHELO incluye los siguientes componentes:

- Evaluación de habilidades genéricas (CLA)
- Evaluación disciplinar para economía o Ingeniería
- Evaluación del valor agregado de la institución
- Evaluación de factores asociados de contexto

En [1] se presenta el marco general de objetivos de aprendizaje para Ingeniería que se propone para AHELO y se compara con otros marcos como el de ABET.

En [59] se indican las limitaciones y objetivos de AHELO. En particular, se insiste sobre la imposibilidad práctica para examinar el sistema de educación terciaria en su conjunto, como sí se hace en las pruebas PISA con relación a la formación

---

<sup>16</sup> Assessment of Higher Education Learning Outcomes

primaria. Por ello, AHELO se orienta a evaluar instituciones de educación terciaria y no al sistema completo de educación terciaria de un país. Igualmente es importante resaltar que AHELO es ante todo un proyecto piloto que busca medir la viabilidad de la realización de pruebas internacionales para evaluar la calidad de la educación terciaria a nivel de las instituciones participantes.