

TABLA DE CONTENIDO

TENDENCIAS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE SISTEMAS EN COLOMBIA 5	
contenidos BÁSICOS de la ingeniería de sistemas / informática.....	17
ÁREA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS	17
area de matemáticas	17
SUBÁREA - ÁLGEBRA	17
SUBÁREA - TRIGONOMETRÍA	18
Subárea - Geometría analítica.....	18
Subárea - álgebra lineal.....	19
Justificación.....	19
Temas	19
Subárea - cálculo diferencial.....	19
Justificación.....	19
Temas	19
Subárea - cálculo integral	19
Justificación.....	19
Temas	20
Área DE física.....	20
Objetivo general	20
Subárea – Mecánica y ondas	20
Justificación.....	20
Temas	20
Subárea - Electricidad y magnetismo	21
Justificación.....	21
Temas	21
ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA.....	22
Área DE Ciencias Básicas de Ingeniería.....	22
Subárea: Análisis numérico	22
Justificación.....	22
Temas	22
Subárea: Probabilidad y estadística.....	22
Justificación.....	22
Temas	23
Subárea: Investigación de operaciones	23

Justificación.....	23
Temas	23
Área DE Matemáticas discretas.....	23
Objetivo general	23
Subárea - Funciones, relaciones, conjuntos	24
Justificación.....	24
Temas	24
Subárea - Lógica	24
Justificación.....	24
Temas	24
Subárea - Conteo, Ecuaciones de diferencia.....	25
Justificación.....	25
Temas	25
Subárea - Grafos	25
Justificación.....	25
Temas	25
área - Programación y algorítmica	25
Objetivo general	25
Subárea - Estructuras de datos	26
Justificación.....	26
Temas	26
Subárea - Algoritmos	26
Justificación.....	26
Temas	26
área DE Informática TEÓRICA	27
Objetivo general	27
Subárea - Lenguajes formales y autómatas.....	27
Justificación.....	27
Temas	27
Subárea - Programación orientada a objetos (POO)	28
Justificación.....	28
Temas	28
ÁREA DE INGENIERÍA APLICADA.....	29
área de Arquitectura y funcionamiento del computador	29
Justificación.....	29

Subárea - Circuitos lógicos	29
Justificación.....	29
Temas	29
Subárea - Representación de datos	29
Justificación.....	29
Temas	29
Subárea - Arquitectura de Hardware	30
Justificación.....	30
Temas	30
Subárea - Sistemas Operativos	30
Justificación.....	30
Temas	30
área de REDES Y Comunicaciones.....	30
Objetivo general	30
Subárea - Redes	31
Justificación.....	31
Temas	31
área de Administración de información	31
Justificación.....	31
Subárea - Bases de datos	32
Justificación.....	32
Temas	32
Subárea - Modelaje	32
Justificación.....	32
Temas	32
área de Sistemas y Organizaciones.....	32
Objetivo general	32
Subárea - Sistemas y Organizaciones.....	33
Justificación.....	33
Temas	33
área de Ingeniería de software	33
OBJETIVO general.....	33
Subárea - Ingeniería de software.....	33
Justificación.....	33
Temas	34

ÁREA DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA	35
AREA DE HUMANIDADES.....	35
SUBAREA - CULTURA GENERAL.....	35
SUBAREA - INGLES	35
SUBAREA - CONSTITUCION Y DEMOCRACIA.....	36
Área: economico - administrativa.....	36
Objetivo.....	36
Subárea – fundamentos de economía	36
Justificación.....	36
Temas	36
Subárea – análisis financiero.....	36
Justificación.....	36
Temas	36
Anexo: Lenguaje para especificación de los algoritmos	38
1 Tipos	38
2 Expresiones	39
3 Instrucciones.....	39
3.1 <i>Asignaciones</i>	39
3.2 <i>Bloques</i>	39
3.3 <i>Condicionales</i>	40
3.4 <i>Iteraciones</i>	40
3.5 <i>Llamada</i>	40
3.6 <i>Memoria dinámica</i>	41
3.7 <i>Entrada / Salida</i>	41
4 Aserciones y comentarios	41

TENDENCIAS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE SISTEMAS EN COLOMBIA

Desde hace ya varios lustros los investigadores y los estudiosos del futuro han empezado a preocuparse por un fenómeno que según ellos cambiará fundamentalmente las relaciones sociales y económicas : la sociedad postindustrial, en la cual la información jugará un papel fundamental. Esto ha llevado a algunos a pensar que los nuevos juegos de poder entre las naciones girarán en torno a estos aspectos y que por lo tanto las naciones deben estar preparadas para esta “revolución de la información”.

En opinión de algunos está ocurriendo una nueva fusión de la tecnología de información y de la de telecomunicaciones, que afectará radicalmente a todas las organizaciones, aún a las que no hayan sido usuarias importantes de tecnología. Esta nueva fusión es extraordinariamente dinámica y va a conducir a cambios fundamentales en la estructura de las empresas, quienes estarán ahora más interconectadas, favoreciendo así el trabajo cooperativo. Otro aspecto que hay que destacar con respecto a la tecnología de información es que, además de posibilitar la automatización de algunos procesos, permite generar grandes cantidades de información que antes no estaban disponibles en la organización, y que ofrece la posibilidad de integrar la conversión, el almacenamiento, el procesamiento y la comunicación de información y de comprimir el tiempo y el espacio, no sólo en velocidad , sino también en la cantidad de información transmitida.

Es en el contexto anterior que debe entenderse la importancia del desarrollo de la carrera de Ingeniería de Sistemas, como un medio para poder ser depositarios de todos los beneficios de este nuevo paradigma y como un requisito fundamental para la competitividad.

En esta sección presentaremos algunas tendencias en la formación del ingeniero de sistemas: primero, algunos apartes de un artículo de Peter Denning [DEN 94] que muestran el nuevo paradigma que se requiere en las carreras de ingeniería y particularmente en la de sistemas, dado el enorme interés y pertinencia que tiene para el diseño de un currículo de sistemas y después una descripción de las principales tendencias que están modificando el ambiente en que se va a tener que desenvolver el ingeniero de sistemas y que tienen relevancia en nuestra realidad y en nuestra cultura nacional.

Los paradigmas cambiantes, según Denning

En opinión de Denning las carreras de ingeniería, y particularmente la de sistemas están sufriendo un cambio de paradigma debido a las nuevas formas de concebir los siguientes aspectos :

- La profesión
- La universidad
- La educación

- La investigación
- El trabajo
- La innovación

Presentaremos a continuación sus reflexiones con respecto a los cambios en la carrera que están siendo inducidos por esta nueva visión.

Con respecto a la profesión

“Actualmente, la mayoría de los ingenieros de sistemas ven su disciplina como el estudio de los fenómenos que rodean a los computadores. Para ellos, su profesión la constituyen un conjunto de expertos que dedican su vida a resolver problemas de hardware y de software, para producir sistemas de información más rápidos, baratos y confiables.....pero la noción anterior entra en conflicto con nuestro conocimiento de otras profesiones. Pocos dirían, por ejemplo, que el Derecho estudia los fenómenos que tienen que ver con las leyes, sino más bien que los seres humanos están preocupados de vivir en sociedades ordenadas con gobiernos, constituciones y cortes... De la misma manera podemos decir que el proceso de registro, procesamiento y comunicación de información son partes de una preocupación de todos los seres humanos por una coordinación efectiva de su trabajo y acción. (teniendo en cuenta lo anterior) los profesionales de la computación son vistos ahora como personas que se ocupan de las preocupaciones de otras personas con respecto a esa área. Estas preocupaciones no se reducen al diseño de mejor hardware y software, sino que incluyen la instalación, configuración y mantenimiento de sistemas de computación en las organizaciones, los estándares para la comunicación e intercambio de información, la privacidad e integridad de las conversaciones, archivos y documentos, el contexto histórico de la computación y las comunicaciones, así como los valores compartidos por la gente que usa los computadores y las redes”.

“ (sin embargo) esas nuevas ideas no han afectado todavía nuestro currículo, nuestra enseñanza y nuestra forma de hacer los negocios”.

Con respecto a la universidad

“La universidad ya no es el único sitio en donde se puede tener acceso a librerías, computadores e instrumentos, pues las primeras pueden ser accedidas electrónicamente y a los segundos se puede llegar remotamente”.

.....“Similarmente, se está volviendo posible ofrecer enseñanza a través de canales de multimedios incluyendo la televisión interactiva, el video y aún el correo electrónico. En los años venideros, pocos estudiantes necesitarán venir al campus para interactuar con los profesores”.

...”los estudiantes no quieren prolongar su estadía en la universidad, sino que ven el diploma como un requisito para obtener un mejor trabajo. Cada vez más, creen que para

ser más valiosos para sus empleadores necesitan menos teoría y más práctica. El número de estudiantes que trabajan durante sus estudios está aumentando”.

...“Organizaciones privadas como Nintendo, Sony, Apple Computer y otras se están preparando para ofrecer servicios educativos que por la primera vez compiten directamente con los que ofrecen las universidades”

..”Además de lo anterior, muchas firmas privadas están ofreciendo servicios educativos sobre las redes. Las universidades están empezando a tener competencia, cosa a la que no estaban acostumbradas. Esto las fuerza a formular la educación como un servicio que debe establecer sus nichos del mercado y ofrecer un mejor valor”.

Con respecto a la educación

“La aproximación a la educación que utilizamos en la formación del ingeniero, está basada en una suposición implícita: que antes de que podamos tomar una acción efectiva, debemos tener un modelo preciso del mundo, el cual adquirimos a través del conocimiento. Por consiguiente, nuestra enseñanza está organizada como una presentación continua de hechos, procedimientos, métodos y modelos importantes que transferimos a los estudiantes como un subconjunto del cuerpo de conocimiento que constituye la disciplina. Nuestros currículos son especificaciones de esas presentaciones. Nuestros programas de investigación constituyen una búsqueda de nuevos hechos, leyes y modelos que puedan algún día manifestarse en el currículo”.

“Las anteriores suposiciones implícitas están perdiendo validez. El mundo cambia ahora muy rápidamente y es demasiado complejo para permitir una reflexión completa antes de la acción. La gente se ve forzada a la acción antes de que pueda entender completamente lo que está pasando. El deseo de actuar efectivamente en ese mundo es una exigencia de los estudiantes y empleadores. Los estudiantes aceptan la teoría sólo como un medio de extender su acción a otros dominios”.

.... “Lo anterior no significa que debemos reemplazar el conocimiento informacional con conocimiento para la acción, sino que debemos reconocer que existe una segunda clase de conocimiento además de los hechos, los procedimientos, las reglas y los modelos, la clase de conocimiento que sólo puede ser obtenido en la interacción con otros que ya lo tienen, y que incluye habilidades para escuchar, diseñar, preocuparse, persuadir, organizarse para aprender, para ser un profesional y aun para ser honesto”.

Con respecto a la investigación

“(después de la segunda guerra mundial) se estableció un contrato social bajo el cual el gobierno pagaba a los investigadores para que se dedicaran a la investigación con el entendido de que se obtendrían beneficios substanciales para la sociedad en forma de seguridad, salud, y bienestar económico. Como consecuencia de esas intenciones del gobierno las universidades reestructuraron sus sistemas de recompensas alrededor del

éxito en la investigación produciendo el popular sistema actual de 'publique o muera'.....
"en el contexto de la búsqueda universal por la reputación en investigación, esto ha producido entre los profesores jóvenes un frenesí de publicación de artículos y una resistencia a gastar tiempo en dar clases".... "alrededor de dos millones de artículos en ciencia e ingeniería son publicados cada año por 72.000 revistas. La gran mayoría de esos artículos son leídos por máximo una centena de personas"

...En las universidades se concibe la investigación como un proceso formal de generar nuevo conocimiento para agregar al acervo de conocimiento de la humanidad. Se considera la investigación como el primer paso en un proceso lineal que transforma ideas en productos. Según eso, después de la investigación vienen el desarrollo, la producción y el mercadeo. El flujo a través de ese proceso es lo que se denomina usualmente transferencia de tecnología. Como la creación de conocimiento se considera en las universidades más importante que su transferencia o aplicación, la investigación tiene un puesto más privilegiado que la docencia o los servicios en la mayoría de las universidades".

..”Se está gestando un descontento extendido y creciente con las concepciones anteriores. La relación entre mucho del trabajo que se hace en las universidades y las preocupaciones de la gente, las empresas o el sector público no son muy evidentes, ni para un observador externo ni para el investigador... Aquellos que financian la investigación están empezando a pedir que ella esté conectada con alguna preocupación real de largo plazo y que no sea simplemente el conocimiento por el conocimiento”.

“La investigación está empezando a ser vista como la anticipación de ciencia y tecnología que pueda ser útil en el mundo que nos preocupa”.

Con respecto a la innovación

“Por tradición le damos mucha importancia a la innovación. Nuestra visión actual es que ella consiste en la introducción de una nueva máquina o procedimiento que hace que un conjunto de acciones sea más eficiente. La innovación es concebida como el trabajo de personas especialmente dotadas. Uno de los trabajos del administrador de tecnología es el de encontrar gente creativa y de involucrarla en los procesos tecnológicos. Según lo anterior, sólo unos pocos son capaces de generar innovaciones y sólo unas pocas de estas pueden llevarse al mercado”.

“La realidad de las organizaciones que aprenden y que están haciendo permanentemente mejoras en sus productos y ganando reputación de innovadoras contradice la concepción anterior...Ejemplos de innovaciones son los restaurantes de comida rápida, las colas únicas en los bancos, el reemplazo de la regla de cálculo por la calculadora y la puesta de órdenes por fax. Esto nos lleva a una nueva concepción de la innovación como un cambio en las prácticas estándar de una comunidad que le ayuda a realizar sus propósitos más efectivamente.... Un innovador es una persona u organización que articula un cambio, ofrece los medios para realizarlo y moviliza a la gente para que adopte la nueva práctica. La innovación es un fenómeno organizacional, no sólo individual”.

Con respecto al trabajo

“Nuestra concepción de la educación está influenciada por nuestra concepción del trabajo. Nuestra visión tradicional de este es que está constituido por un conjunto de tareas por medio de las cuales un conjunto de personas cumple un objetivo. Además, que el trabajo puede ser optimizado reduciendo el número de movimientos y etapas, y que la productividad puede ser aumentada si hay menos pasos. Las tareas son planeadas, especificadas y supervisadas por los administradores”.

“Un nuevo entendimiento de tipo lingüístico está empezando a surgir. El trabajo es un proceso por medio del cual un agente completa una acción que conduce a la satisfacción de un requerimiento de un cliente... El trabajo puede incluir movimientos, pero muchos requerimientos son satisfechos sin necesidad de que este exista (por ejemplo cerrar un negocio). Muchas tareas son realizadas a través de conversaciones telefónicas, fax o correo electrónico”.

..”Un punto importante de lo anterior es que muchos opinan que el trabajo efectivo comprende dimensiones más amplias que la realización de tareas eficientes”.

“Muchas de las habilidades que le faltan a nuestros estudiantes son en el área de comunicación y colaboración más que en aspectos técnicos, y el adquirirlas les permitirá desempeñarse mejor en su nuevo trabajo, entendido este en la concepción que acabamos de mostrar”.

Algunas tendencias que están modificando el ambiente en el que tiene que desenvolverse el ingeniero de sistemas

la globalización

“Las evidencias empíricas nos explican en gran medida la vida económica del momento, que ha estado sujeta a la modernización y a la reestructuración del aparato productivo en sus aspectos técnicos y organizativos. Esta es una consecuencia, entre otras razones, de la generación de los conocimientos científicos y tecnológicos, que se han convertido en aspectos estratégicos de la sociedad y de las empresas. En especial, son tomadas como ventajas competitivas que se desarrollan para la supervivencia - dentro de lo cual los cambios tecnológicos y las innovaciones son elementos claves para que las empresas compitan con posibilidades de éxito en los mercados”.

“..Este nuevo escenario se denomina el de la globalización, y tiene diferentes características: se exige la apertura de mercados en los países en desarrollo, mientras aparecen nuevas formas de protección económica en las naciones industrializadas; las nuevas necesidades de comunicación son parte substancial del crecimiento, mientras hay carencias en la infraestructura de comunicaciones en los países en vías de desarrollo; las nuevas tecnologías se presentan como uno de los recursos fundamentales, lo cual plantea nuevos problemas en cuanto a su planeación, manejo, gestión, gerencia, evaluación y prospectiva; se profundiza la dicotomía entre las necesidades del mercado y

las tendencias sociales de los sectores y comunidades de menores recursos; continúan los efectos perversos de un estado, de por sí pequeño; son evidentes las debilidades inherentes a la formación y preparación de la población en general, para afrontar los retos que plantea el valor estratégico del conocimiento científico y tecnológico”.

La consecuencia más obvia de los planteamientos anteriores, en lo que tiene que ver con la formación de los ingenieros de sistemas, es la enorme necesidad de profesionales capacitados en estas áreas para poder afrontar los enormes desafíos que implica la globalización.

Cualquier información de cualquier lugar en cualquier momento

La posibilidad de poder tener acceso a “cualquier información de cualquier lugar en cualquier momento”, al utilizar la superautopista de información y redes como Internet, induce profundos cambios en la forma de organización de las empresas al permitir llevar a extremos insospechados (en el tiempo y en el espacio) las posibilidades de coordinación. Dos implicaciones importantes tiene esto en la formación de los ingenieros de sistemas: por un lado, es muy probable que los modelos pedagógicos y en general los estilos tradicionales de impartir educación cambien radicalmente (se habla por ejemplo de la “universidad virtual” aunque todavía hay muchas preguntas por contestar con respecto a esta idea), y por otro es fundamental que el ingeniero de sistemas tenga una formación que le permita entender los profundos cambios organizacionales que está teniendo la Informática en las empresas para que las transformaciones se hagan de una manera exitosa.

La tendencia anterior llevará a que se creen grandes problemas relacionados con la seguridad, la intimidad y el uso apropiado de la información, y planteará problemas éticos, sociales y legales de gran magnitud, que deberá enfrentar el ingeniero de sistemas con el concurso de otros profesionales.

los grupos de trabajo

“Saber comunicar es tal vez la calidad personal más importante en un ingeniero recién egresado. Trabajar en una empresa implica integrarse en un equipo y esto requiere ante todo una buena comunicación. Excepto en ciertos casos, las empresas no necesitan genios aislados, sino personas que contribuyan realmente al éxito del equipo”¹.

Uno de los aspectos más destacados de las organizaciones modernas es el surgimiento de las “adhocracias”, que se refieren al uso de equipos de trabajo que se conforman dinámicamente, según las necesidades de un proyecto, y redes altamente descentralizadas de grupos empresariales relativamente autónomos. Las tecnologías informáticas pueden, por ejemplo, ser usadas para encontrar y coordinar gente con conocimientos y habilidades diversos, en diferentes partes de la organización. Esto puede ser enormemente potenciado por la facilidad de estas para hacer más veloz el “metabolismo de información” de las organizaciones, o sea, la tasa a la cual estas

¹ Los textos que aparecen entre comillas en los próximos párrafos corresponden al documento de Claudia Roncancio presentado en la reunión nacional, a menos que se especifique su autor.

capturan, mueven, digieren y responden la información, y por el aumento en la capacidad de compartir la información entre la gente.

Otro efecto importante de las facilidades de coordinación que proporciona la Informática es que ellas facilitan el surgimiento de organizaciones verdaderamente globales, entendiendo por esto aquellas que incorporan grupos de trabajo de diferentes sitios para el diseño de productos o de nuevas estrategias, o las que tienen mercados de alcance global y no local.

En un ambiente como el descrito más arriba es fundamental que el estudiante desarrolle habilidades para trabajar en grupo y para entender las características de los nuevos ambientes de trabajo lo cual debe verse reflejado en los currículos.

El mundo del software ha tenido grandes transformaciones en el último tiempo. Una de ellas es la gran importancia que ha ido adquiriendo y que lo ha hecho predominar sobre el hardware. Por ejemplo, la iniciativa de los nuevos desarrollos informáticos la tienen usualmente las compañías de software, dentro de los costos de un equipo el porcentaje atribuible al hardware es cada vez más bajo, etc. Otro aspecto importante de destacar es la creciente importancia de la informática del hogar (se estima que muy pronto el volumen de negocios correspondiente a la informática del hogar va a superar el de la informática empresarial lo cual es lógico pues hay más hogares que empresas) y en general la absoluta masificación de la tecnología computacional cuyo resultado más directo es una demanda insatisfecha muy grande de soluciones de software en diferentes campos.

Lo anterior, junto con las nuevas posibilidades de comercialización de software a través de Internet, hacen pensar que la industria del software, una de las industrias sin chimeneas por excelencia, puede llegar a ser muy importante y a constituirse en una alternativa muy interesante de desarrollo para el país.

Una de las consecuencias más importantes que esto puede llegar a tener es la necesidad de contar con un volumen grande de profesionales calificados para el desarrollo profesional de software. Aunque este papel lo pueden cumplir otras empresas como las casas de software, es indudable que la universidad debe jugar un rol importante en esta causa.

Otro aspecto importante de tener en cuenta es el siguiente: “la producción de software en donde se programa absolutamente todo se hace cada vez más rara. Cada vez es más importante la reutilización de componentes de software y hardware existentes y la preparación del producto para su integración en el medio en donde se va a usar. Esta preparación consiste esencialmente en la realización de las interfaces adecuadas. La fase crítica en todo el proceso es la integración global”.

Como consecuencia de lo anterior, “tanto para prestar servicios como en la reutilización de productos, el ingeniero debe ser capaz de buscar en el mercado productos (hardware y

software) que le permitan acelerar su trabajo y bajar los costos. Esto implica que debe poder evaluar la calidad del producto, negociar con el proveedor, estimar el grado de confianza que se puede tener en este y analizar los aspectos jurídicos (propiedad industrial, por ejemplo)“.

“En el plano técnico, se trata de saber integrar en un sistema global un producto desarrollado por otros equipos. También se acentúa la necesidad de saber instalar y configurar productos del mercado”.

Esta visión, y las habilidades necesarias para manejarla, deben ser dadas entonces al profesional de sistemas.

Actualmente las organizaciones están delegando el área de sistemas en otras empresas especializadas en lo que se denomina usualmente “outsourcing”. Esto ha llevado a que lo usual ahora sea que el egresado se vincule a empresas de consultoría en donde se requiere una alta especialización. La consecuencia lógica de esta situación es que la formación del ingeniero de sistemas va a ser cada vez más exigente y especializada.

“Lo anterior implica también que el ciclo de vida del ingeniero de sistemas va a cambiar. Antiguamente, una vez graduado el ingeniero entraba a trabajar a una empresa, normalmente en labores de apoyo de sistemas, como mantenimiento y asistencia a los usuarios. Ganaba un poco de experiencia y buscaba conectarse con otra empresa en donde tuviera un salto en salario y en funciones. Este paso se repetía dos o tres veces hasta ubicarse en una empresa cuya actividad principal no eran los sistemas. Allí se atrevía a dar el salto desde los sistemas hacia un área colateral como planeación, finanzas o mercadeo. Lo más importante era que su ciclo se desarrollaba en compañías que no eran de su profesión. Los que lograban conectarse con multinacionales del área de los sistemas lo hacían generalmente con funciones de soporte y ventas. Este esquema va a cambiar ahora”.

“El profesional entrará a trabajar en compañías de sistemas, usualmente más pequeñas, más planas, con menos niveles, quizás dos o tres, pero concentradas en actividades como el desarrollo de software, las comunicaciones, etc. La carencia de un árbol frondoso hará que su carrera sea más corta y concentrada en actividades verdaderamente relacionadas con el desarrollo de proyectos. El salto hacia lo administrativo se reducirá pues esos cargos están ocupados por los dueños. En este ambiente de trabajo hay mayor competencia y mayor riesgo. Hay imperativos más exigentes pues las compañías viven de obtener contratos, lo cual las obliga a distinguirse por la buena calidad, el buen servicio y el cumplimiento. El riesgo aumenta porque hay menos márgenes de acción en la compañía. Un proyecto mal ejecutado o valorado puede llevarla a la quiebra. Hay, por consiguiente, mayores requerimientos de productividad. Los contratos están rodeados de muchas cláusulas de cumplimiento, lo que no sucede como empleado bajo la frondosidad de una empresa grande que permite estructuralmente asimilar los costos extras. En la empresa pequeña deberá entrar a producir inmediatamente pues esta no tiene las posibilidades de financiar el período de inducción y entrenamiento, lo que obliga a que el profesional posea ya el manejo de herramientas

más ágiles y gran capacidad de materialización. Hay mayor movilidad de temáticas, puesto que entre proyecto y proyecto se marcan fuertes diferencias sobre los objetos simbólicos a manejar, contrario al terreno estable de las necesidades de una entidad grande. Las plataformas de trabajo, tanto físicas como de ambientes de desarrollo son variadas pues son inversiones ya hechas por los contratantes. Los proyectos deben terminar a tiempo y sin dejar cabos sueltos, pues estos incurrirían en sobrecostos a los cuales es altamente sensible la pequeña compañía. Se requiere una capacidad mucho más desarrollada en la comunicación debido a la permanente interacción que hay que desplegar con los contratistas y a la movilidad y variedad de éstos. Como ya comienza a observarse, las convocatorias para empleo cambiarán: ya no se pedirá tanto un listado de milagros, deseos, sueños, fantasías y hasta mentiras, a través de la hoja de vida, sino que se solicitará una muestra del trabajo que se está en capacidad de realizar, tal como código y documentación para el caso de actividades de desarrollo” [RIO96].

la velocidad vertiginosa de los cambios

Es casi ya un lugar común la constatación de la enorme velocidad a la que ocurren los cambios en nuestra sociedad y particularmente en lo que tiene que ver con el área de sistemas.

Esto nos lleva a pensar que el profesional de sistemas debe tener una gran capacidad para evolucionar. “Es necesario que los jóvenes egresados estén listos a la movilidad en todos los sentidos de la palabra. Las empresas esperan que ellos sean capaces de cambiar de contexto técnico, de contexto aplicativo, de nivel de responsabilidad y muchas veces de lugar de trabajo”.

“Junto con esta capacidad de adaptación y evolución, los ingenieros deben ser capaces de valorar su experiencia. Las empresas se dan cuenta de que la evolución del trabajo puede ser tan frecuente que es prácticamente imposible llegar a un dominio completo de la profesión”.

La enorme velocidad de los cambios en el mundo informático implica también que los currículos de sistemas deben ser flexibles para poder estar actualizados permanentemente. Además se debe fomentar la agilidad en los procesos administrativos de las universidades para que los cambios curriculares puedan tramitarse en forma expedita.

las debilidades típicas del ingeniero de sistemas que deben ser superadas

Desde hace algún tiempo se ha hecho el diagnóstico de que el recién egresado de sistemas tiene unas debilidades que deben ser superadas. Se considera además que la adquisición de ciertas habilidades es crítica en su desempeño futuro.

Algunos de los aspectos que se consideran fundamentales para el profesional del futuro (y particularmente para el de sistemas) se mencionan a continuación.

“Hablar el mismo lenguaje que el cliente: la complejidad de un sistema de información debe ser transparente para los usuarios. El sistema debe ser simplemente una herramienta que está a su servicio. El ingeniero de sistemas debe adquirir rápidamente el lenguaje del usuario y presentar en esos términos el sistema que corresponda a sus necesidades”.

“El ‘lenguaje’ también influye en el desarrollo del sistema. El usuario debe encontrar en la interface del sistema que manipula el vocabulario que usa normalmente y la ergonomía adecuada. Este no es un aspecto secundario, como se piensa frecuentemente”.

“Manejar un proyecto: Para poder asumir plenamente las responsabilidades que se le imponen, el ingeniero de sistemas debe hacerse cargo de un proyecto en su totalidad. Esto cubre aspectos tales como negociar el monto del contrato, administrar el proyecto y manejar los aspectos contractuales, además de los aspectos técnicos”.

“Conocer el mundo empresarial: El ingeniero debe conocer el mundo de la empresa, saber cómo funciona y qué tipo de relaciones existen en ese medio. Un punto particular y muy importante es la relación con los clientes. La mayoría de los jóvenes egresados ignoran lo que es un cliente, las diferentes formas de relación empresa-cliente y no conocen ni siquiera un mínimo de socio-psicología para el trato con los clientes”.

La gran importancia que se le da a la Informática como herramienta competitiva refuerza la necesidad de que el profesional de sistemas tenga un alto grado de compenetración con la estrategia de la empresa y sea capaz de plantear soluciones informáticas para apoyarla.

“Saber presentar en forma sintética: Expresarse oralmente o por escrito en su idioma y/o en inglés es indispensable. El ingeniero de sistemas debe ser capaz de adaptarse a las circunstancias: tiempo y público. Esto significa ser capaz de presentar en 2 minutos, 20 minutos o 2 horas o en 10 líneas, 10 páginas o 100 páginas, adaptando el discurso a un público de expertos, clientes o neófitos”.

“El dominio (hablar, escribir, leer) del inglés es necesario”.

Generosidad y humildad: la primera, para hacer partícipes a los demás de sus conocimientos y habilidades y la segunda para aceptar que para poder prestar un beneficio a la comunidad es necesario empaparse de sus problemas con el fin de contribuir a dar soluciones adecuadas a ellos.

Esta fue uno de los temas que generó más debate en la reunión nacional, en parte por la juventud de la profesión y en parte por la dificultad de encasillar en una definición los diferentes enfoques de la misma. Quizás una de las dificultades mayores reside en que se les ha colocado la misma etiqueta, de por sí bastante ambigua, sistemas, a programas disímiles. En Estados Unidos, por ejemplo, se hace una diferenciación entre la Ingeniería de Sistemas (“Systems Engineering”) y la Ciencia de la Computación (“Computer Science”), teniendo la primera un enfoque más acentuado hacia la Ingeniería y la segunda hacia los aspectos tecnológicos de la computación. En otras partes (la mayoría de los países hispanohablantes) la carrera se denomina Informática, para hacer énfasis en los aspectos relacionados con la información, y no se usa el término sistemas.

De acuerdo con lo anterior podemos decir que hay dos maneras de concebir la profesión: con énfasis en los sistemas o en el manejo de información. En el primer caso se hace énfasis en el modelaje y el análisis de sistemas en el segundo en los sistemas de información.

Según la IEEE la Ingeniería de Sistemas es la aproximación interdisciplinaria que gobierna el esfuerzo técnico total requerido para transformar un requerimiento en una solución de sistemas. Esto incluye la definición de las medidas de desempeño técnico, la integración de las especialidades de la Ingeniería para el establecimiento de una arquitectura de sistemas, y la definición de procesos que soportan el estilo de vida y que balancean los criterios de costo/desempeño y los objetivos de planeación (Estándar P1220 IEEE).

La definición de Andrew Sage concuerda bastante con la de la IEEE. Según él la Ingeniería de Sistemas es el arte y la ciencia de producir un producto, con base en diferentes fases que incluyen esfuerzos para la definición, el diseño, el desarrollo, la producción y el mantenimiento. El sistema debe ser funcional, confiable, de alta calidad , y debe haber sido desarrollado dentro de restricciones de costo y tiempo.

Una posible definición de lo que es la Ciencia de la Computación podría ser que esta es el estudio de la teoría que subyace al diseño de software para computadores y a la arquitectura de los sistemas computacionales (CMSC).

Como puede verse, de las referencias bibliográficas mencionadas, la concepción de la ingeniería de sistemas define su objeto según un “enfoque sistémico”. Por otro lado, las ciencias de la computación definen su objeto con base en los desarrollos en los computadores.

Intentando suministrar una definición que refleje lo que buscan los programas actuales y lo que la gente usualmente entiende por Ingeniería de Sistemas en Colombia, podemos decir que esta se refiere a los aspectos humanos y organizacionales y a la tecnología relacionados con la planeación, el análisis, el modelamiento, la captura, la transmisión, la

presentación y la seguridad de la información, en cuanto que éste es un recurso estratégico de las organizaciones. Esto implica, por supuesto, elementos importantes de modelaje y diseño (sistemas).

El profesional de ingeniería de sistemas debe tener capacidades para diagnosticar, diseñar, construir, evaluar, auditar y mantener sistemas y procesos de información dentro de un marco administrativo, empresarial y humanista. Debe además tener autonomía para dirigir su desarrollo personal y una actitud de compromiso hacia la sociedad que lo circunda.

Un aspecto que se debe tener en cuenta es que no debe supeditar la preparación educativa únicamente a los requerimientos inmediatos de la empresa, pues hay que tener siempre en mente que se están formando personas y no únicamente engranajes para que se acoplen a los sistemas de información de la empresa. Por esta razón hay que descartar todo perfil que tienda a que el ingeniero de sistemas se convierta únicamente en alguien que únicamente se ocupa de resolver los problemas de la empresa, olvidando su desarrollo personal.

Lo anterior implica el desarrollo de algunas habilidades y cualidades :

- Crear esquemas donde se aprenda más y se enseñe menos.
- Trabajar en grupo.
- Liderazgo para vender ideas, saber negociar los proyectos y generar su propia empresa.
- Se considera fundamental la formación básica y el desarrollo de las calidades humanas. Proponer, diseñar, construir, evaluar, auditar y mantener soluciones informáticas.
- Gerenciar proyectos informáticos.
- Entender los problemas humanos y organizacionales implícitos en la implantación de las soluciones informáticas con el fin de que esta pueda ser llevada a feliz término.
- Buscar en el mercado productos (hardware y software) que le permitan acelerar su trabajo y bajar los costos. Esto implica que debe poder evaluar la calidad del producto, negociar con el proveedor, estimar el grado de confianza que se puede tener en el proveedor y analizar los aspectos jurídicos (propiedad industrial, por ejemplo)
- En el plano técnico, se trata de saber integrar en un sistema global un producto desarrollado por otros equipos. También se acentúa la necesidad de saber instalar y configurar productos del mercado.

CONTENIDOS BÁSICOS DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS / INFORMÁTICA

ÁREA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

ÁREA DE MATEMÁTICAS

OBJETIVO GENERAL

Las Matemáticas tienen como objetivos en la formación de IS:

- Proporcionar conocimientos y desarrollar habilidades y destrezas que le permitan plantear y resolver problemas prácticos y teóricos propios de las diferentes áreas de actividad de su profesión, mediante la formulación e interpretación de modelos en términos matemáticos.
- Desarrollar un pensamiento objetivo, dando mayor importancia al razonamiento y a la reflexión, antes que a la mecanización y memorización.
- Desarrollar capacidades para simular, estructurar, razonar lógicamente y valorar datos intuitivos y empíricos.
- Apropiar un lenguaje y unos simbolismos propios, que permitan al estudiante comunicarse con claridad y precisión, hacer cálculos con seguridad, manejar instrumentos de medidas, de cálculo y representaciones gráficas para comprender el mundo en que vive.
- Constituir herramientas para la aplicación de conocimientos mediante la formulación, interpretación y análisis de fenómenos propios de la IS y las ciencias relacionadas.

SUBÁREA - ÁLGEBRA

JUSTIFICACIÓN

El álgebra proporciona al IS conocimientos necesarios para manejar y aplicar expresiones matemáticas con variables en el planteamiento y solución de ecuaciones de frecuente utilización en el ejercicio profesional. Se considera al álgebra como la herramienta fundamental para el planteamiento y desarrollo de conceptos que permitan entender y asimilar conocimientos de casi todas las áreas de la ingeniería aplicada.

TEMAS

- Sistemas numéricos.
- Teoría básica de conjuntos.
- Expresiones algebraicas. Potenciación y radicación. Productos y cocientes notables. Descomposición factorial.
- Fracciones algebraicas: operaciones con fracciones, reducción de fracciones.
- Ecuaciones de primer grado: sistemas de ecuaciones simultáneas, ecuaciones con tres incógnitas, resolución gráfica, resolución por determinantes.
- Ecuaciones de segundo grado en una variable: desigualdades, relaciones y funciones, gráficas.

SUBÁREA - TRIGONOMETRÍA

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento y manejo de las funciones trigonométricas, tanto gráfica como analíticamente, es de gran utilidad en todos los campos de la ingeniería. El uso de las relaciones trigonométricas permite la simplificación de diversas expresiones matemáticas complejas y la solución de múltiples problemas de ingeniería que requieren el uso de funciones trigonométricas.

TEMAS

- Magnitudes trigonométricas: ángulos y medida de ángulos, relaciones entre ángulo, arco y radio, aplicaciones de la medida en radianes.
- Funciones trigonométricas: funciones seno, coseno, tangente, cotangente, secante, cosecante. Valores, signos, ángulos. Reducción al primer cuadrante. Ángulos negativos.
- Gráficas de las funciones trigonométricas: funciones periódicas, funciones pares e impares, amplitud, periodo, desfase, aplicaciones de la trigonometría a fenómenos periódicos.
- Identidades trigonométricas: identidades básicas, suma y diferencia de ángulos, funciones con ángulo doble y mitad.
- Funciones trigonométricas inversas.
- Ecuaciones trigonométricas.
- Aplicaciones: resolución de triángulos, triángulos rectángulos, triángulos cualesquiera, ley del seno, ley del coseno, área de un triángulo, cálculo de elementos secundarios en el triángulo, otras aplicaciones trigonométricas.
- Nociones sobre el cálculo de las funciones trigonométricas.
- Números complejos: representación geométrica; multiplicación, división y potenciación de números complejos.

SUBÁREA - GEOMETRÍA ANALÍTICA

JUSTIFICACIÓN

Por medio del estudio de la geometría analítica, el IS adquiere los fundamentos necesarios para modelar problemas prácticos y teóricos de su profesión, mediante la aplicación de rectas, planos y curvas, referidos a un sistema de coordenadas, desde el punto de vista geométrico y analítico. Así mismo, adquiere destreza en el trazado correcto de curvas y gráficos, los cuales tienen amplia aplicación en muchos campos del diseño y otros campos de la ingeniería.

TEMAS

- Gráfica de una ecuación y lugares geométricos: sistemas de coordenadas, distancia, construcción de gráficas.
- La recta: pendiente, perpendicularidad y paralelismo; ecuaciones de la recta, aplicaciones.
- La circunferencia: ecuación ordinaria, forma general, aplicaciones.
- Secciones cónicas: parábola, elipse, hipérbola; definiciones, ecuaciones, focos, vértice, centro, directriz, excentricidad. Trazado de las gráficas, aplicaciones.
- Coordenadas polares: sistema de coordenadas, trazado de curvas en coordenadas polares, aplicaciones, ecuaciones paramétricas.

SUBÁREA - ÁLGEBRA LINEAL

JUSTIFICACIÓN

El álgebra lineal es de importancia fundamental en la ingeniería y en ciencias básicas. Una gran variedad de problemas y aplicaciones pueden ser resueltos con conocimientos de vectores, matrices y sistemas de ecuaciones lineales. Por otro lado, las nociones algebraicas involucradas ejemplifican técnicas de modelaje y abstracción que pueden generalizarse.

TEMAS

- Ecuaciones lineales y matrices: planteamiento y solución de sistemas de ecuaciones lineales y matrices, inversa de una matriz, aplicaciones.
- Determinantes, solución de sistemas de ecuaciones lineales por determinantes.
- Vectores: definición, operaciones vectoriales (suma y resta), componentes de un vector, vector unitario, vectores en \mathbb{R}^2 , \mathbb{R}^3 , aplicaciones.
- Espacio vectorial: definición, independencia lineal, bases, subespacios.
- Producto interior o producto interno: propiedades, proyecciones ortogonales, ángulo entre vectores, aplicaciones.

SUBÁREA - CÁLCULO DIFERENCIAL

JUSTIFICACIÓN

La dinámica de los procesos continuos (física, ingeniería, economía, ...) se modela con cálculo diferencial. Por ejemplo, si bien el álgebra y la trigonometría sirven para estudiar los objetos que se mueven con velocidad constante, cuando la velocidad es variable y la trayectoria es irregular se necesita el cálculo. Una descripción rigurosa del movimiento requiere definiciones precisas de velocidad y aceleración, usando uno de los conceptos fundamentales de cálculo: la derivada.

El concepto de derivada es útil para resolver problemas de máximos y mínimos, y como ayuda para el análisis gráfico de funciones.

TEMAS

- Funciones y sus gráficas, límites, concepto de continuidad, aplicaciones.
- Derivada y diferenciación: recta tangente y derivada, derivada numérica, movimiento rectilíneo, derivada como tasa de variación, derivadas de funciones básicas, aplicaciones.
- Comportamiento de las funciones y de sus gráficas: valores máximos y mínimos, funciones crecientes y decrecientes; concavidad, puntos de inflexión y criterio de la segunda derivada; trazado de las gráficas de funciones y de sus derivadas; aplicaciones para trazar gráficas de una función.
- Aplicaciones generales.

SUBÁREA - CÁLCULO INTEGRAL

JUSTIFICACIÓN

La integración es importante como generalización de la suma y como operación inversa de la derivada. Se usan integrales definidas para investigar conceptos matemáticos tales como áreas, volúmenes, etc. Hay conceptos físicos que corresponden a integrales (centro

de masa, momento de inercia, ...). En Teoría de Probabilidad, la integral es el concepto básico para definir valores esperados y varianzas, entre otros.

TEMAS

- Integral definida e integración: concepto de antiderivada, ecuaciones diferenciales, área, integral definida, volumen de sólidos.
- Sucesiones y series. Criterios de convergencia.
- Series de potencias y series de funciones.
- Funciones logarítmicas, exponenciales, trigonométricas, inversas e hiperbólicas.
- Aplicaciones de la integral definida.

ÁREA DE FÍSICA

OBJETIVO GENERAL

El estudio de la Física dentro de la IS tiene carácter formativo y fundamental. Aunque en ocasiones el ejercicio profesional de un IS puede ser alejado de la Física, la sola idea de cómo el mundo real puede ser modelado y estudiado mediante constructos matemáticos es un ejemplo importante de lo que se puede conseguir, de manera análoga, con la informática. Por otro lado, la comunicación con otras profesiones que tienen aplicaciones físicas concretas requiere el manejo de un lenguaje común mínimo.

Adicionalmente, a través de la realización de experimentos físicos, el estudiante debe comprender el papel fundamental de la experimentación y de la simulación en la generación y consolidación de conocimientos, así como la relación entre teoría y práctica.

En IS, hay conceptos de la física que resultan fundamentales para entender los principios de funcionamiento de los sistemas de computación (hardware de computadores, redes).

SUBÁREA – MECÁNICA Y ONDAS

JUSTIFICACIÓN

En esta subárea se incluyen principios y conceptos que constituyen la base para comprender y profundizar como la física mecánica (estática y dinámica), así como temas relacionados con teoría ondulatoria y formas de movimiento **asociadas**.

TEMAS

- Mediciones: cantidades físicas, patrones, unidades, el sistema internacional de unidades, análisis dimensional básico.
- Movimiento unidimensional: cinemática de una partícula, velocidad promedio, velocidad instantánea, movimiento acelerado y aceleración constante, cuerpos en caída libre.
- Movimiento en dos y tres dimensiones: posición, velocidad y aceleración; movimiento circular uniforme, movimiento relativo.
- Fuerzas y las leyes de Newton, aplicaciones de las leyes de Newton.
- Dinámica de las partículas: fuerzas de rozamiento, dinámica del movimiento circular uniforme.
- Trabajo y energía: trabajo con fuerza constante y fuerza variable, energía cinética, concepto de potencia.
- Conservación de la energía, energía potencial.

- Dinámica de la rotación.
- Equilibrio de cuerpos rígidos: aplicaciones, conceptos básicos de elasticidad.
- Ondas. Oscilaciones, movimiento armónico simple, aplicaciones.
- Gravitación, ley de la gravitación universal.

SUBÁREA - ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

JUSTIFICACIÓN

Esta subárea incluye conocimientos fundamentales para el estudio y la comprensión de campos electromagnéticos y circuitos eléctricos.

TEMAS

- Carga eléctrica, ley de Coulomb, aplicaciones.
- Campo eléctrico, ley de Gauss, aplicaciones; materiales eléctricos.
- Potencial eléctrico, energía y campo eléctrico, capacitores, aplicaciones.
- Corriente eléctrica, conductores, semiconductores, aplicaciones, resistencia y ley de Ohm, circuitos eléctricos, instrumentos de medición, fuerza electromotriz.
- Campo magnético, materiales magnéticos, ley de Gauss, ley de Biot-Savart, ley de Ampere, aplicaciones.
- Inducción electromagnética, inductancia y energía magnética.
- Circuitos de corriente alterna.

ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA

ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA

OBJETIVO GENERAL

Se incluyen en esta área materias de la formación general de ingeniería, que se consideran fundamentales en la formación básica de IS.

SUBÁREA: ANÁLISIS NUMÉRICO

JUSTIFICACIÓN

El análisis numérico es útil para el modelaje y simulación de procesos descritos con modelos continuos con la ayuda de técnicas discretas. Su conocimiento es útil para entender las limitaciones de la informática frente al mundo de lo continuo y el uso de técnicas de simulación y aproximación de soluciones de problemas de matemática continua (números reales, solución de ecuaciones, ecuaciones diferenciales, etc.).

TEMAS

- Precisión y exactitud. Redondeo y truncación. Orden de magnitud. Error absoluto y porcentual. Interpolación y aproximación.
- Vectores y matrices. Operaciones básicas y algoritmos para realizarlas. Producto de matrices e inversa matricial. Diagonalización y triangularización. Refinación de operaciones. Matrices dispersas y su representación. Matrices singulares. Solución de sistemas de ecuaciones lineales por inversión matricial y por métodos de triangularización (Gauss-Jordan), por diagonalización y por sustitución sucesiva (Gauss–Seidel).
- Raíces de funciones. Polinomios. Métodos numéricos para la evaluación de raíces: sustitución sucesiva, método de Newton. Sistemas de ecuaciones no lineales simultáneas, solución por sustitución sucesiva, solución por el método de Newton-Raphson.
- Representación de funciones por medio de series. Series de Taylor.
- Integración y diferenciación numérica.
- Ecuaciones diferenciales: problemas de valor inicial, ecuaciones de primer orden. Método de Euler. Métodos de Adams y Runge-Kutta. Problemas de valor inicial en dos o más ordenes. Problemas de valor de frontera. Algoritmos de solución: métodos de Euler, Adams y Runge Kutta, métodos de refinación de pendiente.
- Optimización. Condiciones para el mínimo de una función sin restricciones. Métodos de gradiente y de direcciones conjugadas. Optimización con restricciones de igualdad: multiplicadores de Lagrange. Métodos numéricos para encontrar el mínimo de una función con restricciones.

SUBÁREA: PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

JUSTIFICACIÓN

El modelaje de procesos aleatorios es esencial en campos de aplicación de la IS en los que se tiene información incompleta o hay incertidumbre sobre el comportamiento del sistema en cuestión.

Hay aplicaciones directas de la Probabilidad y la Estadística al analizar la complejidad de los algoritmos o el rendimiento de una solución informática.

Para IS, es importante destacar la importancia de la probabilidad discreta sobre la continua, puesto que la gran mayoría de las aplicaciones se refieren a comportamientos aleatorios de sistemas discretos.

TEMAS

- Tipos de variables, series estadísticas, distribución de frecuencias, representación gráfica.
- Representación de datos estadísticos: medidas de tendencia central; promedios, propiedades, interpretación; medidas de posición (mediana, media, moda).
- Medidas de dispersión: varianza, desviación típica.
- Introducción a las probabilidades: cálculo combinatorio (permutaciones y combinaciones), medida de probabilidad.
- Variables aleatorias: variable aleatoria discreta, función de probabilidad y función de distribución; distribución binomial, variable aleatoria continua, función de densidad, valor esperado; distribución normal.
- Regresión y correlación. Conceptos básicos.
- Nociones de muestreo.

SUBÁREA: INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

JUSTIFICACIÓN

Desde la Revolución Industrial, el mundo ha sido testigo de un crecimiento sin precedentes en el tamaño y la complejidad de las organizaciones. Con los métodos cuantitativos, los profesionales de las diferentes áreas (grupos interdisciplinarios) utilizan las matemáticas y las herramientas computacionales para encontrar la mejor forma de resolver problemas y tomar decisiones racionales concernientes a las diferentes situaciones que se presentan en las organizaciones. Modernamente se habla de problemas de optimización, en los que para una función objetivo deben estimarse valores extremos (máximos, mínimos) que representen las mejores soluciones posibles.

TEMAS

- Programación lineal
- Modelos de transporte y asignación
- Teoría de la decisión
- Técnicas de programación matemática
- Inventarios
- Teoría de colas
- Procesos de Markov
- Simulación

ÁREA DE MATEMÁTICAS DISCRETAS

OBJETIVO GENERAL

Las estructuras discretas son material fundamental para las ciencias de la computación. Aunque pocos IS terminarán teniendo las estructuras discretas como su objeto principal

de trabajo, muchas áreas de la informática requieren de la capacidad de trabajar con esta clase de conceptos ([CC2001]).

Por matemática discreta se entienden temas como teoría de conjuntos, lógica, teoría de números o aritmética, combinatoria y conceptos de estructuras abstractas.

Los fundamentos matemáticos son útiles para modelar situaciones reales, especificar problemas y verificar soluciones. Son también esenciales para establecer sintaxis y semántica de lenguajes formales que permitan la programación de computadores. En general, las ciencias de la computación y la ingeniería de software se fundamentan en matemáticas discretas y las utilizan en sus desarrollos.

SUBÁREA - FUNCIONES, RELACIONES, CONJUNTOS

JUSTIFICACIÓN

Los *conjuntos* constituyen la notación básica para expresar nociones matemáticas. Las *relaciones* y *funciones* expresan cómo se pueden denotar diferentes clases de asociaciones entre elementos de conjuntos.

TEMAS

- Conjuntos (Operaciones básicas, producto cartesiano, potencia, diagramas de Venn)
- Relaciones binarias (propiedades: reflexividad, simetría, transitividad, equivalencia, clausuras, inversas, composición)
- Funciones (como relaciones unívocas; propiedades: inyección, sobreyección, biyección).

SUBÁREA - LÓGICA

JUSTIFICACIÓN

La *lógica* es una herramienta para la IS que permite expresar formalmente las propiedades que posee un objeto (especificación), así como seguir procedimientos para establecer que así sea (pruebas, verificaciones).

Es importante el conocer el uso y las limitaciones de la *lógica* al ser aplicada a la informática. En cambio, es importante señalar que la lógica, como objeto de estudio, no es esencial en la IS.

TEMAS

- Lógica proposicional, Conectivos lógicos, Tablas de verdad
- Forma normal conjuntiva / disyuntiva
- Fórmulas válidas / Tautologías
- Lógica de predicados, Cuantificación universal / existencial
- Límites de la lógica
- Técnicas de demostración
 - estructura de pruebas formales
 - prueba directa, por contradicción, por contraposición
 - inducción matemática
 - órdenes bien fundados
- Definiciones matemáticas recursivas

SUBÁREA - CONTEO, ECUACIONES DE DIFERENCIA

JUSTIFICACIÓN

El *conteo* de elementos de conjuntos finitos es esencial en la práctica de la IS. Es importante para estimar los recursos (especialmente, espaciales o temporales) que demanda una solución.

El tema de *ecuaciones de recurrencia* tiene relevancia para IS, de manera análoga a como las ecuaciones diferenciales pueden ser importantes en ingenierías en que lo continuo prima sobre lo discreto. La dinámica de los sistemas discretos puede expresarse en cambios modelables con ecuaciones de recurrencia.

TEMAS

- Reglas de suma y producto
- Recursión
- Progresiones aritméticas y geométricas
- Principio del palomar
- Permutaciones y combinaciones
- Ecuaciones de recurrencia lineales

SUBÁREA - GRAFOS

JUSTIFICACIÓN

Los *grafos* constituyen una forma genérica de estructuras de información. Cuando un grafo se puede dibujar corresponde a un modelo visual de una relación binaria.

Los árboles son grafos de gran utilidad en IS como estructuras de información dinámicas básicas.

TEMAS

- Árboles
- Grafos dirigidos, no dirigidos
- Recorrido de grafos
- Recursión

ÁREA - PROGRAMACIÓN Y ALGORÍTMICA

OBJETIVO GENERAL

En esta área se incluyen conceptos fundamentales de programación que deben manejarse, independientemente del paradigma computacional subyacente. Dentro de estos están conceptos básicos de algorítmica y de estructuras de datos. Estos conocimientos son esenciales para el estudio de otras áreas relacionadas, en especial, ingeniería de software y lenguajes de programación.

Los algoritmos son fundamentales en ciencias de la computación e ingeniería de software. De hecho, el desempeño de un sistema de software real depende solamente de dos cosas: el algoritmo elegido y la eficiencia de la implementación. El buen diseño de algoritmos es crucial para el desempeño de los sistemas de software. El estudio de la algorítmica da luces sobre la naturaleza intrínseca de los problemas y de sus posibles

soluciones, independientemente de aspectos como el lenguaje de programación o la plataforma computacional disponible.

Es importante saber reconocer situaciones en las que se sea conveniente emplear algoritmos específicos, así como reconocer situaciones en las que no hay soluciones algorítmicas o solo se conocen soluciones ineficientes.

SUBÁREA - ESTRUCTURAS DE DATOS

JUSTIFICACIÓN

Las estructuras de datos sirven para almacenar modelos de la realidad sobre los que se implementan soluciones informáticas. Se estudian de manera abstracta, suponiendo la existencia de un lenguaje algorítmico (lenguaje formal para expresar algoritmos) conocido.

La persistencia en el tiempo resulta importante para estructuras de datos manejadas por programas que manejan información que debe sobrevivir a la terminación del programa que la manipula.

TEMAS

- Tipos primitivos
- Arreglos, Registros, Cadenas
- Representación de datos en memoria
- Manejo dinámico de almacenamiento
- Apuntadores y referencias
- Estructuras dinámicas (pilas, colas, árboles, grafos, ...)
- Recursión (en datos)
- Archivos
- Estrategias para elegir la estructura de datos correcta

SUBÁREA - ALGORITMOS

JUSTIFICACIÓN

Los buenos algoritmos son esenciales para la buena programación. Es importante saber cuándo un algoritmo soluciona un problema (corrección, verificación) y cómo usa los recursos para hacerlo (eficiencia). Por otra parte, para ciertos problemas típicos, la cultura informática ha identificado soluciones que suelen usarse como patrones reutilizables de control.

El IS debe tener un conocimiento básico sobre lo que distingue los buenos de los malos algoritmos, así como de las limitaciones de la algorítmica en la solución de problemas.

TEMAS

- Análisis de algoritmos
 - complejidad
 - algoritmos polinomiales / exponenciales
 - ...
- Algoritmos clásicos
 - búsqueda
 - ordenamiento
 - ruta mínima en grafos

- ...
- Verificación de programas
 - especificación
 - corrección
 - aserciones, invariantes, ...
- Límites de la algorítmica
 - indecidibilidad
 - clases P y NP

ÁREA DE INFORMÁTICA TEÓRICA

OBJETIVO GENERAL

Bajo esta denominación se han agrupado temas técnicos de informática que constituyen material fundamental para el estudio y el ejercicio de la profesión. La denominación del área pretende seguir una analogía con el papel de las ciencias básicas hacia las ingenierías, en general: la informática teórica es un soporte de muchos de los conocimientos y desarrollos de la IS e incluye conceptos técnicos fundamentales del dominio de la informática.

La programación orientada por objetos se ha impuesto como paradigma de programación en la última década, especialmente por su capacidad para capturar en el lenguaje de programación la semántica del modelo que se crea en el análisis y el diseño estableciendo una relación uno a uno entre el dominio del problema y el dominio solución.

SUBÁREA - LENGUAJES FORMALES Y AUTÓMATAS

JUSTIFICACIÓN

Con esta denominación se agrupan temas que, en currículos clásicos, pueden ser incluidos en cursos de lenguajes formales o de compiladores.

Al enunciar 'Autómatas' dentro de los temas del área se ha advertido que no se quiere incluir el tema de autómatas en toda la extensión de la palabra (teoría de autómatas, por ejemplo), sino su uso práctico en IS, en el modelaje de sistemas descritos con estados y transiciones y en aplicaciones de lenguajes formales.

TEMAS

- Conceptos básicos de lenguajes formales
 - Definición
 - Gramáticas / BNF
- Maquinas de Turing
 - Definición, fundamentos
- Autómatas
 - Estados, transiciones
 - Autómatas determinísticos, no determinísticos
 - Modelaje con autómatas
 - Autómatas finitos / Relación con lenguajes regulares
 - Autómatas de pila / Relación con lenguajes libres de contexto
- Semántica de lenguajes
- Herramientas de análisis sintáctico
 - Cómo se utilizan

- Limitaciones

SUBÁREA - PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS (POO)

JUSTIFICACIÓN

La POO se ha impuesto como paradigma de programación práctica en la última década. Es importante, independientemente de la plataforma tecnológica que se use (v.gr., C++, Java, ...) que se tenga claridad en conceptos fundamentales, de manera que las soluciones propuestas aprovechen de la mejor manera la tecnología OO (modelaje, diseño, implementación).

TEMAS

- Diseño OO
- Encapsulamiento y ocultamiento de información
- Clases / Subclases / Jerarquías de clases
- Herencia
- Polimorfismo
- Clases contenedoras / iteradores
- Representación interna de objetos y métodos
- Patrones básicos

ÁREA DE INGENIERÍA APLICADA

ÁREA DE ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL COMPUTADOR

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento básico del computador y de sus componentes hace que el IS no considere esta herramienta como una caja mágica que ejecuta programas. Cuando se tiene una noción de la forma en que los sistemas informáticos se implementan y ejecutan en una máquina, se puede pensar en evaluar la conveniencia o factibilidad de una solución.

Se ha incluido en esta área lo concerniente al tema de sistemas operacionales, como software de base necesario para usar una plataforma computacional.

SUBÁREA - CIRCUITOS LÓGICOS

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento básico de la forma en que operan los circuitos digitales es útil para entender el funcionamiento, capacidades y limitaciones de los componentes fundamentales de un computador.

TEMAS

- Bloques de construcción básicos
 - Compuertas
 - Flip-flops
 - Contadores
 - Registros
- Expresiones lógicas, minimización, suma de productos

SUBÁREA - REPRESENTACIÓN DE DATOS

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la forma en que se pueden representar datos a bajo nivel es fundamental para conocer cómo la máquina puede manipularlos y qué recursos puede requerir para hacerlo.

TEMAS

- Bits, bytes, palabras
- Representación de números / bases numéricas
- Punto fijo / punto flotante
- Representación con signo / Complemento a 2
- Representación de datos no numéricos (caracteres, datos gráficos)
- Representación de registros y arreglos

SUBÁREA - ARQUITECTURA DE HARDWARE

JUSTIFICACIÓN

La arquitectura von Neumann define la organización clásica de los computadores actualmente utilizados. Su conocimiento es importante para la programación de software de base (sistemas operacionales, comunicaciones a bajo nivel).

TEMAS

- Organización básica de la máquina de von Neumann
- Unidad de control / Ciclo de máquina
- Conjuntos de instrucciones: Manipulación de datos /Control / Entrada - Salida
- Lenguaje ensamblador / Programación en ensamblador
- Modos de direccionamiento
- Llamado de subrutinas
- Interrupciones
- Sistemas de almacenamiento
- Codificación, compresión
- Memoria principal / caché / virtual
- Latencia, tiempo de ciclo, ancho de banda
- Manejo de errores

SUBÁREA - SISTEMAS OPERATIVOS

JUSTIFICACIÓN

Un sistema operativo define una abstracción del comportamiento del hardware para que los programadores puedan controlarlo. También administra los diferentes recursos para ser compartidos por usuarios simultáneos.

Los sistemas operativos se han vuelto más complejos con el tiempo, para poder implantar servicios demandados por software de aplicación más especializado, v.gr., programación concurrente, seguridad, administración de redes, etc.

TEMAS

- Principios de sistemas operativos
- Arquitectura Cliente-Servidor
- Concurrencia
- Programación de tareas (inglés: *scheduling*)
- Manejo de memoria
- Manejo de dispositivos
- Sistemas de archivos

ÁREA DE REDES Y COMUNICACIONES

OBJETIVO GENERAL

Avances recientes en redes de computadores y de telecomunicaciones, particularmente los basados en TCP/IP, han incrementado la importancia de las tecnologías de redes en IS. En esta área se incluyen conceptos de comunicaciones de redes de computadores, protocolos de comunicación, sistemas multimediales, estándares y tecnologías de Internet, seguridad, sistemas distribuidos.

Esta es un área en evolución, en la informática actual. El conocimiento que se pretenda medir debe ser básico y suficientemente abstracto como para no depender de tecnologías específicas o técnicas no estandarizadas.

SUBÁREA - REDES

JUSTIFICACIÓN

cf. Objetivo general del área

TEMAS

- Arquitecturas de redes
- Comunicaciones y redes
 - Estándares de redes
 - El modelo ISO de 7 niveles y su relación con TCP/IP
 - Nivel físico (bases teóricas, medios de transmisión, estándares)
 - Nivel de enlace (tramas, control de errores, control de flujo, protocolos)
 - Nivel de red (enrutamiento, comunicación de redes, control de congestión)
 - Nivel de transporte (establecimiento de conexión, desempeño)
- Seguridad
 - Fundamentos de criptografía
 - Clave secreta / clave pública
 - Protocolos de autenticación
 - Firmas digitales
- La Web como ejemplo de computación cliente-servidor
 - Programación en la web (en el servidor, CGIs, applets, ...)
 - Características de servidores web (permisos, manejo de archivos, capacidades de arquitecturas de servidores)
 - El papel del computador cliente
 - Protocolos web
 - Creación y administración de sitios web

ÁREA DE ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN

JUSTIFICACIÓN

La administración de la información desempeña un papel crítico en casi todas los dominios en que se usan los computadores. Esta área incluye captura, digitalización, representación, organización, transformación y presentación de la información. Además, algorítmica para acceso eficiente y para actualización de la información, modelaje de datos, abstracción y técnicas de almacenamiento. Finalmente, tiene que ver con la seguridad, privacidad, integridad y protección de los datos, en ambientes compartidos.

En un nivel fundamental, se puede resumir esta área en temas de bases de datos como mecanismos de almacenamiento persistente de información y en conceptos generales de modelaje.

SUBÁREA - BASES DE DATOS

JUSTIFICACIÓN

El almacenamiento en bases de datos de información que debe persistir en el tiempo y ser compartida por diferentes usuarios y con múltiples fines es requerido por muchas aplicaciones informáticas. Las aplicaciones web están normalmente conectadas a una base de datos que colecta información o la despliega según consultas construidas dinámicamente.

TEMAS

- Componentes de sistemas de bases de datos
- Funciones de sistemas manejadores de bases de datos
- Arquitectura de bases de datos
- Uso de un lenguaje de consulta de bases de datos
- Bases de datos relacionales
 - Modelo entidad relación
 - Integridad referencial
 - Álgebra y cálculo relacional

SUBÁREA - MODELAJE

JUSTIFICACIÓN

Toda solución informática supone una abstracción de la realidad -en la que se da el problema que se soluciona- en un modelo que simula los objetos reales y su dinamismo.

El concepto de modelo es recurrente a lo largo y ancho de los currículos de IS, aunque usualmente se estudia con mayor énfasis cuando se piensa en modelos de bases de datos (v.gr., con técnicas como el modelaje entidad-relación). Aquí se incluye como una subárea importante del manejo de información, para resaltar la importancia del tema por sí mismo en la práctica de IS.

TEMAS

- El concepto de modelo
 - Lo estático
 - Lo dinámico
- Modelos conceptuales
 - Tipos abstractos de datos
 - Entidad – relación
 - UML
- El modelo OO (UML)

ÁREA DE SISTEMAS Y ORGANIZACIONES

OBJETIVO GENERAL

Las organizaciones contemporáneas necesitan apoyarse en tecnologías de información y comunicación para lograr un desempeño exitoso. El desarrollo de concepciones y metodologías adecuadas para intervenir y poner a punto los llamados sistemas socio-técnicos, es indispensable para quienes trabajan la informática en las organizaciones.

Desde su conceptualización, hace 40 años, la IS en Colombia tuvo esta visión que respondía a la necesidad de actualización de las empresas. En varias universidades se comenzó a trabajar en algo que hoy es un lugar común en el mundo entero: la visión sistémica. Es decir, la capacidad de acometer la solución de problemáticas organizacionales cada vez mas complejas, que necesariamente tienen incorporada la componente tecnológica.

SUBÁREA - SISTEMAS Y ORGANIZACIONES

JUSTIFICACIÓN

cf. Objetivo general del área.

TEMAS

- Conceptos de Teoría de Sistemas y Sistémica
- Sistemas Organizacionales
- Sistemas socio-técnicos
- Planeamiento estratégico
- Metodologías de intervención
- Lingüística organizacional
- Sistemas de información y comunicación
- Transformación organizacional con apoyo de tecnología
- Desarrollo humano y organizacional
- Metodologías de evaluación y seguimiento
- Tecnología para la realidad colombiana
- Informática y Sociedad

ÁREA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

OBJETIVO GENERAL

La *ingeniería de software* es la disciplina que se ocupa de la aplicación de la teoría, conocimiento y práctica para la construcción eficaz y eficiente de sistemas de software que satisfagan requerimientos de usuarios y clientes. Es aplicable a sistemas de escala pequeña, media y grande. El ciclo de vida del software incluye análisis de requerimientos, especificación, diseño, construcción, pruebas, operación y mantenimiento del software.

La ingeniería de software emplea métodos, procesos, técnicas y mediciones. Se beneficia del uso de herramientas para el desarrollo de software, para el análisis y modelaje, para el aseguramiento y control de la calidad, para la administración de la evolución y para la reutilización del software. El desarrollo de software requiere habilidades individuales y de grupo, uso de metodologías y seguimiento de procesos de producción.

La aplicación de la ingeniería de software es fundamental para el desarrollo profesional de cualquier aplicación informática.

SUBÁREA - INGENIERÍA DE SOFTWARE

JUSTIFICACIÓN

cf. Objetivo general del área.

TEMAS

- Diseño de software
 - Conceptos y principios fundamentales de diseño
 - Arquitectura de software
 - Diseño estructurado
 - Análisis y Diseño OO
 - Reutilización
- Procesos básicos de software
 - Modelos de ciclo de vida
 - Modelos de procesos de software
 - Métricas
- Especificación de software
 - Recolección y análisis de requerimientos
 - Requerimientos funcionales / no funcionales
 - Prototipos
 - Conceptos básicos de especificación formal
- Validación de software
 - Planeación de la validación
 - Chequeos fundamentales / Plan de pruebas / Generación de casos de prueba
 - Técnicas de caja blanca / caja negra
 - Pruebas unitarias / de integración / de validación / de sistema
 - Inspecciones
- Administración de proyectos de software
 - Trabajo en grupo (administración, procesos, organización, decisiones, roles y responsabilidades)
 - Planeación de proyectos / Seguimiento
 - Estimación de esfuerzo
 - Análisis de riesgos
 - Aseguramiento de calidad
 - Manejo de configuraciones

ÁREA DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

ÁREA DE HUMANIDADES

OBJETIVO GENERAL

Las Humanidades son un área formativa básica dentro de las ingenierías en el mismo sentido en que lo son las Matemáticas, la Física o la Biología. Por esta razón, las preguntas de esta área deben ser relevantes y formativas. Deben evaluar conceptos básicos y generales que involucren la capacidad de comprensión y análisis de conocimientos sociales, éticos y culturales relevantes del futuro ingeniero en tanto ser humano y ciudadano e individuo y particularmente en cuanto futuro profesional colombiano de comienzos del siglo XXI.

Se espera que los conocimientos evaluados en el área de Humanidades correspondan no a un mero especialista, sino al profesional con una formación amplia, que le posibilite el acceso a otros conocimientos más allá de la formación fáctica y específica de su profesión. En esta área se evalúan las siguientes subáreas:

SUBAREA - CULTURA GENERAL

JUSTIFICACIÓN

No es posible desarrollar una labor profesional sin comprender el entorno donde el profesional se desempeñará. Es por esto necesario que el ingeniero contextualice su quehacer dentro del mundo cultural, social, político, geográfico y económico contemporáneo, para que comprenda la problemática de su profesión y opte por soluciones acordes con la realidad nacional e internacional. Por lo anterior, el estudiante de Ingeniería Mecánica debe mantenerse informado, de manera extracurricular, respecto a los principales acontecimientos nacionales e internacionales que tengan alguna influencia sobre su profesión y su ejercicio profesional.

TEMAS

- Hechos sociopolíticos
- Desarrollos científicos y tecnológicos.
- Historia, Artes y Letras

SUBAREA - INGLES

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la ciencia, de la ingeniería, los nuevos avances, la tecnología que se aplica hoy proviene principalmente de países donde el inglés se ha impuesto como medio para comunicar este tipo de actividades. Es necesario que el ingeniero comprenda este idioma haciendo énfasis en la comprensión de lectura de textos técnicos o relacionados con su profesión. Aunque el inglés es hoy, sin duda, el idioma más importante desde el punto de vista científico y tecnológico, se puede considerar la alternativa de un segundo idioma, diferente de éste, en la formación de los ingenieros.

TEMAS

- Comprensión de textos escritos, técnicos y relacionados con la profesión.

SUBAREA - CONSTITUCIÓN Y DEMOCRACIA

JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la estructura del Estado colombiano, del funcionamiento de sus diversos estamentos, la concepción política del mismo, así como el sentido de la Constitución Política, son aspectos fundamentales para cualquier profesional que quiera insertarse en la sociedad como un miembro comprometido con su desarrollo y permanencia.

TEMAS

- Las tres ramas del poder: funciones de cada una.
- La concepción del Estado, la Constitución Política, Estado y democracia.

ÁREA: ECONÓMICO - ADMINISTRATIVA

OBJETIVO

Proporcionar a los estudiantes de ingeniería conocimientos básicos en las áreas de economía y administración, de manera que tenga herramientas y habilidades que le permitan acometer eficaz y eficientemente su trabajo profesional en el mundo empresarial y tecnológico, habilitándolo para el análisis y toma de decisión de inversiones en un contexto económico dado. Un ingeniero debe ser capaz de comprender las dimensiones técnicas, económicas, sociales y ecológicas de las decisiones que toma y esta área le ayuda a conocer ese contexto.

SUBÁREA – FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA

JUSTIFICACIÓN

Contribuir a la formación integral del estudiante, que le facilite comprender el entorno económico en el cual se desempeña, interpretar su problemática e interactuar con él.

TEMAS

- Principios económicos básicos
- Problemas económicos de la sociedad
- Teoría de la demanda y oferta
- Teoría de la Producción
- Teoría del consumidor

SUBÁREA – ANÁLISIS FINANCIERO

JUSTIFICACIÓN

Desarrollar habilidades y destrezas para la gestión, elaboración y evaluación de proyectos introduciendo al estudiante en los conceptos básicos del análisis financiero y en la toma de decisiones.

TEMAS

- Concepto del valor del dinero en el tiempo
- Concepto de interés simple, compuesto, anticipado, vencido
- Relaciones de equivalencia: Valor presente, futuro, anualidades, gradientes

- Modelos de evaluación de proyectos financieros.

ANEXO: LENGUAJE PARA ESPECIFICACIÓN DE LOS ALGORITMOS

Los algoritmos que, eventualmente, hagan parte de alguna pregunta del examen, se expresarán en un lenguaje algorítmico de sintaxis y semántica sencillas. El lenguaje en cuestión está inspirado en C; se evitan, sobre todo, los efectos de borde.

En la siguiente descripción se usará:

- Letra corriente para explicaciones sobre el lenguaje
- Letra *Courier New*, para denotar expresiones del lenguaje en sí.
- Letra *Courier New* *bastardilla*, para denotar constructos sintácticos.

Se usará una sintaxis BNF simplificada. Una regla de producción tendrá la forma

```
lado_izquierdo:  
  lado_derecho1  
  lado_derecho2  
  ...  
  lado_derechok
```

de modo que un objeto de la forma *lado_izquierdo* produce un objeto de la forma *lado_derecho_i*, para algún $i \in 1..k$.

1 TIPOS

Dado un tipo T, se pueden declarar:

- variables de tipo T : T x_1, x_2, \dots, x_m ;
- arreglos de tipo T : T a[k];
- funciones de tipo T : T f(*declaración_de_parámetros*);
- apuntador a tipo T : T* p;
- archivo de tipo T : T File arch;

Se suponen conocidos tipos básicos estándar (int, char, string, float, bool, ...).

Para los arreglos, k es una constante entera positiva. Los elementos del arreglo se denotan a[0], a[1], ..., a[k-1].

Hay tipos *registro* o *estructura*, declarados de la forma:

```
struct T {  
  declaración1  
  ...  
  declaraciónm }
```

Los elementos de una estructura se referencian por nombre utilizando el operador ".". Se utiliza el operador "->" para referenciar un elemento de una estructura mediante un apuntador, i.e., si ap es un apuntador a una estructura, ap->e es una abreviatura de (*ap).e.

Ejemplo:

Se declara el tipo Arbol así:

```
struct Arbol {  
  int elem;  
  Arbol *izq;
```

```
    Arbol *der;
};
```

y se pueden declarar variables de tipo Arbol:

```
Arbol a;
Arbol *p;
```

y referenciar partes de entidades con estructura Arbol así: a.elem, a.izq, a.der, p->elem, p->izq, p->der.

El tipo void se usa para declarar funciones que no retornan un valor al final de su ejecución.

2 EXPRESIONES

No se menciona una sintaxis especial para expresiones. Cada expresión tiene un tipo, pero no se insistirá en una definición formal de cómo se deduce. Se usarán operadores de expresiones estándar (v.gr., aritméticos, de comparación, de cadenas, etc.) sin ambigüedades, utilizando las precedencias usuales y paréntesis, de ser necesario.

Algunos operadores de comparación: igualdad (==), desigualdad (!=), mayor o igual (>=), etc.

Hay constantes que, según el contexto, se suponen conocidas, v.gr., números, cadenas de caracteres, nil (apuntador vacío), etc.

Cada expresión evalúa a un valor único, dependiendo del contexto o entorno en que sea calculada.

3 INSTRUCCIONES

La sintaxis de las instrucciones está definida por la regla:

```
instrucción:
  asignación
  bloque
  condicional
  iteración
  llamada
```

3.1 ASIGNACIONES

```
asignación:
  identificador_de_variable = expresión;
```

La variable y la expresión son del mismo tipo. El símbolo de asignación es '='. El comparador de igualdad, en cambio, se denota '=='.

Ejemplo: $x = x*x + 2*y + 1;$

3.2 BLOQUES

```
bloque:
  { lista_instrucciones }
```

lista_instrucciones:

instrucción

instrucción lista_de_instrucciones

Las instrucciones enmarcadas en llaves {...} se usan para resolver posibles ambigüedades.

Ejemplo: { temp = x; x = y; y = temp; }

3.3 CONDICIONALES

condicional:

if (*condición*) *instrucción*

if (*condición*) *instrucción* **else** *instrucción*

donde *condición* es una expresión booleana.

Ejemplos: **if** (x == y) y = z+17;

if (d == 365) bisiesto = 0; **else** bisiesto = 1;

3.4 ITERACIONES

iteración:

while (*condición*) *instrucción*

for (*inicialización; condición; instrucción-1*) *instrucción-2*

En la primera variante, se evalúa la *condición* (una expresión booleana). De ser verdadera, se ejecuta la *instrucción* y se vuelve al principio de la iteración.

En la segunda variante *inicialización* es una secuencia de asignaciones separadas por comas. La inicialización se evalúa ejecutando las asignaciones de izquierda a derecha. Así las cosas, la segunda variante equivale a

inicialización; while (*condición*) {*instrucción-2; instrucción-1*}

Ejemplos: **while** (x != 0) {s = s+x; x = x-1};

for (i=10, s=0; i!=0; i= i-1) s= s+i;

3.5 LLAMADA

Una función *f* debe tener una declaración de la forma

T *f*(*decl_param₁, ..., decl_param_m*) *instrucción;*

donde cada *decl_param_i* es una declaración de parámetro para la función. La función debe retornar un valor de tipo T (excepto si T es void, en cuyo caso no hay valor retornado).

La función puede llamarse con una expresión *f*(*arg₁, ..., arg_m*) donde *arg_i* es un argumento correspondiente al parámetro *i*-ésimo. Los argumentos pasan por valor.

El valor retornado al llamar una función se determina al ejecutar una instrucción de la forma

return *expresión;*

dentro del cuerpo de la función. Si la función no debe retornar un valor, se usa, simplemente, *return*.

Ejemplo:

Supóngase la función declarada

```
int suma3 (int x, int y, int z) {  
    return x+y+z;  
}
```

La siguiente instrucción usa una llamada a la función:

```
if (suma3(2,3,a) >= suma3(a,4,7)) a = 0;
```

3.6 MEMORIA DINÁMICA

Para solicitar memoria dinámica se utiliza la construcción `new(T)`, la cual retorna un apuntador a un elemento de tipo `T`. El manejo de la memoria dinámica se realiza automáticamente, i.e., no es necesario utilizar una construcción (como `free`, `dispose`, `delete`, etc.) para devolver la memoria solicitada.

Ejemplos:

```
int *pi = new (int);  
Arbol *p = new (Arbol);
```

3.7 ENTRADA / SALIDA

El tipo `File` se utiliza para definir los descriptores de archivo. Se supone definidas las siguientes funciones para todo tipo `T`:

- abrir archivo : `T File open(String arch);`
- leer de archivo : `void read(T File arch, T *e);`
- escribir en archivo : `void write(T File arch, T e);`
- cerrar archivo : `close(T File arch);`

Así mismo, se suponen definidas para cualquier tipo `T`, las siguientes funciones para el manejo de la entrada y salida del terminal (entrada estándar, salida estándar):

- leer de entrada estándar : `void input(T *e);`
- escribir en salida estándar : `void print(T e);`

4 ASERCIONES Y COMENTARIOS

Los comentarios se escriben comenzando con los caracteres `/*` y terminando con `*/`.

Ejemplo:

```
/* Esto es un comentario */
```

Eventualmente se pueden usar comentarios que tienen un valor de verdad con respecto al contexto del programa y al estado de las variables. Estos comentarios, llamados aserciones, se utilizan para expresar condiciones de corrección de un programa. Por legibilidad y para hacer referencia a las aserciones, es usual identificarlas con un marcador.

Para las aserciones se usará la sintaxis:

```
/* Marcador: condición */
```

Ejemplos de aserciones:

```
/* P1: x==2 && y>z */  
/* P2: true */
```

```
/* P3: a==A && b==B */
```

En P2 se usa `true` para denotar la condición que es universalmente verdadera.

En P3 se usa la convención de denotar con identificadores en bastardilla mayúscula (A, B) valores de las variables a los que se puede hacer referencia más adelante, en otra aserción. Estos identificadores sirven para recordar valores iniciales y no pueden mencionarse en el código.

El enmarcar una porción de código entre aserciones, así como incluir aserciones intermedias se denomina *anotar* el código.

Ejemplo de anotación:

```
/* Q: a==A && b==B */
temp = a;
a = b;
b = temp;
/* R: a==B && b==A */
```

Para anotar lo que una función hace se prefiere escribir la *precondición*² y la *poscondición*³ justo después de su declaración. Si la función debe retornar un valor, el identificador de la función se usa para denotar lo retornado en la expresión de la poscondición.

Por ejemplo:

```
int suma3 (int x, int y, int z) {
  /* Pre Q: x==A && y==B && z==C */
  /* Pos R: suma3 == A+B+C */
  return x+y+z;
}
```

² Precondición: una condición que se debe cumplir para llamar a la función.

³ Poscondición: una condición que se cumple al final de la ejecución, si la llamada fue correcta.