

**MARCO DE FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL  
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA  
ECAES INGENIERÍA DE SISTEMAS  
Versión 6.0**



**ACOFI**

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA**

# ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

## ORGANIZACIÓN ACADÉMICA

### COMITÉ DIRECTIVO DEL PROYECTO

Equipo responsable de proponer las directrices que orienten el marco conceptual para las 15 especialidades de la Ingeniería objeto del proyecto, así como orientar el modelo conceptual de competencias. Su conformación es la siguiente:

Por el Consejo Directivo de ACOFI:

Ing. JAVIER PÁEZ SAAVEDRA

Decano División Ingenierías Universidad del Norte, Barranquilla  
Presidente

Ing. ALBERTO OCAMPO VALENCIA

Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira  
Vicepresidente

Ing. FRANCISCO JAVIER REBOLLEDO MUÑOZ

Decano Académico Facultad de Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá  
Vocal

Ing. JULIO ESTEBAN COLMENARES MONTAÑEZ

Decano Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia, Bogotá  
Vocal

Ing. CARLOS FELIPE LONDOÑO ÁLVAREZ

Rector Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín  
Vocal

Por las Universidades participantes en el Comité:

Ing. ALAIN GAUTHIER SELLER

Decano Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, Bogotá

Ing. JUAN MANUEL BARRAZA BURGOS

Decano Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, Cali

Ing. EDUARDO SILVA SÁNCHEZ

Director Ejecutivo ACOFI

### GRUPO DE COORDINACIÓN ACADÉMICA GENERAL

Grupo responsable de la orientación técnica del proyecto. Su conformación es la siguiente:

Ing. ÁLVARO ENRIQUE PINILLA SEPÚLVEDA

Universidad de los Andes, Bogotá  
Coordinador Académico General

Ing. AMPARO CAMACHO DÍAZ  
Universidad del Norte, Barranquilla

Ing. FRANCISCO JAIME MEJÍA GARCÉS  
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín

Ing. FRANCISCO FERNANDO VIVEROS MORENO  
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

Ing. MAURICIO DUQUE ESCOBAR  
Universidad de los Andes, Bogotá

Ing. GERMÁN JAIRO HERNÁNDEZ PÉREZ  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Mat. EDILBERTO CEPEDA CUERVO  
Asesor en Competencias

Ing. JAIME SALAZAR CONTRERAS  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá  
Coordinador Académico ECAES Ingeniería Agroindustrial, Forestal y Petróleos

#### **EQUIPOS DE EXPERTOS INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Ing. JOSÉ DUVAN MÁRQUEZ DÍAZ  
Universidad del Norte, Barranquilla

Ing. JUAN FRANCISCO DÍAZ FRÍAS  
Universidad del Valle, Cali

Ing. RODRIGO CARDOSO RODRÍGUEZ  
Universidad de los Andes, Bogotá

Bogotá D.C., Julio de 2005

## TABLA DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN.....	5
1 REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN DE PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS.....	6
2 CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA DE SISTEMAS EN COLOMBIA.....	9
3 CARACTERIZACIÓN DE ANTECEDENTES Y REFERENTES DE LA EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.....	13
4 DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.....	20
5 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS COMPETENCIAS Y COMPONENTES QUE SERÁN EVALUADOS.....	21
6 DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES DE PRUEBA.....	29
6.A Anexo Ejemplos de preguntas.....	31
BIBLIOGRAFÍA COMENTADA.....	41

# PRESENTACIÓN

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, comprometida con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad que impulsa el Ministerio de Educación Nacional, viene desarrollando, bajo la supervisión del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, el Contrato 063 de noviembre de 2004. Este contrato tiene como propósito presentar el Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de Prueba para los programas de Ingeniería de Sistemas del país. De acuerdo con el propósito de estos exámenes establecido en el Decreto 1781 de 2003, se precisa que los ECAES son *“pruebas académicas de carácter oficial y obligatorio y forman parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo”* y, dentro de ese marco, las pruebas deben *“comprobar el grado de desarrollo de las competencias de los estudiantes que cursan el último año de los programas académicos de pregrado que ofrecen las instituciones de educación superior”*.

Este trabajo presenta el Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de la Prueba, el cual contiene los siguientes estándares: 1. Referenciación internacional de la formación en el programa académico correspondiente; 2. Caracterización de la formación en el programa académico de pregrado; 3. Caracterización de antecedentes y referentes de la evaluación del programa; 4. Definición del objeto de estudio de los programas; 5. Definición y caracterización de las competencias y componentes que serán evaluados; 6. Definición de las especificaciones de las pruebas.

Se desea destacar el trabajo sobre el tema de competencias, realizado por representantes de la comunidad académica, que es un acercamiento a su conceptualización desde la óptica de la ingeniería y permite una buena aproximación para la construcción de las pruebas ECAES basadas en el modelo de competencias propuestas por el ICFES.

El trabajo conjunto, realizado entre la comunidad académica de los programas de Ingeniería de Sistemas, ACOFI y el ICFES, permitirá a la sociedad colombiana conocer e informarse en forma confiable sobre los principales componentes del proceso de formación que reciben los estudiantes de las diferentes facultades y programas de ingeniería del país y de las competencias y componentes sobre los cuales se basan las pruebas ECAES en ingeniería.

Es fundamental reconocer y destacar el trabajo del Grupo de Coordinación Académico y el Equipo de Expertos, conformados para este propósito, los cuales han recogido y analizado la documentación pertinente, cumpliendo con los estándares para el desarrollo del marco de fundamentación conceptual y especificaciones de los exámenes; igualmente, a los profesionales responsables del apoyo administrativo del proyecto.

Bogotá, D.C., Julio de 2005

# 1 REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN DE PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

La referencia internacional por excelencia en materia de formación en programas de pregrado en Ingeniería de Sistemas (Informática) está en los documentos producidos por la *Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula*. La credibilidad y seriedad reconocidas en las dos principales asociaciones profesionales de la disciplina, la *ACM (Association for Computing Machinery)* y la *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, así como la calidad de la documentación producida (cf. [CC2001], [ACM2004], [ACM2004SE], [ACM2002IS], [ACM2001CE]) hacen de ésta la fuente obligada de referencias para definir lo que es importante en un currículo de informática, cómo se puede estructurar, etc.

Además de la literatura ACM/IEEE consultada, este estudio ha examinado otras fuentes relevantes que resultan interesantes y complementarias. Se han revisado opiniones correspondientes a estudios de la Comunidad Europea (cf. [CSp2001]), Canadá ([SHRC2004]) y Costa Rica ([PPS2004]).

## 1.1 Documentos ACM / IEEE

La *Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula* es un comité conjunto de ACM e IEE que inició actividades en 1988. Dicho comité continúa una tarea comenzada por ACM en 1965, estableciendo regularmente recomendaciones curriculares actualizadas sobre la disciplina. Desde 1991 ACM/IEEE han producido reportes conjuntos que han sido ampliamente acogidos por la comunidad internacional.

El *Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science* [ACM2001] es el reporte final del proyecto Computing Curricula 2001, de ACM/IEEE. Fue el referente principal en la definición de las especificaciones de áreas para los exámenes ECAES 2003 y 2004 (cf. [ACO2003]). En [ACM2001], a diferencia de reportes anteriores en el que la disciplina se identificaba con ciencias de la computación, se reconocieron 4 perfiles de carrera:

- Ciencias de la computación
- Ingeniería de computadores
- Ingeniería de software
- Sistemas de información.

En cada uno de los perfiles se encargaron subcomités que debían producir documentos que describieran la disciplina y recomendaran contenidos curriculares e intensidades de los mismos.

La justificación de la importancia ponderada que se dio a las áreas de conocimiento en [ACO2003] para los ECAES 2003 se fundamentó en las recomendaciones de [ACM2001]. De hecho, para la época en que se discutieron estos asuntos dentro de la comunidad colombiana, lo publicado en 2001 cubría las recomendaciones para Ciencias de la Computación y, además, ya se conocían documentos adicionales correspondientes a los subcomités de Ingeniería de Computadores y de Sistemas de Información:

- *IS 2002 - Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems* [ACM2002IS] y
- *Draft Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Engineering* [ACM2001CE]

El primer documento correspondiente al subcomité de Ingeniería de Software, *Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering* [ACM2004SE], fue publicado en 2004.

En Noviembre de 2004 se publica *Computing Curricula 2004 - Overview report* [ACM2004], la versión más actual y comprehensiva de los reportes ACM / IEEE. Además de los 4 perfiles ya considerados desde 2001, se considera uno adicional:

- Tecnologías de información.

[ACM2004] define las 5 disciplinas o perfiles consideradas y establece intersecciones entre ellas y énfasis que aparecen en cada una. Presenta cuadros comparativos de los conocimientos que las conforman y, adicionalmente a los anteriores reportes, incluye cuadros correspondientes para comparar competencias en los diferentes perfiles.

### **1.2 Documento *Career Space***

*Career Space* es un consorcio formado por compañías de tecnologías de información y de comunicaciones europeas, además de la EICTA (Asociación Tecnológica Europea de Industrias de la Electrónica, la Información y las Comunicaciones). Trabaja en colaboración con la Comisión Europea en la aplicación de tecnologías de información y comunicaciones en Europa y en la formación de personal capacitado para llevar a cabo esta tarea.

*Directrices para el desarrollo curricular* [CSp2001] es un documento que establece una visión europea de lo que debe ser la formación en informática. A diferencia de los documentos de ACM / IEEE, el documento de Career Space tiene un enfoque guiado por las necesidades de las empresas y por los perfiles ocupacionales de los profesionales en Informática.

### **1.3 Documento *Software Human Resource Council***

*Software Human Resource Council* es una agencia canadiense que se preocupa por el desarrollo del recurso humano en el sector informático.

En *Occupational Skills Profile Model (OSPM)* [SHRC2004] se describe un modelo de perfiles ocupacionales, por competencias, para profesionales de la informática.

### **1.4 Documento *Pro-Software***

*Pro-Software* es un proyecto adelantado en Costa Rica para fomentar el desarrollo de recurso humano de calidad en el área de producción de software. El proyecto es financiado con fondos del BID y agrupa intereses de la academia y del gremio de la industria informática del país.

*Programa de apoyo a la competitividad del sector software en Costa Rica* [PPS2004] es el documento final del Proyecto Pro-Software. El proyecto y sus resultados son interesantes como experiencia latinoamericana en el tema, de modo que las conclusiones pueden ser aprovechables en la realidad colombiana.

### **1.5 Conclusiones**

Los referentes internacionales citados muestran una variedad de puntos de vista (Estados Unidos, Europa, Canadá, Latinoamérica), suficiente para formar una opinión sobre lo que la comunidad informática internacional puede esperar de los egresados de programas de pregrado en la disciplina.

La fuente principal para el estudio es, definitivamente, [ACM2004]. Aquí se cuenta con información básica de conocimientos y competencias que deben proporcionar programas en 5 perfiles identificados. Tal información es de gran valor para establecer esquemas curriculares y, eventualmente, para definir la importancia relativa de áreas de conocimiento y/o de competencias dentro de un examen ECAES.

La literatura correspondiente a las agencias europea, canadiense y costarricense citadas sirve de complemento para identificar competencias interesantes, si bien hay un sesgo considerable en enfocar la problemática en las necesidades de las empresas.

## 1.6 Referencias

- [[ACM2001CE](#)] ACM / IEEE, Draft Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Engineering, URL: <http://www.eng.auburn.edu/ece/CCCE/WoodenManReport.pdf>, 2001.
- [[ACM2002IS](#)] ACM / IEEE, IS 2002 - Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, URL: <http://www.acm.org/education/is2002.pdf>, 2002.
- [[ACM2004](#)] ACM / IEEE, Computing Curricula 2004 - Overview report, URL: [http://www.acm.org/education/Overview\\_Draft\\_11-22-04.pdf](http://www.acm.org/education/Overview_Draft_11-22-04.pdf), 2004
- [[ACM2004SE](#)] ACM / IEEE, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering, URL: <http://sites.computer.org/ccse/>, 2004.
- [[CC2001](#)] ACM / IEEE, Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science, URL: <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>, 2001.
- [[ACO2003](#)] ACOFI, Especificación de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería de sistemas / informática - 2003, ACOFI - ICFES, URL: [http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home\\_2/rec/arc\\_3529.pdf](http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_3529.pdf), 2003.
- [[CSp2001](#)] Career Space, Directrices para el desarrollo curricular, URL: <http://www.career-space.com/downloads/Spanishcurguid.pdf>, 2001.
- [PPS2004] Proyecto Pro-Software, Programa de apoyo a la competitividad del sector software en Costa Rica, BID-PROCOMER-CAPROSOFT-FUNCENAT, 2004.
- [[SHRC2004](#)] Software Human Resource Council, Occupational Skills Profile Model (OSPM), [http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?tolevel=career\\_descriptions&section=0&id=2&show=1](http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?tolevel=career_descriptions&section=0&id=2&show=1)



## 2 CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA DE SISTEMAS EN COLOMBIA

El acelerado crecimiento y necesidad de Ingenieros de Sistemas en el país ha llevado a que el número de programas relacionados vaya en un aumento vertiginoso en los últimos años, tal como lo demuestran las estadísticas de [\[ACO1996\]](#), donde se muestra que entre 1992 y 1996 el número de programas aumentó en un 129%, ya que de 27 programas diurnos y 7 nocturnos existentes en Colombia, pasó a 51 programas diurnos y 27 nocturnos, en el rango establecido. Para 2003 había registrados 176 programas en el ICFES-SNIES.

Los actuales programas se podrían clasificar bajo tres enfoques principales: Ciencias de la computación, Ingeniería de software y Sistemas de información<sup>1</sup>.

### 2.1 Plan de estudios

Los planes de estudios para Ingeniería de Sistemas en Colombia cubren temas disciplinares con orientaciones o énfasis diferentes. Como se mencionó, los currículos enfatizan en orientaciones hacia ciencias de la computación, ingeniería de software y sistemas de información.

En 1996, ACOFI emprendió un estudio para establecer cuál debería ser un plan de estudios de ingeniería de sistemas para Colombia. El reporte final [\[ACO1996\]](#) tuvo soporte fundamental en recomendaciones de ACM de la época. Este documento sirvió de insumo para la definición o modificación de currículos vigentes en el país.

En el proceso de diseño del ECAES 2003 se presentó a la comunidad académica colombiana una propuesta de áreas sobre las cuales se evaluarían los estudiantes, basada en las recomendaciones curriculares de la ACM (cf. [\[ACM2001\]](#), [\[ACM2001CE\]](#), [\[ACM2002IS\]](#)). La propuesta fue bien recibida y aceptada sin mayores contratiempos. De esto se podría inferir que los planes de estudio coincidían en gran medida con lo propuesto y, en ocasiones, se pudo pensar en modificaciones apropiadas.

Por lo anterior, se considerará [\[ACO2003\]](#) como una aproximación válida de un plan de estudios mínimo de ingeniería de sistemas (para Colombia).

La estructura de áreas temáticas en [\[ACO2003\]](#) tiene dos grandes componentes:

- Áreas comunes con otras ingenierías
- Áreas propias de la disciplina

La siguiente tabla resume las áreas consideradas:

Campo	Áreas
Comunes	Matemáticas
	Física <sup>2</sup>
	Humanidades <sup>3</sup>
	Económico-administrativa
	Ciencias básicas de ingeniería
Propias de Ingeniería de Sistemas	Matemáticas discretas
	Programación y algorítmica
	Informática teórica
	Arquitectura del computador
	Redes y comunicaciones
	Administración de información
	Sistemas y organizaciones
Ingeniería de software	

<sup>1</sup> En [\[ACM2004\]](#) se reconocen estas orientaciones y, además, las de Ingeniería de Computadores y Tecnologías de Información. La primera, en Colombia, ha sido dominio tradicional de la Ingeniería Electrónica. La segunda no se presenta como tal, aunque se podría pensar comprendida parcialmente dentro de los enfoques considerados.

<sup>2</sup> No incluye Termodinámica ni Física moderna.

<sup>3</sup> Si bien en [\[ECAES2003\]](#) se establecieron temas en esta área, es claro que cada programa define de manera autónoma el enfoque que le da a las Humanidades, dependiendo -muchas veces- de decisiones institucionales.

En el proceso de realización de los exámenes de ECAES 2003 y 2004, hubo sugerencias de modificaciones menores a lo presentado en [\[ACO2003\]](#). Más exactamente:

- El área de Redes y Comunicaciones parecía poco representada, en términos del número de preguntas en el examen. La crítica tiene sentido, si se considera que esta área es una de las de mayor crecimiento o interés profesional en los últimos años.
- El área de Sistemas y Organizaciones tiene grandes diferencias de enfoque en los distintos programas de Ingeniería de Sistemas. Esto conlleva una gran dificultad para lograr acuerdos sobre los temas a evaluar en esta área y, curricularmente, podría pensarse en que estos temas podrían considerarse como electivos dentro de un programa de la carrera.
- El nombre de Informática Teórica no corresponde a los componentes que lo conforman. En realidad, se quiso hablar de Fundamentos de Informática, en el sentido de conocimientos fundamentales y conceptuales propios de la ingeniería de sistemas (v.gr., cuestiones sobre lenguajes formales, autómatas, etc.).

## 2.2 Perfil Profesional

[\[SHRC2004\]](#) es un documento preparado por la agencia canadiense *Software Human Resource Council* que establece perfiles ocupacionales para profesionales de informática. El presente análisis se fundamenta en este reporte.

### 2.2.1 Naturaleza de la ocupación

Los Ingenieros de Sistemas utilizan sus conocimientos, habilidades y destrezas para diagnosticar, diseñar, construir, evaluar y mantener sistemas y procesos de información con el apoyo de las tecnologías informáticas ayudando a las organizaciones y empresas a lograr el mayor beneficio posible en su equipo, el personal y en los procesos, todo dentro de un marco administrativo, empresarial y humanista.

### 2.2.2 Áreas de desempeño

Los profesionales de Ingeniería de Sistemas se desempeñan en los siguientes perfiles:

Administrador de proyectos	AP	Es el ingeniero responsable de la coordinación de desarrollo de sistemas de información y de la implementación de grandes aplicaciones.
Arquitecto de tecnología	AT	Es el ingeniero encargado del diseño, desarrollo, evaluación e integración de aplicaciones de negocios, ambientes técnicos, sistemas operativos, bases de datos y redes de computadores.
Programador de sistemas	PS	Es el ingeniero de sistemas que trabaja en la escritura, mantenimiento y actualización de los programas que controlan la operación total de un sistema de computación.
Analista de base de datos	AB	Maneja y organiza datos electrónicamente de acuerdo a las políticas de administración corporativa y los estándares que aseguren que las necesidades de información de los usuarios sean satisfechas.
Soporte a clientes	SC	Es el ingeniero llamado por un usuario cuando se presentan problemas con el hardware, software, la red, para entrenamiento o instalaciones tanto de hardware como de software.
Analista de sistemas	AS	Es el responsable de la traducción de los requerimientos funcionales en diseños de sistemas, diseño de sistemas de información en computador, modificación de sistemas para mejorar la producción del flujo de trabajo y la expansión de sistemas de computadores ya en uso.
Programador de aplicaciones	PA	Responsable de escribir, verificar y mantener las instrucciones detalladas de los programas de aplicaciones o software.
Promotor y	PD	Profesional que se entrevistará con los clientes y usuarios con el fin de obtener

diseñador de software		la información necesaria para determinar las necesidades en sistemas de una organización y cuáles son las soluciones de software y hardware que se aplicarían a esas necesidades.
Administrador de base de datos	MB	Responsable de la construcción, verificación, instalación y modificación de base de datos de computadores. Es la persona responsable de que la base de datos de una organización esté arriba y disponible. Este trabajo involucra la asistencia en el diseño de bases de datos, disposición de la estructura de la base de datos, identificación y resolución de los problemas de los usuarios, desarrollo e implementación de los procedimientos de mantenimiento, mantenimiento de la seguridad en los datos a través de las copias de backup y procesos de recuperación y afinamiento de la base de datos con el fin de garantizar el servicio a una mayor velocidad.
Director	DI	Responsable de la planificación, implementación y administración de los sistemas de información y los recursos computacionales de una organización.
Auditor	AU	Encargado de asegurar que todos los aspectos de un sistema de información de una organización estén funcionando de acuerdo a las especificaciones con las que fue diseñado.
Analista de seguridad	AE	Coordina las políticas de seguridad planificadas para proteger la información en los archivos del computador de la no autorizada o accidental modificación, destrucción o divulgación. También es responsable de diseñar y monitorear los sistemas de seguridad.

A continuación, se describen las áreas de desempeño del profesional en Ingeniería de Sistemas y se clasifican competencias mínimas que debe poseer el ingeniero, teniendo en cuenta que éstas sean de índole netamente *laboral* (L) o que se desarrollen dentro de su proceso de *formación* (F)

## Competencias dentro de los perfiles profesionales de los Ingenieros de Sistemas

	AP	AT	PS	AB	SC	AS	PA	PD	MB	DI	AU	AE
Deducción e interpretación de datos e información relevantes	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Emitir juicios autónomos	L									L		
Establecer metas y responsabilidades	L									L		
Comunicarse clara y consistentemente	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Pensar analíticamente para la solución de problemas	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Tomar decisiones efectivas bajo presión	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Manejar y supervisar personal	L									L		
Sentido de liderazgo	F									F		
Obtener nuevas experiencias y conocimientos	F	F					F		F	F		
Interactuar con computadores para solución de problemas complejos		F	F					F		F	F	F
Seguir conjunto de rutinas			F	F							F	
Usar razonamiento inductivo				F			F					
Pensar flexiblemente					F		F		F	F		
Utilizar, consolidar y sintetizar información						F				F		
Definir e identificar problemas						F					F	
Automotivarse							F			F		
Trabajar en grupo									F	F	F	

Observando en la tabla, parece importante destacar que las competencias de

- - Deducir e interpretar datos e información relevantes
- - Comunicarse clara y consistentemente
- - Pensar analíticamente para la solución de problemas
- - Tomar decisiones efectivas bajo presión

ya que se presentan en forma transversal para cada uno de los perfiles de egresados de los programas en Ingeniería de Sistemas del país. De estas competencias, la última tiene desarrollo dentro del entorno laboral y no dentro del marco de formación del estudiante.

Por último, cabe resaltar que, así se trate de competencias asociadas con la formación, su evaluación puede no ser factible en el marco de un examen ECAES (cf. 5).

### 2.3 Referencias

- [ACM2001] ACM / IEEE, Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science, URL: <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>, 2001.
- [ACM2001CE] ACM / IEEE, Draft Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Engineering, URL: <http://www.eng.auburn.edu/ece/CCCE/WoodenManReport.pdf>, 2001.
- [ACM2002IS] ACM / IEEE, IS 2002 - Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, URL: <http://www.acm.org/education/is2002.pdf>, 2002.
- [ACO1996] ACOFI, Actualización y modernización del currículo en Ingeniería de Sistemas, ACOFI - ICFES, <http://acofi.edu.co/archivospdf/Ingenier%EDA%20Sistemas.pdf>, 1996.
- [ACO2003] ACOFI, Especificación de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería de sistemas / informática - 2003, ACOFI - ICFES, URL: [http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home\\_2/rec/arc\\_3529.pdf](http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_3529.pdf), 2003.
- [SHRC2004] Software Human Resource Council, Occupational Skills Profile Model (OSPM), [http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career\\_descriptions&section=0&id=2&show=1](http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career_descriptions&section=0&id=2&show=1)

### 3 CARACTERIZACIÓN DE ANTECEDENTES Y REFERENTES DE LA EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

La evaluación de programas de pregrado en informática se ha llevado a cabo en varias instancias y maneras en diferentes países, por organismos gubernamentales (v.gr., en Brasil, [INE2005], o en Colombia [ICF2005]), privados (v.gr., en Estados Unidos [GRE2005], [ETS2005], o en México [CEN2005]), asociaciones profesionales (v.gr., [IEE2005]), o empresariales (v.gr., [Cis2005], [MCP2005], [Sun2005]).

A continuación se detallan las evaluaciones referenciadas en el párrafo anterior. Debe anotarse que las tres últimas se refieren a evaluaciones para certificar conocimientos o habilidades, en contraste con las demás, que evalúan estudios de pregrado. Al final se hace referencia al examen ECAES 2003 / 2004 (cf. [ACO2003], [ICF2005]).

#### 3.1 GRE, EEUU

La *Graduate Record Examinations* [GRE2005] es una prueba desarrollada por una organización sin ánimo de lucro, el *Educational Testing Service* (ETS) en EEUU [ETS2005]. Existe una prueba GRE general que se aplica a egresados de cualquier especialidad. Es la de más amplia aplicación en el mundo y tiene tres componentes: verbal, cuantitativo y de escritura analítica. Adicionalmente, se tienen pruebas específicas (*Subject Tests*) disponibles en 8 disciplinas: Bioquímica - Biología celular y molecular; Biología; Literatura en Inglés; Matemáticas; Química; Física, Sociología y Computación. La prueba específica en computación (*Subject Test in Computer Science*) es también la de más amplia aplicación a egresados de programas relacionados con computación en el mundo. Esta prueba supone que el estudiante tiene fundamentos de matemáticas en las áreas de cálculo y álgebra lineal, así como de su aplicación en computación. La prueba consiste de cerca de 70 preguntas de opción múltiple, con la siguiente distribución aproximada de preguntas:

##### 3.1.1 Sistemas de software y metodología — 40%

- *Organización de datos*: tipos de datos, estructuras de datos y técnicas de implementación.
- *Estructura y control de programas*: iteración, recursión, procedimientos, funciones, métodos, manejo de excepciones, concurrencia, comunicación y sincronización.
- *Lenguajes de programación y notación*: construcciones de control y de organización de datos; paso, ligado (*binding*) y alcance de parámetros y variables; evaluación de expresiones.
- *Ingeniería de software*: especificación formal y aserciones; técnicas de verificación; modelos, patrones y herramientas de software.
- *Sistemas*: compiladores, interpretadores y sistemas de tiempo de ejecución; sistemas operativos incluyendo manejo de recursos y seguridad/protección; Redes Internet y sistemas distribuidos; bases de datos; herramientas de análisis y diseño de sistemas.

##### 3.1.2 Arquitectura y organización de computadores — 15%

- *Diseño lógico digital*: análisis, implementación y optimización de circuitos lógicos combinatorios.
- *Procesadores y unidades de control*: conjuntos de instrucciones; representación numérica y aritmética en computadores; registros y organización de una unidad aritmético lógica; caminos de ejecución y control de secuencia.
- *Memorias y sus jerarquía*: eficiencia, implementación y administración; memoria principal, cache y secundaria; memoria virtual, paginación y segmentación.

- *Redes y comunicaciones*: dispositivos de interconexión (e.g., buses, *switches*, enrutadores); sistemas operativos de I/O y protocolos; sincronización.
- *Arquitecturas de alto desempeño*: *pipelining* superescalar y procesadores con ejecución fuera de orden (*out-of-order execution processors*); arquitecturas paralelas y distribuidas.

### 3.1.3 Teoría y fundamentos matemáticos — 40%

- *Algoritmos y complejidad*: análisis exacto y asintótico de algoritmos específicos; técnicas de diseño algorítmico; cotas superiores e inferiores sobre la complejidad de problemas algorítmicos; complejidad computacional, NP completitud.
- *Teoría de autómatas y lenguajes*: modelos de computación (autómatas finitos y máquinas de Turing); lenguajes formales y gramáticas ( regulares y de contexto libre); decidibilidad.
- *Estructuras discretas*: lógica matemática; análisis combinatorio elemental y teoría de grafos; probabilidad discreta, relaciones de recurrencia y teoría elemental de números.

### 3.1.4 Otros temas — 5%

Incluye áreas como análisis numérico, inteligencia artificial, computación grafica, criptografía, seguridad y aspectos sociales de la computación.

## 3.2 EGEL, México

El *Examen General para el Egreso de la Licenciatura* (EGEL) en informática-computación [CEN2005] es la prueba desarrollada por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL) de México, para evaluación de profesionales recién egresados en la disciplina. Se denominaba anteriormente *Examen General de Calidad Profesional* (EGCP).

En la actualidad se aplica a egresados de 23 programas de educación superior en México. Entre los programas que se evalúan se incluyen las licenciaturas en: Informática-Computación, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Eléctrica e Ingeniería Química.

El examen específico para la licenciatura en Informática-Computación evalúa los conocimientos, habilidades y destrezas considerados básicos y necesarios para el desempeño profesional de un egresado de la licenciatura en informática-computación. La prueba considera cuatro perfiles de egresado en Méjico:

- Perfil A - Organizaciones,
- Perfil B - Sistemas de Información,
- Perfil C - Software,
- Perfil D - Hardware-Redes.

Las calificaciones que emite el CENEVAL están expresadas en una escala especial llamada *índice CENEVAL* cuyo rango va de 700 a 1300 puntos, con un dominio satisfactorio de 1000 a 1149 y un alto rendimiento de 1150 a 1300. La prueba comprende las siguientes áreas de conocimiento:

Área	Subárea	Perfil A	Perfil B	Perfil C	Perfil D
Entorno Social	Las organizaciones	27.5	20.	10.	7.0
	El área de informática				
	Normatividad jurídica				
Matemáticas	Matemáticas básicas	12.5	15.0	25.0	22.0
	Matemáticas aplicadas				
	Matemáticas discretas				
	Teoría matemática de la computación				

Arquitectura de computadoras	Física	7.5	7.5	10.0	21.0
	Sistemas digitales				
	Tipos y configuraciones de computadoras				
Redes	Transmisión y comunicación de datos	7.5	10.0	10.0	11.0
	Modelos				
	Intercomunicación de redes				
	Seguridad de la información				
Software de base	Traductores	7.5	10.0	10.0	10.0
	Sistemas operativos				
	Utilerías y manejadores				
Programación e ingeniería de software	Algorítmica	17.5	7.5	20.0	17.0
	Paradigmas de programación y lenguajes				
	Sistemas e industria del software				
Tratamiento de información	Bases de datos	12.5	17.5	5.0	7.0
	Recuperación de información				
	Sistemas de información				
Graficación, inteligencia artificial e interacción humano-computadora	Graficación	7.5	7.5	10.0	5.0
	Inteligencia artificial				
	Interacción humano-computadora				
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

### 3.3 ENC - Provão, Brasil

El *Exame Nacional de Cursos (ENC-Provão) - Engenharia Elétrica - Modalidade Computação* [INE2005] es una prueba desarrollada por el *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)* de Brasil. Se aplica a 26 especialidades profesionales, entre las que se incluyen ingeniería civil, mecánica, eléctrica y química.

Estas pruebas tienen como particularidad el que -para 2003- estaban basadas en competencias. En la prueba de ingeniería eléctrica se incluye una modalidad electiva con énfasis en computación, pero toda la componente nuclear y las competencias corresponden al programa de ingeniería eléctrica.

### 3.4 Otros exámenes de ingeniería (no para ingeniería de sistemas)

Existen otros exámenes que se aplican a egresados de otras especialidades de ingeniería en el mundo que, si bien tienen gran importancia por su aceptación generalizada, no deben considerarse en la evaluación de ingeniería de sistemas o informática, puesto que esta disciplina no es considerada para evaluación.

Entre estos exámenes están los *FE (Fundamentals of Engineering)*, que aplica el *National Council of Examiners for Engineering and Surveying (NCEES)* [NCE2005] en EEUU y que permite la certificación como ingeniero en entrenamiento. En EEUU este es el paso inicial hacia la obtención de la certificación como ingeniero profesional. Sólo existen exámenes en las especialidades de ingenierías civil, mecánica, eléctrica, industrial, química y ambiental.

### 3.5 Exámenes de certificación profesional

Una manera bastante aceptada y usada de evaluar la competencia laboral de los profesionales de informática es la llamada *certificación* en áreas específicas de la disciplina. Tales certificaciones se refieren usualmente al conocimiento y dominio de cierta tecnología y, por tanto, son usualmente expedidas por los fabricantes de la tecnología o por socios comerciales de los mismos. Eventualmente, una asociación profesional, como IEEE, ofrece también esta clase de certificaciones.

A manera de ejemplo de la manera en que se manejan estas certificaciones, se detallan las expedidas por IEEE, Microsoft, Sun Microsystems y Cisco.

### 3.5.1 Certificaciones IEEE - Computer Society

La *Computer Society* – IEEE declara a un profesional como *Certified Software Development Professional (CSDP)* [[IEE2005](#)].

Los candidatos que aplican a esta certificación deben tener un grado de profesional con un mínimo de 9000 horas de experiencia, en los 4 años anteriores al examen, en al menos 6 de las siguientes 11 áreas de conocimiento en ingeniería de software: I. Profesionalismo e Ingeniería Económica; II. Especificación de Requerimientos de Software; III. Diseño de Software; IV. Construcción de Software; V. Prueba de Software; VI. Mantenimiento de Software; VII. Administración de Ingeniería de Software; VIII Administración de la Configuración de Software; IX Proceso de Ingeniería de Software; X Métodos y Herramientas de Ingeniería de Software y XI Calidad de Software. Cada de estas áreas es evaluada en el examen.

### 3.5.2 Certificaciones Microsoft

Para obtener la certificación profesional de *Microsoft - Microsoft Certified Professional (MCP)* [[MCP2005](#)], a un profesional se le evalúa la habilidad para desarrollar con éxito un producto o una solución del negocio utilizando tecnología Microsoft.

Para esto debe aprobar alguno de los siguientes exámenes: *Microsoft Certified Systems Engineers (MCSEs)*, *Microsoft Certified Database Administrators (MCDBAs)*; *Microsoft Certified Trainers (MCTs)*; *Microsoft Certified Application Developers (MCADs)* o *Microsoft Certified Solution Developers (MCSDs)*.

### 3.5.3 Certificaciones Sun

Sun provee exámenes para obtener certificaciones profesionales en tecnología *Java*, *Solaris* y *Directory Server*, que conducen a certificaciones como *Sun Certified Engineer*, *Sun Certified Programmer*, *Sun Certified Developer* y *Sun Certified Architect* (cf. [[Sun2005](#)]).

### 3.5.4 Certificaciones Cisco

Cisco provee exámenes para obtener certificaciones profesionales para desarrollo de soluciones en redes basadas en su tecnología [[Cis2005](#)]. Estos son: *Cisco Certified Network Design Professional (CCDP)*, *Cisco Certified Internetworking Professional (CCIP)* y *Cisco Certified Network Professional (CCNP)*.

## 3.6 Especificaciones de la pruebas ECAES 2003-2004 para Ingeniería de Sistemas

Para Ingeniería de Sistemas, la estructura general del ECAES [[ACO2003](#)] está conformada por: un núcleo común que incluye el área de Formación Básica y un núcleo específico que comprende el área de Formación en Ciencias Básicas de Ingeniería y el área de Formación Profesional.

### 3.6.1 Núcleo común a todas la ingenierías evaluadas en Colombia

Los contenidos básicos se agrupan por áreas de formación, componentes y subcomponentes de la siguiente manera:

#### *Área de Formación Básica*

Es el conjunto de conocimientos de las ciencias naturales y de las matemáticas que proporciona los conocimientos teóricos y prácticos para fundamentar la ingeniería. Comprende los componentes referentes a la matemática, física, química y biología, que de acuerdo a cada especialidad de ingeniería en particular, puede presentar pequeñas variaciones, que no afectan la estructura general. Así mismo, se evalúa el componente socio humanístico y económico administrativo que



esta orientado hacia la ubicación de la experiencia personal y universitaria en un contexto histórico, socio-económico, político, cultural, técnico o científico, con énfasis en el papel pasado, presente y futuro del conocimiento. Así, los componentes y subcomponentes evaluados en esta área son:

- *Componente de Matemáticas:* incluye los subcomponentes de álgebra, trigonometría, geometría analítica, álgebra lineal, cálculo diferencial y cálculo integral.
- *Componente de Física:* incluye los subcomponentes de mecánica y ondas, electricidad y magnetismo.
- *Componente de Humanidades:* incluye los subcomponentes de cultura general, Constitución y democracia.
- *Componente Económico Administrativo:* incluye los subcomponentes de fundamentos de economía y análisis financiero.

### **3.6.2 Núcleo específico a la Ingeniería de Sistemas**

Los contenidos básicos se agrupan por áreas de formación, componentes y subcomponentes de la siguiente manera:

#### *Área de Formación en Ciencias Básicas de Ingeniería*

Es el conjunto de teorías y conocimientos científicos, derivados de las ciencias naturales básicas, que permiten la conceptualización y el análisis de los problemas de ingeniería. Esta área es el puente necesario para la fundamentación de la Ingeniería Profesional o Aplicada. Comprende los siguientes componentes:

- *Componente de Ciencias Básicas de Ingeniería:* incluye los subcomponentes de análisis numérico, probabilidad y estadística e investigación de operaciones.
- *Componente de Matemáticas Discretas:* incluye los subcomponentes de funciones, relaciones, conjuntos, lógica, conteo, grafos y ecuaciones de diferencia.
- *Componente de Programación y Algorítmica:* incluye los subcomponentes de estructuras de datos, algoritmos, algoritmos clásicos (búsqueda, ordenamiento, ruta mínima en grafos) y verificación de programas.
- *Componente de Informática Teórica:* incluye los subcomponentes de autómatas (conceptos básicos: no teoría de autómatas), lenguajes formales (paradigmas de programación, conceptos básicos de análisis y traducción) y programación orientada por objetos.

#### *Área de Formación Profesional*

Es el conjunto de conocimientos propios básicos de un área específica de la ingeniería mediante los cuales es posible desarrollar conocimientos y tecnología que permiten la aplicación de los principios de las ciencias básicas de la ingeniería. Comprende el saber hacer de la profesión al nivel del estado del arte en los siguientes componentes:

- *Componente de Arquitectura y Funcionamiento del Computador:* Incluye los subcomponentes de circuitos lógicos, representación de datos, arquitectura de hardware básica y sistemas operativos.
- *Componente de Redes y Comunicaciones:* incluye el componente de redes.
- *Componente de Administración de Información:* incluye los subcomponentes de bases de datos y modelaje.
- *Componente de Sistemas y Organizaciones:* incluye el subcomponente de sistemas y organizaciones.
- *Componente de Ingeniería de Software:* incluye los subcomponentes de diseño de software, procesos básicos de software, especificación de software, validación de software y administración de proyectos de software.

### Número de preguntas y tiempo disponible

El número y la distribución de las preguntas en los años 2003 y 2004 se muestra en la siguiente tabla:

	2003	2004
<b>Física</b>	10	12
<b>Humanidades</b>	10	9
<b>Matemáticas</b>	16	16
<b>Económica Administrativa</b>	5	5
<b>Ciencias básicas de Ingeniería</b>	9	8
<b>Matemáticas discretas</b>	10	10
<b>Programación y algorítmica</b>	13	13
<b>Informática teórica</b>	10	10
<b>Arquitectura del Computador</b>	8	8
<b>Redes y Comunicaciones</b>	6	6
<b>Administración de Información</b>	6	6
<b>Sistemas y organizaciones</b>	5	5
<b>Ingeniería de Sw</b>	12	12
<b>Comprensión lectora</b>	0	20

<i>No. preguntas comunes</i>	<i>50</i>	<i>70</i>
<i>No. preguntas ISIS</i>	<i>70</i>	<i>70</i>
<i>Total preguntas</i>	<i>120</i>	<i>140</i>
<i>Tiempo disponible</i>	<i>7 hs</i>	<i>8 hs</i>
<i>Tiempo promedio / pregunta</i>	<i>3.50 min</i>	<i>3.43 min</i>

En 2003 el examen incluyó 50 preguntas que se compartieron con otras ingenierías. En 2004 se compartieron 20 preguntas más, correspondientes a un área de "comprensión lectora".

La distribución de preguntas para 2003 estuvo sustentada por recomendaciones de [ACM2001]. La misma distribución se utilizó en 2004, con excepción de que hubo 2 preguntas adicionales de Física, 1 menos de Humanidades y 1 menos de Ciencias básicas de ingeniería.

El tiempo promedio concedido para resolver cada pregunta fue ligeramente inferior en 2004.

### 3.6 Referencias

[ACM2001] ACM / IEEE, Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science, URL: <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>, 2001.

[ACO2003] ACOFI, Especificación de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería de sistemas / informática - 2003, ACOFI - ICFES, URL: [http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home\\_2/rec/arc\\_3529.pdf](http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_3529.pdf), 2003.

[CEN2005] Centro Nacional de Evaluación de la Educación Superior (CENEVAL), México, URL: <http://www.ceneval.edu.mx/>, 2005.

[Cis2005] CISCO Professional Certification Program, URL: [http://www.cisco.com/en/US/learning/le3/le2/le37/learning\\_certification\\_level\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/learning/le3/le2/le37/learning_certification_level_home.html), 2005

[ETS2005] Educational Testing Service (ETS), URL: <http://www.ets.org>, 2005.

- [[GRE2005](#)] GRE– Subject Test in Computer Science, URL: <http://www.gre.org/subdesc.html#compsci>, 2005
- [[ICF2005](#)] ICFES, URL: <http://www.icfes.gov.co/>, 2005.
- [[IEE2005](#)] IEEE, Certified Software Development Professional, IEEE Computer Society, URL: <http://www.computer.org/certification/>, 2005.
- [[INE2005](#)] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Exame Nacional de Cursos (ENC- Provação), Brasil ,URL: <http://www.inep.gov.br/superior/provao/>, 2005
- [[MCP2005](#)] Microsoft Certified Professional (MCP), URL: <http://www.microsoft.com/learning/mcp/>, 2005.
- [[NCE2005](#)] National Council of Examiners for Engineering and Surveying, URL: [http://www.ncees.org/licensure/licensure\\_for\\_engineers/](http://www.ncees.org/licensure/licensure_for_engineers/)
- [[Sun2005](#)] Sun Certification, URL: <http://www.sun.com/training/certification/>, 2005.

## 4 DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Según [ACO1996], uno de los grandes inconvenientes al tratar de definir la carrera de ingeniería de sistemas, a nivel nacional e internacional, era la falta de unicidad en la definición del objeto de estudio de la profesión. Se reconocía el problema como consecuencia del dinamismo que se presenta durante la formación y el desempeño laboral que ejercerán los futuros profesionales, una vez hayan concluido satisfactoriamente su plan de estudios.

La situación actual – 2005 - es diferente. Se observa un consenso a nivel internacional que reconoce una disciplina con varios perfiles de formación y desempeño (cf. [ACM2004], [CSp2001], [PPS2004], [SHRC2004]), algunos de los cuales tienen representación en el concierto de la academia nacional. Se puede afirmar que los programas de pregrado en ingeniería de sistemas en Colombia se enmarcan, a la fecha, dentro de los enfoques siguientes (cf. 2):

### *-Ciencias de la computación*

Fundamentos teóricos y algorítmicos al servicio del diseño e implementación del software, aplicación de nuevos modos de utilización de computadores y mecanismos para desarrollar soluciones a los problemas de computación.

### *-Ingeniería de Software*

Desarrollo y mantenimiento de sistemas de software. Integra los principios de las matemáticas y ciencias de la computación aplicadas a las soluciones que ofrece.

### *-Sistemas de Información*

Integración de soluciones de tecnología informáticas y procesos desarrollados en los negocios con el fin de conocer sus necesidades de información, en aras de mejorar los objetivos de la organización, tanto en efectividad como en eficiencia. Además, determinación de requerimientos, especificación, diseño e implementación para los sistemas de información de una organización.

La existencia de perfiles debería dar lugar a la evaluación diferencial de los egresados de carreras de informática ofrecidas en Colombia que, si bien tienen una gran intersección en los conocimientos básicos impartidos, se distinguen entre sí en lo profesional, de manera significativa.

## 4.1 Referencias

- [ACM2004] ACM / IEEE, Computing Curricula 2004 - Overview report, URL: [http://www.acm.org/education/Overview\\_Draft\\_11-22-04.pdf](http://www.acm.org/education/Overview_Draft_11-22-04.pdf), 2004
- [ACO1996] ACOFI, Actualización y modernización del currículo en Ingeniería de Sistemas, ACOFI - ICFES, <http://acofi.edu.co/archivospdf/Ingenier%EDa%20Sistemas.pdf>, 1996.
- [CSp2001] Career Space, Directrices para el desarrollo curricular, URL: <http://www.career-space.com/downloads/Spanishcurguid.pdf>, 2001.
- [PPS2004] Proyecto Pro-Software, Programa de apoyo a la competitividad del sector software en Costa Rica, BID-PROCOMER-CAPROSOFT-FUNCENAT, 2004.
- [SHRC2004] Software Human Resource Council, Occupational Skills Profile Model (OSPM), [http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career\\_descriptions&section=0&id=2&show=1](http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career_descriptions&section=0&id=2&show=1)

## 5 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS COMPETENCIAS Y COMPONENTES QUE SERÁN EVALUADOS

La comunidad académica en ingeniería se encuentra comprometida con transformaciones que permitan mejorar su calidad. Fruto de tales transformaciones, se desea un desarrollo adecuado en las carreras de ingeniería que las haga capaces de enfrentar con éxito nuevos contextos de desempeño. Naturalmente, el éxito deberá reflejarse en la calidad de los profesionales que egresen de estas carreras.

En los últimos años, la enseñanza y la evaluación por competencias han venido ganando terreno en diferentes niveles de la educación y tomando diversas formas e interpretaciones. Recientemente, esta idea ha comenzado a ser utilizada en la formación de ingenieros. Por ello, diferentes países e instituciones de educación superior, que ofrecen programas de ingeniería, han dado pasos en la dirección de introducir este concepto en sus procesos de enseñanza y estructuras curriculares.

En este orden de ideas, se espera que la introducción del concepto de competencia en los ECAES, si se hace correctamente, pueda ser una estrategia interesante en el mejoramiento de la educación superior.

A título ilustrativo, sin pretender realizar un estudio de antecedentes, vale la pena mencionar los criterios ABET 2000 ([[ABET2005a](#)], [[ABET2005b](#)], [[ABET2005c](#)]), el trabajo del proyecto europeo TUNING [[Tun2005](#)], los recientes exámenes de estado para ingenieros de Brasil [[INE2005](#)] y un número importante de trabajos en diferentes escuelas de ingenieros (cf. [[ACM2004](#)] para el caso de Informática) en los cuales se encuentra el concepto de competencias manejado con diferentes matices.

De otra parte, la comunidad académica en ingeniería, representada en ACOFI, ha venido realizando un número importante de trabajos de reflexión sobre el tema a lo largo de varios años. En particular, durante 2004, con opiniones divididas sobre la conveniencia de introducir este concepto en los exámenes y la forma de realizarlo.

En el trabajo desarrollado e implementado por el ICFES (cf. [[ICF2005](#)]) en su modelo de evaluación para las pruebas de evaluación de la Educación Básica – SABER y para las de evaluación de Educación Media, las evaluaciones se centran en los procesos cognitivos que incluyen dimensiones o acciones de competencia de tipo *interpretativo, argumentativo y propositivo*. Se pretende seguir esta misma línea de pensamiento para las pruebas de evaluación de la Educación Superior - ECAES, de modo que el significado de las mencionadas dimensiones se entienda en el contexto de la educación superior y, más concretamente, en la ingeniería de sistemas.

### 5.1 Marco conceptual para evaluación por competencias

Si bien el concepto de competencias se puede seguir a través de varias décadas, su utilización en la formación en ingeniería es reciente como parecen confirmarlo los pocos trabajos realizados en algunas escuelas de ingenieros y asociaciones internacionales americanas y europeas tales como ABET ([[ABET2005a](#)], [[ABET2005b](#)], [[ABET2005c](#)]) y el proyecto TUNING [[Tun2005](#)]. En [[ACM2004](#)] se mencionan competencias que deberían conseguir los egresados de programas de informática.

Inclusive esta utilización se limita aun a definiciones de marcos conceptuales generales como en el proyecto europeo TUNING, a criterios de acreditación incluidos por ABET y al trabajo de algunas instituciones educativas particularmente en torno a programas y prácticas innovadoras en el aula. Solamente en el caso del INEP-Brasil [[INE2005](#)], se encuentra el diseño y aplicación de instrumentos de evaluación nacionales basados en este concepto. Ello muestra que el trabajo que pretende abordar el ICFES con la evaluación por competencias para los ECAES de ingeniería en Colombia es osado y relativamente pionero en el concierto mundial.

Un examen de trabajos en varias instituciones de primer nivel que han venido promoviendo cambios curriculares que apuntan al desarrollo de habilidades requeridas en los nuevos escenarios de desempeño de los ingenieros muestra la importancia que ha tomado una

formación por habilidades, capacidades o competencias<sup>4</sup> que en últimas reflejan también un cambio de objetivos, desde el saber, al saber hacer y el ser. Estos trabajos no siempre expresan su intencionalidad en dirección de las competencias, pero resultan finalmente cercanos al concepto. Solamente a título indicativo se mencionan cambios y experiencias en instituciones como Massachusetts Institute of Technology (MIT), California Institute of Technology (CALTECH), Universidad de Colorado, Universidad de Drexel en Estados Unidos; Danske Tekniske Universitet (DTU) en Dinamarca; Ecole de Mines de Nantes y Ecole de Mines de Saint Etienne en Francia.

Sobre las competencias existen diversas definiciones, por ejemplo:

- El ICFES, en la Propuesta General para el diseño del examen de estado para el ingreso a la educación superior (cf. [ICF1998]) define competencia como un *"saber hacer en contexto"*, es decir, *el conjunto de acciones que un estudiante realiza en un contexto particular y que cumplen con las exigencias específicas del mismo*.
- La Universidad Nacional define competencia como *"una actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido. La competencia o idoneidad se expresan al llevar a la práctica, de manera pertinente, un determinado saber teórico"*.
- De otra parte define la competencia como un conocimiento que se manifiesta en un saber hacer o en una forma de actuar frente a tareas que plantean exigencias específicas y que ella supone conocimientos, saberes y habilidades, que emergen en la interacción que se establece entre el individuo y una situación determinada.

Estas, entre otras definiciones, apuntan a concebir la competencia como un conjunto de características propias del ser humano que se ponen en juego en un contexto específico y particular, evidenciada a través de acciones concretas que se consideran indicadores de la misma. Este será el sentido que aquí se adopte como definición de competencia.

### 5.1.1 Competencias cognitivas: interpretación, argumentación, proposición

Se plantea aquí la clasificación de las competencias cognitivas sobre el cual se fundamenta el modelo de evaluación del ICFES. La propuesta de componentes disciplinares y profesionales se articula con estas competencias cognitivas, sin detrimento de las definiciones y objetivos generales de esta evaluación por competencias propuesta por ACOFI.

Se toma como punto de partida la definición misma de las competencias cognitivas y su articulación y armonización con el lenguaje de la Ingeniería (cf. [ICF1998]):

#### *Competencia interpretativa*

Observable en acciones encaminadas a encontrar el sentido de un texto, un problema, una gráfica, un plano de ingeniería, un diagrama de flujo, una ecuación, un circuito eléctrico, entre otras situaciones, donde se le proporciona un contexto al estudiante.

La interpretación sigue unos criterios de veracidad, los cuales no implican sólo la comprensión de los contextos, sino que se debe dirigir a la situación concreta y reflexionar sobre sus implicaciones y los procesos de pensamiento involucrados son el recuerdo, la evocación, comprensión, análisis, medición, etc.

#### *Competencia argumentativa*

Observable en acciones dirigidas a explicar, dar razones y desarrollar ideas de una forma coherente con el contexto de la disciplina evaluada. Los puntos relacionados con esta competencia exigen dar cuenta de un saber fundamentado en razones coherentes con los planteamientos que se encuentran en el texto.

Se contextualiza la argumentación en acciones como la resolución de problemas, los fundamentos de un diseño de ingeniería, la organización de la información, la proyección de la información, la explicación de eventos, fenómenos, la formulación de soluciones a través de un gráfico, un plano, un diagrama, etc.

#### *Competencia propositiva*

Observable en acciones cuyo fin persigue que el estudiante proponga alternativas que puedan aplicarse en un contexto determinado; por lo tanto, se espera que la solución que escoja corresponda con las circunstancias que aparecen en la formulación de un problema. Así mismo,

---

<sup>4</sup> Si bien estos tres conceptos en opinión de los especialistas no son completamente equivalentes, en varios escenarios se manejan como sinónimos con el mismo espíritu.

el estudiante deberá generar hipótesis y proponer alternativas de solución a los problemas de ingeniería que cubran aspectos como los ambientales, de manufacturabilidad, económicos, entre otros; y propondrá acciones de aplicación, evaluación o/y optimización de una solución en un contexto de ingeniería dado.

Se puede anotar, a partir de estas definiciones, que resulta complejo clasificar separadamente las acciones de competencias en el marco de la preparación de los ingenieros. No es fácil demarcar una frontera específica entre estas competencias de suerte que una acción específica pueda ser clasificada de manera inequívoca en una de las categorías de competencia mencionadas.

Por otro lado, es pertinente señalar que la evaluación por competencias es un proceso que exige mucha creatividad. Debido a que las nuevas pruebas buscan medir competencias, las preguntas se deben diseñar con el fin de evaluarlas en aspectos relevantes de la formación del ingeniero de sistemas. Aunque la evaluación de hechos particulares es importante, la comprensión conceptual, los procedimientos, la solución de problemas complejos, la apropiación del conocimiento y la posibilidad de hacer extrapolación del mismo a situaciones novedosas, pueden proporcionar una retroalimentación más confiable para medir la calidad general de los programas.

### **5.1.2 Competencias para ingenieros y para ingenieros de sistemas**

El abordaje de la evaluación de competencias de ingenieros de sistemas está enmarcado en la problemática de realizar un trabajo análogo en las demás ramas de la ingeniería colombiana. Con el ánimo de optimizar recursos, se pretende, en primera instancia, evaluar a todos los ingenieros de manera muy similar en aquellas temáticas y competencias que les son comunes, en tanto que son ingenieros. En segunda instancia, la evaluación busca medir las competencias propias de la profesión: ingeniería de sistemas, para el caso presente.

Lo anterior no quiere decir que tales competencias comunes deban evaluarse, necesariamente, mediante contenidos temáticos comunes a todos los ingenieros. En otras palabras, para los ingenieros de sistemas puede haber competencias genéricas que sean evaluadas con preguntas que se refieran a temas específicos de informática.

Las competencias que deben ser evaluadas en los ECAES surgen de una reflexión y un trabajo en equipo dentro del presente proyecto ACOFI-ICFES, de los coordinadores académicos de cada ingeniería y de los comités encargados de definir los estándares para las 15 ingenierías evaluadas en 2003 y 2004. Así mismo, el tema se ha discutido con los correspondientes encargados de programas que comienzan su evaluación en 2005: Ingeniería agroindustrial, Ingeniería forestal e Ingeniería de petróleo. Naturalmente, la idea es identificar áreas comunes a las diferentes disciplinas, de manera que el planteo, construcción y evaluación de los diferentes exámenes tenga costos y esfuerzos menores.

## **5.2 Contenidos temáticos referenciales para Ingeniería de Sistemas**

La especificación de los contenidos referenciales a ser utilizados en los ECAES se ajusta a la establecida, para contenidos curriculares de ingeniería, en la Resolución 2773 de 2003 del Ministerio de Educación Nacional [MEN2003]. Esta especificación fue el resultado del trabajo continuado de la comunidad académica de ingeniería en la última década y, esencialmente, se vio reflejada en las especificaciones del ECAES 2003 [ACO2003].

En [MEN2003] se definen 4 áreas<sup>5</sup>:

- CB : Ciencias Básicas
- BI : Ciencias Básicas de Ingeniería
- IS : Ingeniería aplicada (Ingeniería de Sistemas, para el caso actual)
- FC : Formación complementaria

El siguiente cuadro resume los contenidos referenciales que se proponen para 2005/06, frente a los utilizados en 2003 y 2004 (cf. 3.6.2)

---

<sup>5</sup> Se llamará *subárea* lo que en 2003 y 2004 se denominaba *componente*, habida cuenta de que este último término se usará para referirse a la clasificación por competencias que se menciona en la sección anterior. Así, Matemáticas es una subárea del área de Ciencias Básicas.

	2003	2004	2005/06	NP	%
<b>Matemáticas</b>	16	16	CB	20	.125
<b>Física</b>	10	12	CB	12	.075
<b>Humanidades</b>	10	9	FC	12	.075
<b>Económica Administrativa</b>	5	5	FC	8	.050
<b>Ciencias básicas de Ingeniería</b>	9	8	BI	10	.063
<b>Matemáticas discretas</b>	10	10	IS	15	.094
<b>Programación y algorítmica</b>	13	13	IS	18	.113
<b>Informática básica</b>	10	10	IS	15	.094
<b>Arquitectura del Computador</b>	8	8	IS	12	.075
<b>Redes y Comunicaciones</b>	5	6	IS	10	.063
<b>Administración de Información</b>	6	6	IS	12	.075
<b>Sistemas y organizaciones</b>	6	5	IS	0	.000
<b>Ingeniería de Sw</b>	12	12	IS	16	.100
<b>Comprensión lectora</b>	0	20	FC	0	.000

Las columnas 2003 y 2004 recuerdan el número de preguntas efectuadas en los ECAES de esos años.

La columna 2005/06 clasifica las subáreas en las áreas de [MEN2003]. Esto quiere decir que se sugiere continuar, esencialmente, con la misma discriminación de subáreas usada en años anteriores, con las siguientes anotaciones:

- En Matemáticas se excluye el tema de Ecuaciones Diferenciales.
- En Física se excluyen los temas de Termodinámica y Física Moderna.
- En Ciencias Básicas de Ingeniería se excluye Química.
- Se elimina la subárea de Sistemas y Organizaciones.
- No se considera, para las cuentas de este documento, la subárea de comprensión lectora<sup>6</sup>.
- Se cambia la denominación de Informática teórica por Informática básica.

Las dos primeras recomendaciones ya fueron tomadas en cuenta en 2003 y 2004 y están justificadas en énfasis curriculares específicos para Ingeniería de Sistemas.

La eliminación de la subárea de Sistemas y Organizaciones obedece a la observación de los resultados de 2003 y 2004. En los dos casos se presenta un fenómeno de incoherencia interna del examen, observado en el hecho de que los mejores individuos en la prueba tienen resultados muy malos en esta componente. Esto puede deberse a que las preguntas no reflejan una evaluación de contenidos comúnmente aceptados o que, simplemente, resulta difícil formular preguntas en esta subárea. Como solución a este problema se sugiere dar más énfasis a una subárea relacionada, como es la Económico-Administrativa.

El cambio de denominación de Informática teórica a Informática básica se debe a que, en la práctica, la primera denominación resultó confusa en la construcción de preguntas para los ECAES 2003 y 2004. Además, el detalle de las especificaciones dadas entonces incluía temas como "programación orientada por objetos" en esta subárea, los cuales deberían estar dentro de la subárea de Programación y Algorítmica.

Las columnas **NP** y **%** en la tabla reflejan la importancia relativa que se sugiere para las subáreas, bajo el supuesto de un examen de 160 preguntas, en contraste con los exámenes de 120 y 140 preguntas de años anteriores. Estos números de preguntas son una guía para estimar cuántas deberían hacerse en cada área y subárea; sin embargo, puede haber variaciones en el resultado final, cuando se piensa que las preguntas que se hagan deban medir determinadas competencias (cf. 6).

<sup>6</sup> No se considera la comprensión lectora como un área temática. En cualquier caso, se deja al ICFES la decisión de incluir o no preguntas que midan, como en 2004, comprensión lectora.



### 5.3 Competencias en Ingeniería de Sistemas

El trabajo adelantado tiene como referencia el proyecto de Actualización y Modernización Curricular en Ingeniería que se adelantó de 1996 a 1999, por parte de ACOFI-ICFES, (cf., [ACO1996], para Ingeniería de Sistemas), donde se plantearon características, destrezas y habilidades que debían tener nuestros ingenieros para ser competitivos en los inicios del siglo XXI. También se revisaron desarrollos realizados en este ámbito por la comunidades académicas de ingeniería en Europa, Estados Unidos y Brasil. El propósito central fue establecer competencias para la ingeniería colombiana que estén a tono con desarrollos similares en el concierto internacional.

Por lo anterior, las competencias que aquí se presentan se clasifican en dos categorías:

- 1 Competencias genéricas a todas las ingenierías.  
Corresponden a características de la formación común a todo ingeniero (cf. 5.1.2).
- 2 Competencias específicas a la Ingeniería de Sistemas.  
Corresponden a la formación profesional de ingenieros de sistemas.

#### 5.3.1 Competencias profesionales generales para los ingenieros en Colombia

Con el propósito de hacer una relación entre las habilidades propias del ingeniero y la elaboración de la prueba ECAES, se analizaron las propuestas de las diferentes fuentes y corrientes señaladas en 5.3.1. En primer lugar, se buscó agruparlas para tener un número reducido que pudieran ser evaluadas.

De hecho, se decidió excluir aquellas habilidades que resultan difíciles de evaluar en una prueba escrita individual, como: capacidad para trabajar en grupos multidisciplinarios, capacidad para aprender y desarrollar actividades experimentales, capacidad para adaptarse a nuevas situaciones, capacidad para generar nuevas ideas (creatividad), apreciación en la diversidad y la multiculturalidad, comprensión de la responsabilidad profesional y ética y compromiso ético, habilidades interpersonales, habilidades para investigación, habilidades computacionales básicas.

El resultado del proceso de identificación de grupos de competencias evaluables se puede resumir en que se considera relevante medir competencias en:

- *Modelamiento de fenómenos y procesos*: Concepción de esquemas teóricos, generalmente en forma matemática, física o computacional de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión, análisis, aplicación y el estudio de su comportamiento.
- *Resolución de problemas de ingeniería*: Planteo de soluciones referidas a cualquier situación significativa, desde elementos dados hasta elementos desconocidos, sean éstos reales o hipotéticos. Requiere pensamiento reflexivo y un razonamiento coherente con un conjunto de definiciones, axiomas y reglas.

Se pretende lograr esta competencia a través de las ciencias básicas, y con ello tener una fundamentación conceptual sólida en las matemáticas y ciencias naturales (física, química, biología). Esto le genera estructura de pensamiento lógico y simbólico y le da las herramientas básicas para la innovación y el desarrollo tecnológico.

- *Comunicación*: Uso adecuado del lenguaje, tanto en el contexto cotidiano como en el científico o de la profesión. Implica, además, el manejo de los aspectos formales de la lengua y la comprensión de la intención comunicativa. El lenguaje es el vehículo para entender, interpretar, apropiarse, expresar y organizar la información que proviene de la realidad y la ficción. Se trata de intercambiar y compartir ideas, saberes, sentimientos y experiencias, en situaciones auténticas de comunicación.

Es una característica que se reclama por parte del sector empresarial y de la cual se quiere hacer énfasis en la formación integral del ingeniero. Se enfatiza que el ingeniero debe ser competente expresando ideas y que, además, pueda escribirlas y argumentar sobre ellas correctamente.

- *Diseño, gestión y evaluación*: Acciones resultantes del análisis y de la evaluación. Se trata de encontrar proporciones correctas y soluciones económicas; determinar características, aplicar métodos y procesos que permitan encontrar alternativas óptimas. Lograr el mejor aprovechamiento de los recursos; estimar, apreciar y calcular el valor de algo; llevar a cabo las acciones y efectos derivados de administrar, con el propósito de lograr los objetivos propuestos, entre otros.

### 5.3.2 Competencias evaluables para Ingeniería de Sistemas con ECAES 2005/06

A partir de las competencias propias de lo que podría denominarse un ingeniero general, reseñadas en la sección anterior, se estructuraron los elementos de evaluación en la prueba ECAES. Desde esta perspectiva se suponen unas competencias que conllevan características comunes a todas las ingenierías:

- a Modelar fenómenos y procesos.
- b Resolver problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales (física, química, biología) y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico.
- c Comunicar efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica.
- d Diseñar, gestionar y evaluar sistemas y procesos de ingeniería, teniendo en cuenta el impacto (social, económico).

Las competencias que se señalan para un ingeniero de sistemas y que lo diferencian de otros profesionales tiene que ver con la manera de llevar a cabo la evaluación de las habilidades correspondientes al grupo **d**. Esto da lugar a un desdoblamiento que se espera permita medir más finamente capacidades específicas esperadas en los ingenieros de sistemas.

Concretamente, se reemplaza el grupo **d** por:

- d1** Utilizar teoría, prácticas y herramientas apropiadas para la solución de problemas de programación (especialmente, programación imperativa)
- d2** Modelar sistemas, componentes o procesos informáticos que cumplan con especificaciones deseadas.
- d3** Dimensionar y evaluar alternativas de soluciones informáticas.

Los grupos de competencias señalados se denominan **componentes de la prueba ECAES**. Cada uno de ellos puede tocar competencias interpretativas, argumentativas y propositivas, en el sentido de 5.1.1.

El cuadro siguiente resume lo expresado y propone la estructura de prueba para los ECAES en Ingeniería de Sistemas, en cuanto a las componentes, su relación con contenidos referenciales y con las competencias cognitivas de 5.1.1.

	Componente	Contenidos referenciales <sup>7</sup>	Interpretar	Argumentar	Proponer
a	Modelar fenómenos y procesos	CB, BI, IS	Identificar y comprender modelos y procesos, variables implicadas	Establecer relaciones entre variables que definen un modelo; analizar efectos de tales relaciones	Generar hipótesis, proponer alternativas de modelamiento
b	Resolver problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales (física, química, biología) y las matemáticas, utilizando	CB, BI, IS	Identificar y comprender elementos y variables que definen un	Establecer y analizar relaciones entre variables que definen un	Generar hipótesis y proponer alternativas de solución

<sup>7</sup> CB: Ciencias Básicas; CBI: Ciencias Básicas de Ingeniería; IS: Ingeniería aplicada (Ingeniería de Sistemas, para el caso actual); FC: Formación complementaria.

	un lenguaje lógico y simbólico.		problema	problema. Dar una solución	
c	Comunicar efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica	CB, BI, FC, IS	Identificar y comprender textos, gráficas, notaciones	Explicar, razonar, desarrollar ideas, fundamentar el contexto	Proponer variantes de formas comunicativas
d1	Utilizar teoría, prácticas y herramientas apropiadas para la solución de problemas de programación (especialmente, programación imperativa)	BI, IS	Evidenciar conocimiento y comprensión de hechos, conceptos, principios y teorías en las diferentes áreas de la disciplina, en la solución de problemas de informática	Utilizar teoría, prácticas y herramientas apropiadas para la solución de problemas de programación imperativa	Analizar alternativas a la luz de prácticas conocidas
d2	Modelar sistemas, componentes o procesos informáticos que cumplan con especificaciones deseadas	BI, IS	Identificar y comprender modelos y procesos, variables implicadas de problemas de informática	Construir especificaciones apropiadas para problemas solucionables mediante técnicas informáticas	Proponer criterios de evaluación que permitan comparar alternativas de solución
d3	Dimensionar y evaluar alternativas de soluciones informáticas	BI, IS	Identificar criterios que permitan evaluar su impacto	Explicar y analizar indicadores de impacto	Proponer y diseñar criterios de evaluación que permitan comparar y seleccionar, soluciones, desde el punto de vista de su impacto

## 5.4 Referencias

- [[ABET2005a](#)] ABET, *Criteria for accrediting engineering programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/E001%2005-06%20EAC%20Criteria%2011-17-04.pdf>, 2005.
- [[ABET2005b](#)] ABET, *Criteria for accrediting applied science programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/R001%2005-06%20ASAC%20Criteria%2011-29-04.pdf>, 2005.
- [[ABET2005c](#)] ABET, *Criteria for accrediting computing programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/C001%2005-06%20CAC%20Criteria%2011-29-04.pdf>, 2005.
- [[ACM2001](#)] ACM / IEEE, Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science, URL: <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>, 2001.
- [[ACM2004](#)] ACM / IEEE, Computing Curricula 2004 - Overview report, URL: [http://www.acm.org/education/Overview\\_Draft\\_11-22-04.pdf](http://www.acm.org/education/Overview_Draft_11-22-04.pdf), 2004
- [[ACO1996](#)] ACOFI, Actualización y modernización del currículo en Ingeniería de Sistemas, ACOFI - ICFES, <http://acofi.edu.co/archivospdf/Ingenier%EDa%20Sistemas.pdf>, 1996.
- [[EUR2005](#)] FEANI - Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros, *Proyecto EUR-ACE*, URL: [http://www.feani.org/EUR\\_ACE/EUR\\_ACE\\_Main\\_Page.htm](http://www.feani.org/EUR_ACE/EUR_ACE_Main_Page.htm), 2005.
- [[ICF1998](#)] ICFES, Examen de Estado para ingreso a la Educación Superior – Cambios para el Siglo XXI – Propuesta General, 1998.
- [[ICF2005](#)] ICFES, URL: <http://www.icfes.gov.co/>, 2005.

- [[INE2005](#)] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Exame Nacional de Cursos (ENC-Provão), Brasil ,URL: <http://www.inep.gov.br/superior/provao/>, 2005
- [[MEN2003](#)] Ministerio de Educaci3n Nacional, Resoluci3n No. 2773, URL: [http://www.mineducacion.gov.co/normas/descarga/Resolucion\\_2773\\_2003.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/normas/descarga/Resolucion_2773_2003.pdf), 2003.
- [[SHRC2004](#)] Software Human Resource Council, Occupational Skills Profile Model (OSPM), [http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career\\_descriptions&section=0&id=2&show=1](http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career_descriptions&section=0&id=2&show=1)
- [[Tun2005](#)] Comunidad Europea, Proyecto Tuning, URL: [http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/tuning/tuning\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/tuning/tuning_en.html), 2005.
- [TORR1998] TORRADO M. De la Evaluaci3n de Aptitudes a la Evaluaci3n de Competencias. ICFES Bogot3 1998.
- [UNAL2000] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Competencias y proyecto pedag3gico. Segunda edici3n. Bogot3. 2000.

## 6 DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES DE PRUEBA

La estructura de los ECAES para Ingeniería de Sistemas responde a la definición de componentes y a la distribución de áreas temáticas establecidas en 5.

### 6.1 Estructura del examen

El ECAES para Ingeniería de Sistemas es un examen de 160 preguntas de selección múltiple que cubre las subáreas de conocimiento señaladas en 5.2, a la luz de las componentes evaluables establecidas en 5.3.

Una distribución uniforme de las 160 preguntas en las 6 componentes daría un promedio de 26.6 preguntas / componente. En la estructura propuesta se establecen cuotas diferenciales por componente que, además, recomiendan una distribución de preguntas por subáreas temáticas acorde con 5.2.

Las columnas en la tabla siguiente corresponden a la distribución de las preguntas de cada componente según

- la subárea temática (CB: Ciencias básicas; BI Ciencias básicas de Ingeniería; FC: Formación complementaria; IS: Ingeniería de Sistemas)
- la competencia cognitiva (I: Interpretación; A: Argumentación; P: proposición) .

	Componente	CB	BI	FC	IS	Total	I	A	P
a	Modelar fenómenos y procesos	16	2	0	2	20	10	5	5
b	Solucionar problemas en CB	16	2	0	2	20	10	5	5
c	Comunicación	0	0	20	8	28	10	10	8
d1	Solucionar problemas en Informática	0	2	0	32	34	14	10	10
d2	Modelar / Especificar en Informática	0	2	0	28	30	12	10	8
d3	Evaluar en Informática	0	2	0	26	28	10	10	8
<b>Totales</b>		<b>32</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>98</b>	<b>160</b>	<b>66</b>	<b>50</b>	<b>44</b>

### 6.2 Tipo de preguntas

Todas las preguntas serán de selección múltiple con única respuesta. La selección deberá hacerse entre 4 posibles respuestas.

Cada pregunta de la prueba se documenta con la siguiente información, que servirá para verificar la satisfacción de las restricciones de estructura de 6.1:

#### a Clasificación – Descripción

Indicadores que clasifican la pregunta de acuerdo a lo establecido en 5.3.3 así como estimaciones sobre la dificultad de encontrar la respuesta correcta:

- Competencia ( *interpretativa / argumentativa / propositiva* )
- Componente ( *a / b / c / d1 / d2 / d3* )
- Contenido referencial ( *CB / BI / FC / IS + subárea específica* )
- Nivel de complejidad ( *alto / medio / bajo* )
- Tiempo de resolución ( *x min.* )

#### b Enunciado

Definición de la pregunta.

#### c Opciones de respuesta

Definición de las 4 opciones de respuestas, identificadas con literales A, B, C, D. Se espera que sólo una de ellas responda correctamente la pregunta del enunciado.

#### d Clave

Exactamente una de las letras A / B / C / D, identificando la opción correcta.

e *Explicación o justificación de la respuesta*

Texto que explica por qué la respuesta indicada como clave es correcta.

### **6.3 Tiempos para la prueba**

En 2003 se presupuestaron 3.50 min / pregunta en promedio (8 hs./ 120 preguntas). En 2004, con un examen esencialmente igual al de 2003, este tiempo se redujo a 3.43 min / pregunta en promedio (8 hs /140 preguntas) (cf. [ICF2005]).

Al aumentar el número de preguntas a 160 en las mismas 8 horas de 2004, los tiempos para cada pregunta se reducen, significativamente, a 3.0 min / pregunta. Si el ICFES decide incluir 20 preguntas adicionales de comprensión lectora, el tiempo promedio se reduce a 2.67 min / pregunta.

### **6.4 Referencias**

[ICF2005] ICFES, URL: <http://www.icfes.gov.co/>, 2005.

## 6.A ANEXO EJEMPLOS DE PREGUNTAS

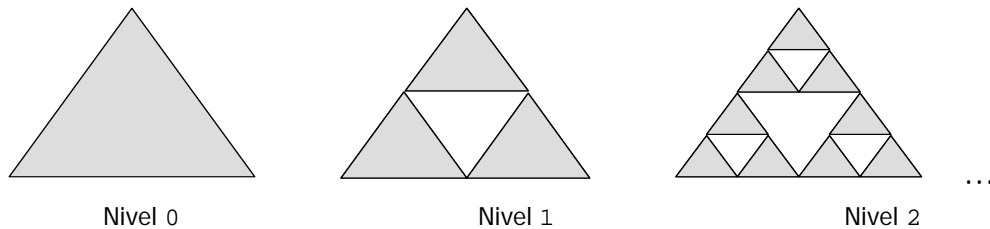
Se incluyen ejemplos de preguntas para ilustrar tanto la forma de las mismas como la estructura de la documentación requerida según 6.2.

### Ejemplo 1

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	A : MODELAR FENÓMENOS Y PROCESOS
CONTENIDO REFERENCIAL	CB : MATEMÁTICAS (SUCESSIONES)
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	2 MINUTOS

#### Enunciado

En la figura de abajo se observa una secuencia de triángulos de Sierpinski



El proceso comienza en el Nivel 0, con un triángulo equilátero de área 1. En cada paso, a cada triángulo equilátero que queda en la figura se le elimina el triángulo formado por los segmentos de línea que unen los puntos medios de sus lados, como se ilustra en la figura. El área de la figura en el Nivel  $n$  (indicada en las figuras por el sombreado) está dada por:

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	$1 - 1/4^n$
<b>B</b>	$1/4^n$
<b>C</b>	$(3/4)^n$
<b>D</b>	$1 - (3/4)^n$

#### Clave

C

#### Resolución o justificación de la respuesta

Sea  $a(n)$  el área sombreada en el Nivel  $n$ . La siguiente ecuación de recurrencia define  $a(n)$ :

$$a(0) = 1$$

$$a(n+1) = 3a(n)/4, \quad n \geq 0$$

Intuitivamente, se descubre que

$$a(n) = (3/4)a(n-1) = (3/4)^2 a(n-2) = \dots = (3/4)^n a(0) = (3/4)^n.$$

También se puede resolver la ecuación de recurrencia por métodos especiales para esto, v.gr., expresándola con un polinomio sobre el operador de adelanto  $E$ :

$$(E - 3/4)a = 0$$

debe tener una solución de la forma

$$a(n) = \alpha(3/4)^n, \quad n \geq 0$$

Como  $a(0) = 1$ , se tiene que  $\alpha=1$ . Por tanto.  $a(n) = (3/4)^n$ .

**Ejemplo 2**

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	INTERPRETATIVO
COMPONENTE	B : SOLUCIONAR PROBLEMAS EN CB
CONTENIDO REFERENCIAL	CB : MATEMÁTICAS (NÚMEROS COMPLEJOS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	2 MINUTOS

**Enunciado**  
 Determine la opción que representa un número complejo  $z$  y su inverso  $1/z$  :

**Opciones de respuesta**

<b>A</b>	
<b>B</b>	
<b>C</b>	
<b>D</b>	

**Clave** | A

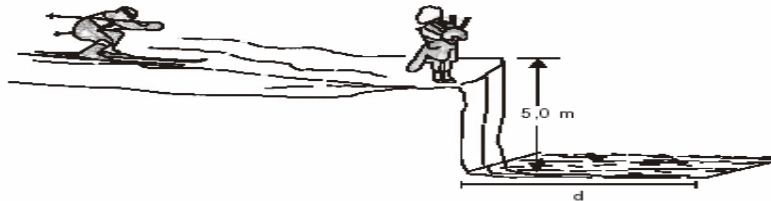
**Resolución o justificación de la respuesta**  
 En coordenadas polares:  $z = re^{i\theta}$ . En este caso:  $1/z = (1/r) e^{i(-\theta)}$



### Ejemplo 3

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	A : MODELAR FENÓMENOS Y PROCESOS
CONTENIDO REFERENCIAL	CB : FÍSICA (MECÁNICA)
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	3 MINUTOS

#### Enunciado



Un escocés toca su gaita parado al borde de un barranco cubierto de nieve que tiene una altura de 5 m. Un esquiador, a pesar de sus esfuerzos por frenar, choca con el escocés a una velocidad de 10 m/s y se precipitan abrazados por el borde del barranco. Los dos hombres con sus respectivos pertrechos tienen, cada uno, la misma masa y la gravedad local es de 10 m/s<sup>2</sup>. Ellos caen a una distancia  $d$  del borde del barranco. El valor de  $d$  en metros, es (ayuda: en un choque inelástico el momento lineal se conserva) :

#### Opciones de respuesta

A	2.5
B	5
C	10
D	12.5

**Clave** B

#### Resolución o justificación de la respuesta

Sean:

$m$  : masa de cada hombre

$v_1$  : velocidad del esquiador antes del choque (10 m/s)

$v_2$  : velocidad del escocés antes del choque (0 m/s)

$v_3$  : velocidad del sistema 'esquiador + escocés' después del choque

$h$  : altura de la caída (5 m)

Conservación del momento lineal:  $m v_1 + m v_2 = (2m) v_3$ . Entonces:  $v_3 = 5$  m/s.

La caída dura un tiempo  $t$  tal que  $h = gt^2/2$ . Como  $h = 5$ ,  $t = 1$ .

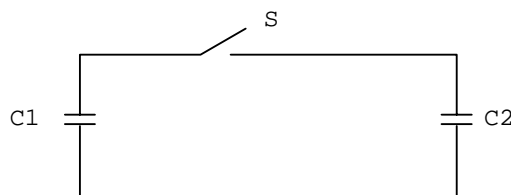
Por tanto:  $d = v_3 t = 5$  m.

#### Ejemplo 4

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	A : MODELAR FENÓMENOS Y PROCESOS
CONTENIDO REFERENCIAL	CB : FÍSICA (ELECTRICIDAD)
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	3 MINUTOS

#### Enunciado

En el circuito de la figura las capacitancias de los dos condensadores son iguales  $C_1=C_2=C$ . Un interruptor  $S$  está abierto, el condensador  $C_1$  esta cargado a un voltaje  $V$  y el condensador  $C_2$  esta descargado:



Después de cerrar el interruptor  $S$ :

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	La tensión en los dos condensadores será $v/2$ y la carga almacenada en cada condensador será igual a la carga almacenada en $C_1$
<b>B</b>	La carga almacenada en los dos condensadores será la misma y la energía almacenada en el sistema será igual a la energía inicial almacenada en $C_1$
<b>C</b>	La tensión en los dos condensadores será igual a la tensión inicial $v$ en el condensador $C_1$ y la energía será conservada
<b>D</b>	La carga en cada condensador será igual a la mitad de la carga inicial almacenada en el condensador $C_1$ y la energía total almacenada en el sistema será la mitad de la energía inicial almacenada en $C_1$

**Clave** D

#### Resolución o justificación de la respuesta

*Circuito abierto:*

Carga:  $q$ . Energía almacenada en el sistema:  $\frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1} = E$

*Circuito cerrado:*

Carga:  $q/2 + q/2$ . Energía almacenada en el sistema:  $\frac{1}{2} \frac{(q/2)^2}{C_1} + \frac{1}{2} \frac{(q/2)^2}{C_1} = E/2$

### Ejemplo 5

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	Interpretativa
COMPONENTE:	Modelamiento de fenómenos y procesos
CONTENIDO REFERENCIAL:	Área de ciencias básicas, Ciencias básicas de ingeniería e Ingeniería aplicada. (teoría de probabilidades, investigación de operaciones, procesos estocásticos)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	Medio
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 minutos

#### ENUNCIADO

Los carros pasan por un punto de una autopista según un proceso aleatorio Poisson a una tasa de dos carros por minuto. Si el 15% de los carros son camionetas. Dado que 25 carros han pasado en una hora cuál es la probabilidad de que 10 de ellos hayan sido camionetas?

#### OPCIONES DE RESPUESTA

- a.  $1.64 \times 10^{-3}$
- b.  $1.74 \times 10^{-3}$
- c.  $1.57 \times 10^{-3}$
- d.  $1.64 \times 10^{-2}$

**CLAVE:** a

#### RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

Esta pregunta tiene que ver con la modelación de problemas bajo incertidumbre utilizando conceptos de distribuciones de probabilidad discretas y procesos estocásticos. Para la resolución de la pregunta se indica que los eventos ocurren según una distribución de Poisson, lo cual determina los parámetros a utilizar.

### Ejemplo 6

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	INTERPRETATIVA
COMPONENTE	D1 : SOLUCIONAR PROBLEMAS EN INFORMÁTICA
CONTENIDO REFERENCIAL	IS : MATEMÁTICA DISCRETA
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	1 MINUTO

#### Enunciado

Se define la función  $f$  sobre parejas de números naturales, recursivamente, así:

- $f(n, 0) = 1$  , para todo  $n$
- $f(n, m+1) = n f(n, m)$  , para todo  $n, m$

entonces  $f(n, m)$  es igual a

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	el residuo de dividir $m$ entre $n$
<b>B</b>	el residuo de dividir $n$ entre $m$
<b>C</b>	el producto de $n$ por $m$
<b>D</b>	$n$ elevado a la $m$

**Clave** D

#### Resolución o justificación de la respuesta

$n^0 = 1$ ,  $n^{m+1} = n \cdot n^m$  se satisfacen. Se puede probar por inducción.

### Ejemplo 7

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	D2 : MODELAR / ESPECIFICAR EN INFORMÁTICA
CONTENIDO REFERENCIAL	IS : PROGRAMACIÓN Y ALGORÍTMICA
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	2 MINUTOS

#### Enunciado

Considere el programa:

```
int a, b, temp;
...
/* Pre Q: a>0 && b>0 && a==A && b==B*/
while (b>0){
    temp= a;
    a= b;
    b= temp mod b; /* x mod y: residuo de división entera de x por
y */
}
/* Pos R: a == ? */
```

El programa es correcto con respecto a la precondición y a la precondición anotadas si la interrogación en la poscondición se reemplaza por (mcd: máximo común divisor; mcm: mínimo común múltiplo; div: división entera; mod: residuo de división entera)

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	mcd(A,B)
<b>B</b>	mcm(A,B)
<b>C</b>	A div B
<b>D</b>	A mod B

**Clave** A

#### Resolución o justificación de la respuesta

Es el algoritmo de Euclides.

Definiendo  $P: a > 0 \ \&\& \ b > 0 \ \&\& \ \text{mcd}(a,b) == \text{mcd}(A,B)$  se comprueba que

- $P$  vale antes de iterar:  $Q \Rightarrow P$
- $P$  sirve para probar la poscondición:  $P \wedge \neg(b > 0) \Rightarrow R$
- $P$  es invariante  $\{P\} \text{ temp}=a; a=b; b=\text{temp mod } b; \{P\}$

Es decir,  $R: a == \text{mcd}(A,B)$  es verdadero.

### Ejemplo 8

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	INTERPRETATIVA
COMPONENTE	D3 : EVALUAR EN INFORMÁTICA
CONTENIDO REFERENCIAL	IS : INGENIERÍA DE SOFTWARE
NIVEL DE COMPLEJIDAD	BAJO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	.5 MINUTOS

#### Enunciado

El modelo de ciclo de vida tipo espiral para el desarrollo del software contribuye a

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	mejorar la gestión de riesgo del proyecto
<b>B</b>	disminuir los costos del proyecto
<b>C</b>	lograr que los requerimientos del usuario estén definidos en la fase inicial del proyecto
<b>D</b>	favorecer la rapidez de ejecución del proyecto

#### Clave

B

#### Resolución o justificación de la respuesta

Los costos deberían reducirse al descubrir fallas más tempranamente. Las otras opciones no son verdaderas, necesariamente, por adoptar un ciclo de vida en espiral.

### Ejemplo 9

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	D1 : SOLUCIONAR PROBLEMAS EN INFORMÁTICA
CONTENIDO REFERENCIAL	IS : ESTRUCTURAS DE DATOS
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	1 MINUTO

#### Enunciado

Al representar un grafo de  $n$  vértices con matrices de adyacencia, la pregunta de saber si dos nodos están conectados por un camino en el grafo se puede resolver en tiempo

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	$O(n)$
<b>B</b>	$O(n^2 \log n)$
<b>C</b>	$O(n^2)$
<b>D</b>	$O(n \log n)$

#### Clave

C

#### Resolución o justificación de la respuesta

En el peor caso debe recorrerse todo el grafo, lo que equivale a pasar por todas las entradas de la matriz que lo representa. Se puede usar el Algoritmo de Warshall o una variante del de Dijkstra.

### Ejemplo 10

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	INTERPRETATIVA
COMPONENTE	D1 : SOLUCIONAR PROBLEMAS EN INFORMÁTICA
CONTENIDO REFERENCIAL	IS : ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINA
NIVEL DE COMPLEJIDAD	BAJO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	1 MINUTO

#### Enunciado

El número de bits en código BCD (*Binary Coded Decima*) y el número de bits en código binario requeridos para representar el decimal 645 son, respectivamente

#### Opciones de respuesta

<b>A</b>	12 en BCD, 9 en binario
<b>B</b>	16 en BCD, 9 en binario
<b>C</b>	12 en BCD, 10 en binario
<b>D</b>	16 en BCD, 10 en binario

#### Clave

C

#### Resolución o justificación de la respuesta

En BCD cada dígito decimal se representa con 4 bits. Es decir se requieren 12 bits para representar un número de 3 dígitos decimales.

El decimal 695 está entre  $2^9$  y  $2^{10}$ . Por tanto, se requieren 10 bits para representarlo en binario.



## BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

- [[ABET2005a](#)] ABET, *Criteria for accrediting engineering programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/E001%2005-06%20EAC%20Criteria%2011-17-04.pdf>, 2005.  
Criterios ABET 2005 – 2006 para acreditar programas de ingeniería.
- [[ABET2005b](#)] ABET, *Criteria for accrediting applied science programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/R001%2005-06%20ASAC%20Criteria%2011-29-04.pdf>, 2005.  
Criterios ABET 2005 – 2006 para acreditar programas de ciencias aplicadas.
- [[ABET2005c](#)] ABET, *Criteria for accrediting computing programs*, URL: <http://www.abet.org/images/Criteria/C001%2005-06%20CAC%20Criteria%2011-29-04.pdf>, 2005.  
Criterios ABET 2005 – 2006 para acreditar programas de computación.
- [[ACM2001](#)] ACM / IEEE, Final Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Science, URL: <http://www.computer.org/education/cc2001/final/index.htm>, 2001.  
Reporte de la iniciativa conjunta ACM/IEEE para la definición de currículos de Ciencias de la Computación. Esta es la versión de 2001. En 11.2 hay un pronunciamiento sobre habilidades y capacidades que un currículo de Ciencias de la Computación debería perseguir.
- [[ACM2001CE](#)] ACM / IEEE, Draft Report of the Joint ACM/IEEE-CS Task Force on Computing Curricula 2001 for Computer Engineering, URL: <http://www.eng.auburn.edu/ece/CCCE/WoodenManReport.pdf>, 2001.  
Reporte de la iniciativa conjunta ACM/IEEE para la definición de currículos de Ingeniería de Computadores.
- [[ACM2002IS](#)] ACM / IEEE, IS 2002 - Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, URL: <http://www.acm.org/education/is2002.pdf>, 2002.  
Reporte de la iniciativa conjunta ACM/IEEE para la definición de currículos de Sistemas de Información.
- [[ACM2004](#)] ACM / IEEE, Computing Curricula 2004 - Overview report, URL: [http://www.acm.org/education/Overview\\_Draft\\_11-22-04.pdf](http://www.acm.org/education/Overview_Draft_11-22-04.pdf), 2004  
Reporte ACM/IEEE sobre currículos de Informática, a Noviembre de 2004. Incluye perfiles actuales (5) y descripciones de los mismos. Para cada perfil se indican temas que se cubren y competencias que se deben adquirir.
- [[ACM2004SE](#)] ACM / IEEE, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering, URL: <http://sites.computer.org/ccse/>, 2004.  
Reporte de la iniciativa conjunta ACM/IEEE para la definición de currículos de Ingeniería de Software.
- [[ACO1996](#)] ACOFI, Actualización y modernización del currículo en Ingeniería de Sistemas, ACOFI - ICFES, <http://acofi.edu.co/archivospdf/Ingenier%EDa%20Sistemas.pdf>, 1996.  
Estado del arte en materia de currículos de Ingeniería de Sistemas, a Marzo de 1996. El estudio es todavía pertinente, habida cuenta de que no se han reportado grandes cambios en los últimos años en el asunto.  
Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en este tiempo se han dado cambios tecnológicos que han incidido de manera puntual en la definición curricular. Entre éstos: la tecnología orientada por objetos, las redes y comunicaciones, con mayor o menor nivel de abstracción, han cambiado la forma de enfocar temas curriculares específicos.
- [[ACO2003](#)] ACOFI, Especificación de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería de sistemas / informática - 2003, ACOFI - ICFES, URL: [http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home\\_2/rec/arc\\_3529.pdf](http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_3529.pdf), 2003.  
Especificación de áreas sobre las que se realizaron los exámenes ECAES 2003 y 2004. Incluye una definición de cada área y subáreas consideradas, así como un lenguaje algorítmico para expresar preguntas de programación.
- [CEN2000] Centro Nacional de Evaluación de la Educación Superior (CENEVAL), Estándares de Calidad para instrumentos de evaluación educativa. México, 2000.

- [CEN2005] Centro Nacional de Evaluación de la Educación Superior (CENEVAL), México, URL: <http://www.ceneval.edu.mx/>, 2005.  
Sitio web de CENEVAL, organización privada mexicana con amplia experiencia en la evaluación de profesionales.
- [Cis2005] CISCO Professional Certification Program, URL: [http://www.cisco.com/en/US/learning/le3/le2/le37/learning\\_certification\\_level\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/learning/le3/le2/le37/learning_certification_level_home.html), 2005  
Certificaciones oficiales de Cisco.
- [CSp2001] Career Space, Directrices para el desarrollo curricular, URL: <http://www.career-space.com/downloads/Spanishcguid.pdf>, 2001.  
Reporte de la agencia *Career Space*, con guías para desarrollo de currículos de tecnologías de información desde el punto de vista europeo.
- [ETS2002] Educational Testing Service, Standards for Quality and Fairness, Princeton, USA, ETS, 2002.
- [ETS2005] Educational Testing Service (ETS), URL: <http://www.ets.org>, 2005.  
Sitio web de ETS, organización norteamericana con amplia experiencia en la evaluación de profesionales.
- [EUR2005] FEANI - Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros, *Proyecto EUR-ACE*, URL: [http://www.feani.org/EUR\\_ACE/EUR\\_ACE\\_Main\\_Page.htm](http://www.feani.org/EUR_ACE/EUR_ACE_Main_Page.htm), 2005.
- [GRE2005] GRE– Subject Test in Computer Science, URL: <http://www.gre.org/subdesc.html#compsci>, 2005  
Página oficial del examen GRE (*Graduate Record Examinations*), mecanismo de evaluación aceptado regularmente en Norteamérica.
- [ICF1998] ICFES, Examen de Estado para ingreso a la Educación Superior – Cambios para el Siglo XXI – Propuesta General, 1998.
- [ICF2005] ICFES, URL: <http://www.icfes.gov.co/>, 2005.  
Página oficial del ICFES, organismo encargado de evaluación de profesionales en Colombia.
- [IEE2005] IEEE, Certified Software Development Professional, IEEE Computer Society, URL: <http://www.computer.org/certification/>, 2005.  
Certificaciones oficiales de IEEE Computer Society.
- [INE2005] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Exame Nacional de Cursos (ENC-Provaão), Brasil, URL: <http://www.inep.gov.br/superior/provao/>, 2005  
Página oficial del INEP, organismo encargado de evaluación de profesionales en Brasil.
- [MCP2005] Microsoft Certified Professional (MCP), URL: <http://www.microsoft.com/learning/mcp/>, 2005.  
Certificaciones oficiales de Microsoft.
- [MEN2003] Ministerio de Educación Nacional, Resolución No. 2773, URL: [http://www.mineducacion.gov.co/normas/descarga/Resolucion\\_2773\\_2003.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/normas/descarga/Resolucion_2773_2003.pdf), 2003.  
Resolución que define las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería.
- [NAE2005] National Academy for Engineering, *The Engineer of 2020*, URL: <http://www.nae.edu/nae/engeducom.nsf/weblinks/MCAA-5L3MKN?OpenDocument>, 2005.  
Proyecto de la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos, para establecer el perfil del profesional de ingeniería que se requerirá para 2020.
- [NCE2005] National Council of Examiners for Engineering and Surveying, URL: [http://www.ncees.org/licensure/licensure\\_for\\_engineers/](http://www.ncees.org/licensure/licensure_for_engineers/)  
Página oficial de la NCEES, donde se describen los exámenes de Fundamentos de Ingeniería (FE) y de ingeniero profesional (PE), para EEUU. No hay exámenes de esta clase para Ingenieros de Sistemas.

- [[NRC2001](#)] National Research Council, *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*, J. W. Pellegrino, N. Chudowsky, R. Glaser (eds.), The National Academies Press, URL: <http://books.nap.edu/catalog/10019.html>, 2001.
- Referencia sobre evaluación educativa en aprendizaje y evaluación educativa.
- [PPS2004] Proyecto Pro-Software, Programa de apoyo a la competitividad del sector software en Costa Rica, BID-PROCOMER-CAPROSOFT-FUNCENAT, 2004.
- Estudio desarrollado en Costa Rica para fomentar el desarrollo de recurso humano de calidad en el área de producción de software. Los resultados incluyen definiciones de perfiles ocupacionales para profesionales de la Ingeniería de Sistemas.
- [Ryc2003] Rychen, D.S., Key competencies for all: an overarching conceptual frame of reference, International Bureau of Education, 2003.
- Artículo sobre educación y entrenamiento basados en competencias.
- [[SHRC2004](#)] Software Human Resource Council, Occupational Skills Profile Model (OSPM), [http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career\\_descriptions&section=0&id=2&show=1](http://www.discoverit.org/cgi-bin/template/article.cgi?toplevel=career_descriptions&section=0&id=2&show=1)
- Descripción de carreras informáticas desde el punto de vista de la organización canadiense *Software Human Resource Council*. Las carreras y perfiles se definen a partir de competencias profesionales.
- [[Sun2005](#)] Sun Certification, URL: <http://www.sun.com/training/certification/>, 2005.
- Certificaciones oficiales de Sun Microsystems.
- [[Tun2005](#)] Comunidad Europea, Proyecto Tuning, URL: [http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/tuning/tuning\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/policies/educ/tuning/tuning_en.html), 2005.
- Página web del Proyecto Tuning de la Comunidad Europea para la reforma del sistema de educación superior europeo dentro de los lineamientos del Acuerdo de Bolonia.