

# Cuatro Universidades y Un Doctorado, o Colaboración vs. Competencia en Educación Superior

**Francisco J. Torres-Rojas, Rodrigo Bogarín, César Garita**

{torres, rbogarin, cesar}@ic-itcr.ac.cr

Instituto Tecnológico de Costa Rica y

Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada (*CIenCIA*)

**Gabriela Marín Raventós, Vladimir Lara**

{gmarin, vlara}@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica y

Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada (*CIenCIA*)

## Costa Rica

**Resumen.** Después de décadas de competencia, las Escuelas de Computación de las cuatro universidades públicas de Costa Rica proponen un programa conjunto de Doctorado en Ciencias de la Computación, el cual se encuentra en las etapas finales de aprobación por parte de las autoridades correspondientes. Este artículo es un breve reporte del proceso de creación, de las soluciones que encontramos a problemas académicos y administrativos, y de la propuesta actual.

**Palabras Clave:** Programa de Doctorado, Educación Superior, Postgrado, Costa Rica.

*“La République n'a pas besoin de savants”*

**Jean-Paul Marat**, al condenar a morir en la guillotina a Lavoisier, considerado el padre de la química moderna

## 1 Introducción

En años recientes, Costa Rica ha decidido dejar de ser un simple consumidor de Ciencia y Tecnología extranjera, y quiere hacer lo necesario para constituirse en un actor a ser tomado en cuenta a nivel mundial en estos campos. Creemos firmemente que la Ciencia no es una labor egoísta o meramente académica: sin la Ciencia, el progreso y, muy posiblemente, la supervivencia misma de los pueblos no pueden ser garantizados. Aunque la investigación científica tiende a ser cara, sería ingenuo de parte de los países con menos recursos rehuir a su participación en esta actividad, ya que de otra forma el ciclo de dependencia tecnológica nunca podrá romperse. En particular, las Ciencias de la Computación y la Informática se han constituido en uno de los referentes más notables de las capacidades científicas y tecnológicas de nuestro país.

En Costa Rica hay cuatro universidades públicas, a saber: *Universidad de Costa Rica (UCR)*, *Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)*, *Universidad Nacional (UNA)* y *Universidad Estatal a Distancia (UNED)*. En las tres primeras hay programas muy establecidos que forman profesionales en Computación e Informática desde hace más de 25 años. Con pequeñas diferencias de enfoque, se tienen programas de Maestría en Computación en el **ITCR** (desde hace más de 17 años), **UCR** y **UNA**. La modalidad de maestría profesional en estas universidades tiene mucho más demanda que la maestría académica. A pesar de esto, la **UCR** y el **ITCR** continuamente tratan de incentivar los programas de maestría académica para apoyar la investigación.

Tradicionalmente, estos programas han competido por atraer los mejores estudiantes y por graduar los mejores profesionales, manteniendo casi siempre una “elegante” rivalidad entre las escuelas correspondientes. La competencia ha sido dura y durante muchos años, especialmente entre el **ITCR** y la **UCR** (consideradas las universidades con programas de mayor calidad). Producto de esta competencia, la colaboración entre estos programas ha sido casi nula. Sin embargo, debemos decir que esta competencia ha traído como beneficio una mejora casi constante en la calidad y alcances de cada programa. Los egresados en computación de estas universidades cuentan con un muy merecido prestigio técnico de nivel internacional, y constituyen las contrataciones preferenciales en las instituciones y empresas nacionales.

Al mismo tiempo, o tal vez como resultado de lo anterior, la industria nacional de software ha experimentado un enorme crecimiento cuantitativo y cualitativo en la última década. Muchas empresas son exportadoras de software a mercados internacionales altamente competitivos, inclusive varias son reconocidas como líderes mundiales en sus campos de especialización. Dicha industria ha llegado a un punto de madurez donde las inversiones en Investigación y Desarrollo son no sólo normales, sino que casi indispensables. Ya que muchas de estas empresas fueron fundadas por profesores y egresados de estas universidades, se tiene una saludable, aunque todavía pequeña, cooperación entre industria y academia en esta área.

Aprovechando la situación descrita previamente, el *Consejo Nacional de Rectores* (CONARE), ente que reúne a los rectores de las cuatro universidades públicas de Costa Rica, dio el mandato para la definición y puesta en marcha de un ambicioso **Programa de Doctorado en Ciencias de la Computación** hecho en forma conjunta por las cuatro universidades. En forma independiente, ninguna universidad tiene con holgura la masa crítica de profesores con doctorado en Computación necesaria para crear un Programa de Doctorado. Sin embargo, combinando el personal y los recursos de estas universidades sí es factible tal intento.

Así, se convocó a una comisión interuniversitaria proveniente de las escuelas de Computación de las universidades de CONARE para diseñar este programa doctoral. Se seleccionó al *Centro Nacional de Alta Tecnología* (CENAT) para que funcionara como catalizador de este proyecto, proporcionando un terreno neutral para la discusión y análisis. Dado lo valioso del objetivo común, se reemplazó con cooperación y colaboración a la competencia de décadas. Se establecieron 3 directrices en el trabajo de la comisión:

- *Cooperación interuniversitaria*
- *Investigación científica como prioridad*
- *Calidad de nivel internacional.*

Esta comisión ha tenido que hacer un esfuerzo importante, a veces titánico, para considerar las regulaciones de cada universidad y los reglamentos de CONARE relativos a estudios de postgrado. Se consultó una amplia bibliografía respecto a investigación científica y programas doctorales [1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15] y se buscaron las sugerencias, comentarios y retroalimentación de expertos nacionales e internacionales (Alemania, Chile, Cuba, España, Estados Unidos, Francia e Italia). Versiones previas de la propuesta, ahora actualizadas, fueron presentadas en [9, 14]. Sin embargo, los aportes más significativos vinieron de las experiencias particulares de los miembros de la comisión, quienes realizaron sus estudios doctorales en diversas universidades europeas y estadounidenses. La influencia inescapable de estos centros de estudio debe ser evidente en este artículo y en la amplia documentación que ha sido generada.

Se identifican dos elementos claves:

- *Creación de un Centro de Investigación avanzada en la disciplina, que reunirá en nuestro país a un grupo importante de doctores en Ciencias de la Computación dedicados a la investigación científica, la cual será cuantificada y evaluada estrictamente de acuerdo al número de publicaciones que este grupo produzca.*
- *Establecimiento de un programa académico interuniversitario de Doctorado en Ciencias de la Computación, entendido como el subproducto más importante del Centro de Investigación mencionado anteriormente.*

Al momento de escribir este artículo, el proyecto se encuentra en las fases finales de aprobación por parte de las autoridades correspondientes. El *Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada* es descrito en la Sección 2. La estructura administrativa sugerida para el Doctorado se encuentra en la Sección 3. La Sección 4 detalla los requisitos de ingreso a este Programa. Las diversas piedras millares que el estudiante debe alcanzar como parte de sus estudios doctorales son presentadas en la Sección 5. El perfil profesional y académico del graduado del programa propuesto es brevemente analizado en la Sección 6. Finalmente, el artículo concluye en la Sección 7.

## **2 Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada (CienCIA)**

En su famosa conferencia "*The Uncertainty of Science*" [7], Richard Feynman explora tres pilares fundamentales de lo que entendemos por Ciencia. En primer lugar, la Ciencia moderna se caracteriza por su riguroso método o procedimiento para obtener conocimiento nuevo, con hipótesis y teorías delimitadas por la inexorable navaja de Occam, experimentos objetivos y reproducibles, y la comunicación apropiada de los resultados obtenidos para someterse al dictamen exigente de otros científicos [4, 6], siguiendo con Feynman, podemos decir que los científicos se dedican al "placer de hallar cosas" [8]. En segundo lugar, Feynman se concentra en el cúmulo del conocimiento publicado de una disciplina. Así, la colección de todos los "*papers*", tesis, libros y conferencias publicados por todos

los investigadores del mundo constituyen el acervo científico de la humanidad, y, consecuentemente, trabajos nunca publicados o investigaciones guardadas en gavetas no son parte de la Ciencia [4, 15]. Finalmente, la sociedad está particularmente interesada en la “tecnología” o aplicación práctica del conocimiento obtenido por los científicos, para retribuir en la forma de soluciones prácticas la inversión que se ha hecho en Ciencia [6, 7, 8]. En resumen, notamos tres elementos claves en el trabajo científico: método sistemático, riguroso y objetivo; publicación de resultados; y aplicación del conocimiento obtenido.

Un “*Centro de Investigación Científica*” es una entidad que reúne investigadores con el objetivo fundamental de producir y divulgar nuevo conocimiento científico. Este esfuerzo procura en una forma u otra el cumplimiento de los tres elementos característicos de la Ciencia mencionados arriba. El **Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada (CienCIA)**, es la respuesta que la comunidad científica nacional en Computación da a este reto. En la medida de lo posible, los investigadores asociados al *CienCIA* serán dotados con facilidades y recursos que les permitan completar su trabajo científico en Computación e Informática, someter sus resultados al dictamen de sus colegas internacionales, publicar y divulgar su investigación, y buscar la aplicación práctica de sus hallazgos compartiendo resultados con la industria nacional.

Aparte de la investigación misma, uno de los subproductos más importantes del *CienCIA* será la formación de un programa de Doctorado en Ciencias de la Computación, adonde estudiantes de postgrado, altamente calificados y seleccionados cuidadosamente, recibirán una formación rigurosa y comprensiva en esta disciplina, colaborarán en los diversos proyectos de investigación de sus profesores, y completarán sus propias investigaciones originales en la forma de disertaciones doctorales. Toda esta investigación será canalizada a través del *CienCIA*.

La investigación sin publicación es estéril, autoreferente, intrascendente y de calidad dudosa [4, 15]. Por lo tanto, el objetivo fundamental del *CienCIA* es producir y, sobre todo, **publicar** investigación científica del más alto nivel en Computación e Informática. Se plantean como objetivos específicos: identificar y reunir a los mejores investigadores del país y la región en Computación e Informática; crear un ambiente agradable y estimulante, dotado de los mejores recursos y facilidades posibles para la producción científica en Computación e Informática, y ponerlo en forma expedita al servicio de investigadores nacionales e internacionales asociados a *CienCIA*; establecer fuertes contactos con el sector académico nacional, identificado principalmente en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Computación, y con el sector industrial nacional en el área de Computación; colaborar, siempre con la investigación científica como prioridad, en la formación de recurso humano especialista en la disciplina; y exigir a sus investigadores asociados la publicación de resultados ante la comunidad científica internacional.

Los proyectos de investigación del *CienCIA* pueden ser intrínsecamente de Computación e Informática (por ejemplo, Ingeniería de Software, Bases de Datos, Redes de Computadores, Sistemas Operativos, Lenguajes de Programación, etc.) o ser de naturaleza interdisciplinaria con un componente significativo de interés para la comunidad científica en Computación e Informática (por ejemplo, Biología Molecular Computacional, Simulación, Investigación de Operaciones, Matemáticas, etc.). A su vez, pueden ser de tipo estrictamente teórico o con fuertes implicaciones prácticas y conexiones con la industria nacional. Debido a la fuerte relación con el Programa de Doctorado en Computación, se espera que muchos de estos proyectos sean parte de las investigaciones doctorales de los estudiantes de este programa, aunque tampoco se descartan como generadores de investigación publicable las tesis de Maestría.

Uno de los principales parámetros (y más fácilmente cuantificable) para evaluar la efectividad de la labor del *CienCIA* es el número de publicaciones realizadas a su nombre por sus asociados. Estas publicaciones buscarán difundir los resultados de nuestras investigaciones y, sobre todo, recibir retroalimentación respecto a ellas. Así, la labor del *CienCIA* puede ser evaluada en tres aspectos: **Cantidad**, número de Reportes Técnicos producidos por semestre; **Calidad**, número de publicaciones en Conferencias y *journals* de prestigio mundial; e **Influencia**, número de referencias en otras investigaciones de las publicaciones auspiciadas por el *CienCIA*. Por otro lado, y sin perder de la mira la investigación científica y su publicación como objetivo fundamental de *CienCIA*, hay una diversidad de actividades colaterales que el Centro podría desarrollar:

- “*Broker*” de proyectos de investigación: *CienCIA* recopilará y anunciará problemas de industrias nacionales, así como “Expresiones de Interés” de los académicos.
- Canalizar posibles fuentes de financiamiento para llevar a cabo investigación.
- Organizar actividades que fomenten el intercambio de ideas (por ejemplo, Conferencias Científicas en Computación, nacionales e internacionales), la vinculación industria-universidad, y la internacionalización de los resultados (charlas, visitas a universidades y colegios, etc.).
- Crear “Redes de Excelencia” a través de las cuales expertos de ciertos temas pueden reunirse (física o virtualmente) e intercambiar ideas.
- Publicación periódica de una revista.

### 3 Estructura Administrativa del Programa de Doctorado

Se considerará que un profesor es “*miembro*” del Programa de Doctorado si está afiliado a alguna de las escuelas de Computación de alguna universidad de CONARE, con una dedicación mayor a medio tiempo, tiene un grado mínimo de doctor, y es profesor e investigador activo (con un número adecuado de publicaciones recientes) dentro del Programa de Doctorado. Todos los profesores miembros tienen el **derecho** de ser parte de la Asamblea Académica del Doctorado con voz y voto. Esta Asamblea es la máxima autoridad del Programa de Doctorado y se reunirá por lo menos dos veces por semestre, deberá escoger entre sus miembros a un **Director del Doctorado** nombrado por períodos de 4 años. Las funciones del Director incluyen coordinar el funcionamiento del Programa y vigilar el cumplimiento de los objetivos del mismo. Habrá un **Comité Ejecutivo del Doctorado (C.E.D.)**, formado por un representante nombrado por cada una de las universidades públicas (con un grado mínimo de doctor, preferiblemente en Ciencias de la Computación), el Director del Doctorado, dos miembros de la Asamblea Académica, y un representante del CENAT. El C.E.D. se reunirá periódicamente, convocados por el Director del Doctorado. Su principal función es implementar las directrices establecidas por la Asamblea Académica y tomar todas las decisiones administrativas necesarias para el funcionamiento normal del Programa (por ejemplo, Admisión de Estudiantes, reconocimiento de cursos, aprobación de Comités de Tesis, etc.).

### 4 Ingreso al Doctorado

En cualquier disciplina, un programa de doctorado requiere que sus estudiantes tengan una dedicación de tiempo completo durante los años que toma su educación y entrenamiento. Es muy importante que el programa tenga claras políticas de ingreso que maximicen la probabilidad de éxito de los estudiantes. Obviamente, esto beneficia al estudiante, al programa, a sus profesores y a las investigaciones producidas. El C.E.D., en consulta con todos los profesores e investigadores del programa, seleccionará los estudiantes a ser admitidos en el programa tomando en cuenta su capacidad intelectual, educación previa, características personales, cartas de recomendación y potencial para investigación de los candidatos. En la gran mayoría de los casos, se *recomienda* que los candidatos a ingresar al Programa de Doctorado cuenten con una Maestría previa en Ciencias de la Computación, sin embargo, en casos excepcionales, el C.E.D. podría admitir estudiantes con un Bachillerato, o con una Maestría en otra disciplina. Los interesados deben presentar:

- **Formularios** de solicitud de ingreso al programa completos.
- **Ensayo** adonde el interesado describa sus metas profesionales, sus intereses de investigación, sus expectativas respecto al programa y sus planes futuros como científico o académico. El C.E.D. evaluará características tales como madurez, motivación, creatividad, habilidad de comunicación, y seriedad de sus intenciones.
- **Curriculum Vitae** actualizado.
- **Documentación** original y fotocopias de todos sus estudios universitarios previos. Incluir diplomas y certificados de notas. El C.E.D. establecerá un promedio mínimo de notas.
- **Resultados del Graduate Record Examination (GRE)** en Ciencias de la Computación. El propósito de este requisito es verificar que el candidato tiene el conocimiento equivalente a un Bachillerato en Ciencias de la Computación. El C.E.D. establecerá un puntaje mínimo aceptable.
- **Resultados del Test of English as a Foreign Language (TOEFL).**
- **Cartas de Recomendación**, preferiblemente de personas con título de Doctorado en Ciencias de la Computación que sepan de las cualidades académicas del interesado y que puedan juzgar las posibilidades reales del mismo de tener un buen rendimiento como investigador en un programa de doctorado.
- **Cualquier otra información** (publicaciones, patentes, premios obtenidos, certificaciones de habilidades especiales, etc.) que el interesado considere pertinente.

### 5 Estructura General

La amplísima disciplina que enmarcamos como “*Ciencias de la Computación*” es, con sus poco más de 50 años de existir, definitivamente un campo muy joven cuando lo comparamos con otras áreas del conocimiento humano que se han desarrollado por siglos e inclusive milenios. Para muchos expertos en la materia, es evidente que eventualmente la Computación se separará en campos de estudio complementarios pero con características propias, como se nota actualmente, por ejemplo, en las diversas ramas de la Ingeniería. Sin embargo, en este instante nos encontramos en un punto previo a esta escisión, y aún no está del todo claro cual será el cuerpo de conocimientos que definirá cada área independiente. Además, se avanza a gran rapidez, haciendo obsoleto el conocimiento establecido o adquirido hace pocos años.

Dada esta situación, un Doctor en Ciencias de la Computación requiere tener bases sólidas y lo más actualizadas posibles en una serie de áreas reconocidas como fundamentales en el campo, y con una profundidad mucho mayor que la que usualmente se tiene en los programas de Maestría convencionales. Es por tal motivo que la comisión interuniversitaria concluyó que era indispensable contar con una serie de Seminarios Doctorales y cursos de Especialidad obligatorios (ver subsecciones 5.1, 5.2 y 5.3) para garantizar una formación coherente y actualizada a los futuros graduados del Programa de Doctorado. Esta práctica es corriente en muchos programas de doctorado de prestigio mundial. Nótese, además, que la presencia de los cursos da un punto adicional de control de calidad y que es consistente con un programa de carácter regional donde se recibirán estudiantes con cierta variedad en su formación previa.

Por supuesto, la esencia misma de un doctorado es la investigación científica y sería absurdo siquiera proponer un programa de doctorado integrado únicamente por cursos académicos ordinarios. En esta propuesta, se busca un balance entre cursos (los cuales serán muy orientados a la investigación científica) y la investigación original de cada estudiante. Los cursos de *Investigación Dirigida* constituyen la mayoría porcentual de los créditos asignados al programa de estudios y satisfacen este componente de investigación.

El programa de Doctorado en Ciencias de la Computación prepara individuos excepcionalmente calificados para que se conviertan en profesionales especialistas en esta disciplina. El grado de “doctor” (*Ph.D.*) se confiere por el desarrollo de investigación original que resulte en una contribución significativa al cúmulo de conocimiento del área. El programa tiene varias fases y requiere, partiendo de una Maestría en Ciencias de la Computación, de un mínimo de 6 semestres a tiempo completo. Con cierta regularidad (por lo menos una vez al año) el rendimiento de todos los estudiantes será evaluado para detectar posibles deficiencias o resultados no satisfactorios. Cada estudiante contará con un **profesor asesor** a lo largo de sus estudios de doctorado. Es responsabilidad de cada estudiante seleccionar a su asesor lo antes posible (inicialmente las funciones de asesoría serán asumidas por el Director del Doctorado). Este profesor debe ser *miembro* del Doctorado y debe trabajar en el área en la que el estudiante desea realizar su investigación.

La Figura 1 muestra un diagrama del Plan de Cursos recomendado para estudiantes admitidos al programa con una Maestría previa en Ciencias de la Computación (por motivos de espacio, se omite en este artículo la malla curricular para estudiantes admitidos excepcionalmente con un bachillerato en Computación). Las siguientes subsecciones describen las principales “piedras millares” que el estudiante debe alcanzar en el Programa Propuesto. .

### **5.1 Núcleo Académico**

Como mecanismo de control de calidad y para garantizar una base común de conocimientos, se establecen cuatro *Seminarios Doctorales* obligatorios de 4 créditos cada uno. Estos seminarios no podrán ser reemplazados por otros cursos del currículum ni por cursos tomados previamente. Los estudiantes deben cumplir con este requisito tan pronto como sea posible. Los Seminarios Doctorales son:

- *Introducción a Estudios de Doctorado.*
- *Diseño de Experimentos.*
- *Desarrollo de Software.*
- *Sistemas Computacionales.*

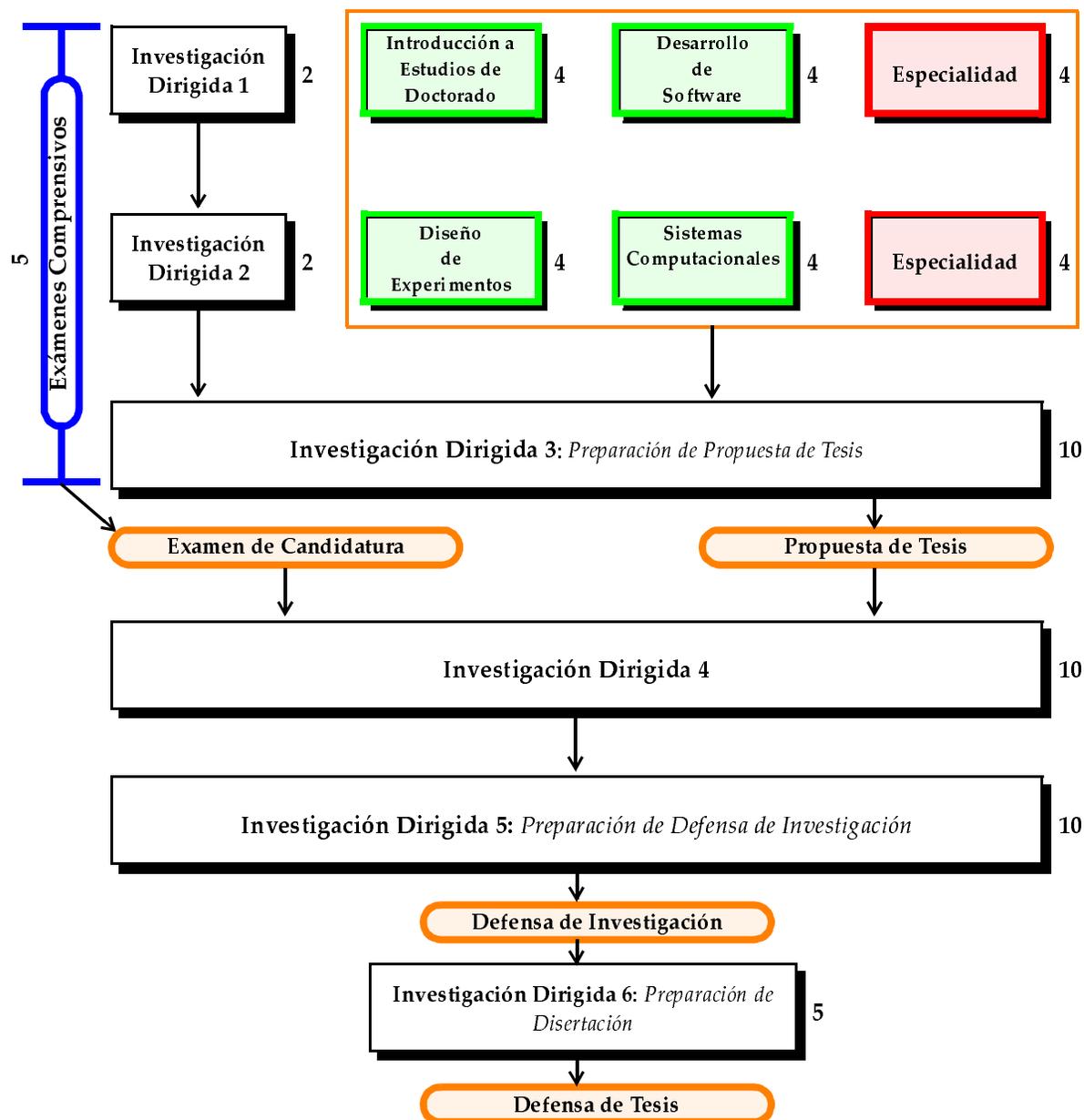
### **5.2 Componente de Especialidad**

El profesor asesor establecerá que cursos, por lo menos 2, debe tomar el estudiante dentro de su área específica de especialización e investigación. Es factible que, a solicitud expresa del estudiante y luego de presentar documentación exhaustiva al respecto, el *C.E.D.* reconozca algunos cursos tomados previamente (e.g., como parte de una Maestría previa en Ciencias de la Computación) para cumplir con parte de este requisito, siempre y cuando se cuente con la aprobación del profesor asesor. Cursos que no hayan sido impartidos por profesores con doctorados no podrán ser considerados. Cada curso de especialidad aprobado dará 4 créditos.

### **5.3 Conocimiento Básico - Exámenes Comprensivos**

El programa establece 5 áreas indispensables que todo estudiante de doctorado en Ciencias de la Computación debe dominar:

- *Análisis de Algoritmos.*
- *Sistemas Operativos.*
- *Diseño de Lenguajes de Programación.*
- *Bases de Datos.*



**Figura 1.** Plan de Cursos para Estudiantes con Maestría en Ciencias de la Computación

- *Redes de Computadores.*

Estos temas serán evaluados con exámenes comprensivos individuales para cada una de las áreas definidas (se asigna 1 crédito a cada examen). Nótese que este no es un requisito de ingreso, sino un requisito de permanencia. Los estudiantes deben aprobar todos los exámenes durante sus primeros tres semestres en el programa de doctorado. Si el rendimiento mostrado en algunos de estos exámenes no es satisfactorio, el estudiante tendrá oportunidad de tomar, por una única vez más, los exámenes requeridos. Cada examen comprensivo tiene el valor de un crédito académico. Se entiende que el conocimiento requerido en estas áreas es correspondiente a cursos de nivel de una Maestría en Ciencias de la Computación. El programa de doctorado como tal no ofrecerá cursos para satisfacer este requisito, sino que dará a conocer los temas a ser evaluados en cada uno de los exámenes comprensivos. La aprobación de los exámenes comprensivos es obligatoria para todo estudiante que desee continuar en el programa de doctorado, y ningún estudiante podrá ser eximido de tomarlos y aprobarlos, bajo ninguna circunstancia.

#### 5.4 Créditos de Investigación

Desde el primer semestre en el programa, y durante todo el tiempo que permanezcan en el programa de doctorado, todos los estudiantes deben matricular **todos** los semestres por lo menos un curso de *Investigación Dirigida*, bajo la tutela de alguno de los investigadores del programa, el cual orientará al estudiante en sus lecturas, lo hará participar en sus proyectos de investigación y lo evaluará de la manera que considere apropiada (e.g., preparando un *paper* al final del semestre). Dicho curso recibirá una nota al final de cada semestre. Como puede notarse en el Plan de estudios mostrado en la Figura 1, estos cursos se identifican como *Investigación Dirigida 1*, hasta *Investigación Dirigida 6*.

Estos cursos estarán totalmente orientados a la investigación. Siempre que sea posible se tendrá como meta la publicación (conjunta o individual) de artículos en conferencias internacionales o revistas de prestigio, o que el estudiante se prepare para completar exitosamente la siguiente fase específica del plan de estudios. El tiempo dedicado a estos cursos será utilizado en la investigación particular de cada estudiante y a colaborar con los proyectos de investigación en que esté involucrado. Así, la preparación de la Propuesta de Tesis, la Defensa de Investigación y la Defensa de Tesis, serán hechas bajo la dirección del profesor asesor en las horas asignadas a Investigación Dirigida.

Para el Programa de Doctorado es fundamental la exposición internacional de sus estudiantes y sus trabajos. Esta exposición puede ser lograda ya sea mediante la publicación y presentación de las investigaciones científicas del estudiante en múltiples conferencias internacionales de prestigio, o con una combinación de presentaciones en conferencias y una pasantía en el extranjero, no mayor a un semestre, realizada en alguna Universidad o Centro de Investigación de calidad mundial. Dicha pasantía cubriría el requisito de “investigación dirigida” de un semestre y debe ser realizada antes de la *Defensa de Investigación*.

#### 5.5 Examen de Candidatura

Cuando un estudiante haya avanzado lo suficiente en sus estudios de doctorado (aproximadamente después de 4 o 5 semestres), un área específica de investigación debe ser seleccionada. El estudiante debe demostrar un conocimiento profundo en esta área, aprobando el respectivo Examen de Candidatura para dicha área. Este examen es un paso fundamental para convertirse en candidato a doctor. El estudiante debe identificar un asesor académico (normalmente, esta función es realizada por el mismo profesor asesor) y por lo menos otros dos profesores para que integren el “Comité del Examen de Candidatura”. Este comité se encargará de supervisar todo el proceso de este examen. Cada área de investigación publicará la lista del material que considera que el estudiante debe conocer (e.g., lista de libros, papers, lenguajes de programación, software, sistemas operativos, etc.). El examen consta de tres partes:

- **Examen Escrito.** *Un examen comprensivo de un día de duración. Queda a criterio de los examinadores si dicho examen es a libro abierto o no. Este componente evalúa la profundidad de los conocimientos del estudiante en el área seleccionada.*
- **Pregunta de Investigación.** *El Comité le propondrá al estudiante un problema o pregunta de investigación la cual debe explorar e (idealmente) resolver en, a lo sumo, una semana de tiempo. El estudiante debe preparar una presentación con su respuesta o escribir un esquema detallado de un posible artículo científico.*
- **Defensa Oral.** *El estudiante presentará su respuesta a la pregunta de investigación ante el Comité del Examen. El comité interrogará al estudiante respecto a su presentación, la pregunta de investigación, el examen escrito o respecto a los temas que considere pertinentes.*

El Comité del Examen se encargará de dar la evaluación final respecto al examen, considerando los resultados de todos los componentes. Si el rendimiento en el examen de candidatura no fuera satisfactorio, el estudiante podrá repetirlo, por una única vez, en un tiempo fijado por el Comité.

#### 5.6 Propuesta de Tesis

La *Propuesta de Tesis* tiene dos componentes: **Documento Escrito** y **Defensa Oral** de dicho documento. En el **Documento Escrito** el estudiante describe con el mayor detalle posible el proyecto de investigación a ser realizado. El objetivo principal es establecer la importancia y originalidad del trabajo, pero sobre todo su factibilidad. El estudiante debe demostrar dominio del tema particular y de los trabajos más relevantes de otros investigadores en el área. Se debe detallar cuanto de la investigación ya ha sido concluida y publicada por el estudiante, y que elementos están pendientes de ser explorados. Se deben listar los recursos de todo tipo que serán necesarios para completar el proyecto (e.g. hardware y software, bibliografía, equipo humano, colaboración de empresas o instituciones, visitas a centros de investigación, etc.) y un cronograma detallado de actividades. La propuesta tendrá una naturaleza semejante a un “contrato” entre el estudiante y el programa de doctorado. Se debe realizar una **Defensa Oral** y pública de la Propuesta de Tesis ante un comité de por lo menos 3 profesores del programa de doctorado, junto con

cualquier otro público interesado. El comité será seleccionado por el estudiante y su profesor asesor (el cual a su vez es miembro de este comité). Aunque no es indispensable, sería conveniente que dicho comité sea el núcleo del posterior Comité de Tesis. La defensa oral será moderada por el profesor asesor. El comité decidirá si la propuesta del estudiante satisface los requisitos que se esperan de una investigación doctoral y, en cualquier caso, hará recomendaciones al estudiante respecto al proyecto propuesto. Un estudiante que haya aprobado todos los requisitos de cursos, su Examen de Candidatura y cuya Propuesta de Tesis haya sido aprobada será *Candidato a Doctor*.

### **5.7 Defensa de Investigación<sup>1</sup>**

Por lo menos un semestre antes de su eventual graduación, el estudiante deberá defender en forma pública su investigación ante un Comité evaluador. Es responsabilidad del estudiante anunciar ampliamente esta actividad a la comunidad académica del Programa de Doctorado y de los departamentos y escuelas de Informática y Computación de todas las universidades públicas del país, indicando el tema de su investigación, así como la fecha, hora y lugar de la defensa. Al momento de esta defensa, la investigación del estudiante debe estar terminada y se debe contar con documentos escritos que la describan (i.e., borrador de la disertación, artículos publicados, resúmenes de resultados, reportes técnicos, etc.). Sin embargo, no es necesario que la Disertación Doctoral esté terminada para entonces. La investigación debe ser presentada y defendida ante un comité de por lo menos 5 profesores, que incluye a su profesor asesor y a un miembro externo al Programa de Doctorado (puede haber un máximo de 2 miembros externos). Es indispensable que todos los miembros del Comité estén presentes en el momento de la defensa.

Esta actividad debe demostrar que la investigación está completa, y que la misma es una contribución original e importante al cuerpo de conocimientos de las Ciencias de la Computación en general y a la especialidad del estudiante en particular. Se verificará que el trabajo presentado se ajuste razonablemente bien a lo descrito en la Propuesta de Tesis. La defensa será moderada por el profesor asesor. Después de una deliberación en privado, el Comité presentará sus comentarios a la investigación del estudiante, indicando, principalmente, si la investigación es satisfactoria para el Comité o si la encuentran deficiente. En todo caso, el Comité explicará los cambios que el estudiante debe realizar al replantear su investigación o antes de completar su Disertación Doctoral. También el Comité podría recomendar cuales partes o resultados individuales de la investigación sería conveniente publicar.

### **5.8 Disertación Doctoral**

La Disertación Doctoral es el documento final donde el estudiante presenta los resultados de su investigación, la cual fue previamente defendida y aceptada por el Programa de Doctorado. El problema investigado debe ser descrito detalladamente, junto con la metodología seguida, los experimentos realizados, si fuera del caso, y los resultados finales. Además se espera una revisión completa y profunda de otros trabajos de investigación relacionados con el tema y una descripción del trabajo futuro que se puede desprender de los resultados encontrados por el estudiante. Este documento debe satisfacer todos los requerimientos que el Comité de su respectiva Defensa de Investigación recomendó, y debe seguir estrictamente todas las regulaciones de forma que el Programa de Doctorado establezca.

### **5.9 Defensa de Tesis**

La última etapa en los estudios de doctorado es la Defensa de Tesis. El procedimiento será similar a los previamente descritos para la presentación de la Propuesta de Investigación y para la Defensa de Investigación. Su principal propósito es hacer una presentación formal de los resultados de investigación y verificar que todas las observaciones hechas en la Defensa de Investigación hayan sido resueltas satisfactoriamente por el estudiante. Es responsabilidad del estudiante anunciar ampliamente esta actividad a la comunidad académica del Programa de Doctorado y de los departamentos y escuelas de Informática y Computación de todas las universidades públicas del país, indicando el tema de su tesis, así como la fecha, hora y lugar de la defensa.

La tesis debe ser presentada y defendida ante un comité de por lo menos 5 profesores, que incluye a su profesor asesor y a un miembro externo al Programa de Doctorado. Es recomendable que todos los miembros del Comité estén presentes en el momento de la defensa de tesis. La defensa será moderada por el profesor asesor. Después de una deliberación en privado, el Comité presentará sus comentarios a la tesis del estudiante, indicando, principalmente, si la investigación es satisfactoria para el Comité o si la encuentran deficiente. Una vez que la Defensa de Tesis haya sido aprobada exitosamente, el estudiante recibirá el título de *Ph.D.*

---

1. Muchos elementos de este documento fueron influenciados por diversas universidades. En particular, la idea de la *Defensa de Investigación* fue tomada del programa doctoral de *Georgia Tech*.

### 5.10 Requisitos Adicionales

Aparte de los componentes mencionados en los párrafos anteriores, se requiere que el estudiante haya publicado por lo menos dos *papers* en conferencias internacionales de prestigio o revistas especializadas adonde su trabajo haya sido sometido al arbitraje anónimo de especialistas en el área (“*peer review*”).

### 5.11 Cursos Adicionales para Estudiantes Admitidos con Bachillerato Universitario

Para satisfacer las normativas respecto al total de créditos, los bachilleres admitidos al programa tendrán que completar cierta cantidad de cursos adicionales. Estos estudiantes deben tomar créditos adicionales en cursos de investigación y deben aprobar 5 cursos en las áreas de *Análisis de Algoritmos*, *Sistemas Operativos Avanzados*, *Bases de Datos*, *Lenguajes de Programación* y *Redes de Computadores*. Estos cursos, aunque obligatorios, no forman parte del conjunto de cursos ofrecidos por el Programa de Doctorado, sino que deben ser cubiertos por el estudiante tomando y aprobando cursos de estos temas en los Programas de Maestría en Computación de las universidades públicas asociadas al Doctorado. Nótese que no es indispensable que dichos cursos sean enseñados por profesores con grado mínimo de doctorado. La selección de cursos a ser tomados para cubrir este requisito deberá ser aprobada, caso por caso, por el *C.E.D.*. De la misma forma, es también potestad del *C.E.D.* decidir si los cursos tomados son o no equivalentes a los 20 créditos requeridos en este rubro.

## 6 Perfil del Graduado

Un “doctor” es, esencialmente, un científico. Debe tener un dominio amplio, profundo, riguroso y actualizado de su disciplina. Al mismo tiempo, debe estar entrenado como investigador para que cumpla su misión fundamental: crear conocimiento nuevo. Un doctor está capacitado para hacer crecer, depurar y refinar el conjunto de conocimientos que llamamos *Ciencia*. Es clave para el Programa propuesto el desarrollo del pensamiento científico, complejo y disciplinado de alto nivel que le permita a los graduados manejar con rigurosidad y objetividad los procesos científicos inherentes a la investigación, así como los procesos sociales y empresariales atinentes a su desarrollo. Los graduados estarán entrenados para el desarrollo de artículos científicos, propuestas de investigación, y publicaciones técnicas en general. Serán capaces de identificar y evaluar problemas de investigación y desarrollo, así como planear estrategias de trabajo para su solución. Estarán capacitados para organizar y dirigir grupos de trabajo que realicen investigación original y de frontera, tanto en el ámbito científico como en el de las industrias y organismos vinculados a la problemática de la Computación e Informática. El graduado del Programa de Doctorado también estará en capacidad de impartir lecciones de carácter general o específico, utilizando las herramientas y medios de información más modernos, a nivel de Bachillerato, Maestría o Doctorado.

El graduado podrá plantear y buscar soluciones de la mayor calidad en forma rápida y eficiente de los distintos problemas que se presenten, en su área de énfasis profesional. Así mismo, su capacidad para crear soluciones le permitirá dar nuevos aportes o desarrollar nuevos esquemas tecnológicos. También, se espera que el graduado adquiera valores y actitudes que lo identifiquen como un profesional con alto nivel ético con respecto al ambiente, la equidad de género, la justicia y la solidaridad.

En detalle, el graduado del Doctorado en Ciencias de la Computación, será altamente competente para desempeñarse en las siguientes funciones:

- *Diseñar, ejecutar y evaluar programas de investigación en el campo de las Ciencias de la Computación. Promover el establecimiento de estos programas, impulsando y controlando procesos de investigación bajo los más estrictos principios de sistematicidad, rigurosidad y objetividad.*
- *Dirigir Centros y equipos de investigación en el campo de la Computación e Informática.*
- *Publicar, de acuerdo a las normas del idioma y de las publicaciones en el campo científico, los resultados de sus investigaciones. También comunicar a auditorios variados los resultados de estas investigaciones.*
- *Promover en sus pares y profesionales de otras disciplinas el placer y la satisfacción de buscar la verdad en forma sistemática, rigurosa y objetiva.*
- *Ejercer la docencia a cualquier nivel (grado o postgrado) en el campo de Ciencias de la Computación y disciplinas afines.*
- *Solucionar problemas concretos, desde el campo de las ciencias de la computación, en los procesos administrativos e industriales.*
- *Plantear y promover el establecimiento de convenios con organizaciones nacionales e internacionales en temas relacionados a la disciplina de Computación e Informática.*

Se tiene muy claro el compromiso que el Programa de Doctorado debe tener con una serie de principios, no sólo por correspondencia a diversas normativas, sino y sobre todo, por la importancia de darle este carácter distintivo al

graduado que tanto necesita la sociedad. El graduado del programa poseerá las siguientes actitudes, valores y principios:

- *Respeto a la disciplina científica, sus reglas, procedimientos, y sobre todo respeto a la búsqueda de la verdad.*
- *Alto grado de criticidad y creatividad.*
- *Manejo respetuoso hacia la dignidad de las personas.*
- *Sensibilidad por los problemas sociales y ambientales.*
- *Apertura permanente hacia las nuevas ideas y situaciones sociales.*
- *Capacidad para trabajar en entornos de alta competitividad.*
- *Tolerancia hacia las diferencias culturales y personales.*
- *Objetividad y responsabilidad en el cumplimiento de sus funciones.*

## 7 Resumen

Las universidades estatales de Costa Rica se han propuesto el desarrollo de un programa conjunto para la formación de Doctores en Ciencias de la Computación. Se reconoce la importancia fundamental de la investigación científica en dicho programa (evaluada bajo las normas de *publish or perish*) y se crea junto con el Programa de Doctorado el Centro de Investigación en Computación e Informática Avanzada (*CIenCIA*). Al mismo tiempo, se exige que este programa tenga calidad de nivel mundial. Durante las fases de desarrollo de esta propuesta hemos recibido retroalimentación internacional de representantes de universidades de Latinoamérica, Estados Unidos y Europa que han resultado invaluable para mejorar nuestro intento.

Hay consenso en la comisión universitaria en la búsqueda de la excelencia y la prioridad indudable de la investigación científica en el Programa de Doctorado. Sin embargo, la discusión en cuanto a los medios para lograr este fin ha sido muy interesante y enriquecedora. Esta discusión tiene cómo base la pugna entre el sistema europeo y el sistema norteamericano de estudios de doctorado, y el constante cuestionamiento de la pertinencia, idoneidad y factibilidad de ambos esquemas en el ámbito costarricense.

Aunque el programa aún está por empezar, los resultados hasta este punto nos hacen sentir muy optimistas respecto a la factibilidad del mismo. Hemos logrado una excelente comunión de ideas entre los representantes de las universidades, respetando las idiosincrasias de cada universidad (e inclusive las de la mayoría de los profesores involucrados) pero ofreciendo, al mismo tiempo, un proyecto conciso y coherente. Hay amplia voluntad política de las autoridades en las universidades para que el programa se lleve a cabo. Hemos recibido múltiples manifestaciones y ofrecimientos de apoyo financiero y logístico de agencias internacionales y de representantes importantes del sector industrial costarricense. También, ya sabemos de muchos estudiantes potenciales (costarricenses y de la región centroamericana) con gran interés por ingresar a este Doctorado.

## Referencias

- 1 **Becker, Howard**, *Tricks of the Trade - How to think about your Research While Doing It*, The University of Chicago Press, 1998.
- 2 **Bloom, D., Karp, J.D., Cohen, N.**, *The Ph.D. Process: A Student's Guide to Graduate School in the Sciences*, 2002.
- 3 **Bolker, Joan**, *Writing your Dissertation in 15 minutes a day: A Guide to Starting, Revising and Finishing your Doctoral Thesis*, 1998.
- 4 **Booth, Wayne et al.**, *The Craft of Research*, The University of Chicago Press, 1995.
- 5 **Davis, G., Parker, C.**, *Writing the Doctoral Dissertation: A Systematic Approach*, 1997.
- 6 **Feibelman, Peter J.**, *A Ph.D. is not Enough: A Guide to Survival in Science*, 2001.
- 7 **Feynman, Richard**, *The Meaning of It All*, Addison Wesley, 1998.
- 8 **Feynman, Richard**, *The Pleasure of Finding Things Out*, Perseus Books, 1999.
- 9 **Marín, G., Torres-Rojas, F.**, *Doctorado Nacional en Ciencias de la Computación en Costa Rica: cooperación interuniversitaria en pos de la investigación*, VII Junta Consultiva sobre el Posgrado en Iberoamérica, Convención Universidad 2004, La Habana, Cuba, Febrero, 2004.
- 10 **Peters, Robert**, *Getting What You Came For - The Smart Student's Guide to Earning a Master's or Ph.D.*, The Noonday Press, Revised Edition, 1997.
- 11 **Pugh, D.S., Phillips, E.**, *How to Get a Ph.D.: A Handbook for Students and Their Supervisors*, 2002.
- 12 **Rudestam, Kjell Erik and Newton, Rae R.**, *Surviving your Dissertation: A Comprehensive Guide to Contents and Process*, 2002.
- 13 **Smith, Robert V.**, *Graduate Research: A Guide for Students in the Sciences*, 1999.

- 14 **Torres-Rojas, F., Marín, G.**, “*Propuesta para un Programa Nacional de Doctorado en Ciencias de la Computación en Costa Rica*”, V Congreso Chileno de Educación Superior en Computación, CCECSC-03, XI Jornadas Chilenas de Computación, Chillán, Chile, Noviembre, 2003.
- 15 **Turabian, Kate L.**, “*A Manual for Writers of Term Papers, Theses and Dissertations*”, The University of Chicago Press. Sixth Edition, 1996