

La Informática Médica en el Espacio Europeo de Educación Superior

J. Martín Moreno, V.J. Berenguer Miralles, D. Ruiz Fernández, A. Soriano Payá, D. Gil Méndez

Dpto. de Tecnología Informática y Computación
Universidad de Alicante
Carretera San Vicente s/n, 03690 San Vicente (Alicante)
{jmartin,vjberenguer,druiz,soriano,dgil}@dtic.ua.es

Resumen

La informática médica es una disciplina que ha evolucionado notoriamente en los últimos años desembocando en varias líneas de interés y acercando áreas, tan aparentemente distantes, como las tecnologías de la información y la medicina. Buena muestra de ello es el nacimiento de diferentes grupos de investigación y formación, así como eventos de difusión con el único objetivo de hacer valer cada vez más una asociación interdisciplinar de varias áreas para conseguir una mejora en la calidad de vida de los ciudadanos. En este marco de evolución, se quiere plantear la incorporación de una asignatura optativa relacionada con la bioingeniería en los planes de estudios de Informática. Teniendo en cuenta las directrices marcadas por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) dicha asignatura sería cuatrimestral y con una duración de 108 horas equivalente a 4 créditos ECTS.

1. Introducción

La bioingeniería es la ciencia que estudia y busca la aplicación de principios y técnicas de la ingeniería para solucionar problemas de la biología y la medicina [23]. Podemos dividir esta en tres áreas según estableció en 1997 el Comité de Educación del *Group of Engineering in Medicine and Biology del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. Estas áreas son la ingeniería biológica, la cual se encarga de descubrir y clasificar los fenómenos biológicos refiriéndose a la biología como un todo; la ingeniería biomédica, encargada de estudiar la forma de combatir las enfermedades; y la ingeniería clínica, dedicada a dar solución a los problemas asistenciales de los hospitales. A su vez, cada una de estas áreas se nutre de muy

diferentes disciplinas, cuya clasificación se podría hacer en ciencias básicas generales y ciencias básicas interdisciplinarias. En el primer grupo podemos destacar la Biología, Fisiología, Química, Física, Matemáticas, Electrónica y Computación; y en el segundo la Biofísica, la Biomatemática y la Bioquímica.

Si tomamos una definición más laxa del concepto de bioingeniería la podemos tratar como la ciencia que agrupa la bioinformática (estudio del genoma esencialmente), el diagnóstico distribuido y cuidado sanitario en el hogar, el modelado y simulación de sistemas biológicos, la bioinstrumentación, la gestión hospitalaria, los sistemas de ayuda al diagnóstico, etc. El conjunto de todas estas actividades es lo que aquí entenderemos por informática médica.

En este artículo presentamos una propuesta de asignatura optativa relacionada con la bioingeniería en los planes de estudios de las Ingenierías en Informática. Se detallan aspectos como las competencias que se pretenden fomentar con dicha asignatura, la interrelación con otras asignaturas ya presentes actualmente y los contenidos que se proponen, atendiendo especialmente a su adaptación al EEES.

2. Relevancia de la Informática Médica en Europa

La informática médica en la sociedad actual (tanto en el marco nacional como europeo) ha evolucionado ramificándose en diferentes líneas de trabajo. Todas estas líneas se han ido desarrollando durante los últimos años en grupos de investigación de distintas universidades europeas, obteniendo una entidad suficiente como para proponer congresos y simposiums específicos. Este desarrollo científico-técnico ha facilitado la oferta docente de asignaturas, cursos,

masters y programas de doctorado en los planes de estudios de titulaciones con carácter más técnico como ingenierías en electrónica, en telecomunicaciones, en informática, etc.

La investigación en biomedicina y ciencias de la salud ha evolucionado en los tres últimos años, gracias en gran parte a los programas sobre investigación científica llevados a cabo por el Ministerio de Sanidad y Consumo, el de Educación y Ciencia y las entidades equivalentes de las diferentes comunidades autónomas. Esta línea de actuación se enmarca dentro de las directrices de la Unión Europea, que a través del 6º y 7º Programa Marco de Investigación, ha promocionado la integración de centros de investigación y sanitarios de gran prestigio, capaces de coordinarse y aumentar sus capacidades.

Nuestro país ha acercado, de forma novedosa y eficiente, su estructura de investigación biomédica a este modelo europeo. De esta forma se tiende a una clara convergencia con Europa y se facilita la aproximación y trabajo en equipo entre grupos interdisciplinarios y centros españoles de prestigio. Entre dichos centros encontramos, por ejemplo, el Parque de Investigación Biomédica de Barcelona [21], cuyas líneas de investigación se centran en descifrar la base genética y molecular de la vida y ayudar a solucionar los problemas de salud emergentes aplicando tecnologías informáticas. Otro grupo de investigación destacado dentro del panorama nacional es el de Biotecnología, Electrónica y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Valencia [8]. Dentro de este grupo existen varias líneas de investigación, entre las cuales están: bioingeniería, tecnologías para la salud y el bienestar social e informática biomédica. En el panorama nacional también destacamos el grupo de Biotecnología y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid [7]. Sus líneas de investigación se dividen en la telemedicina domiciliaria (aplicaciones multimedia en medicina, sistemas distribuidos en atención primaria, telemedicina en países en desarrollo, etc.) y en las imágenes médicas, resaltando la imagen funcional, la imagen microscópica, radioterapia, etc. Podemos mencionar también el grupo de Ingeniería Bioinspirada e Informática para la Salud de la Universidad de Alicante [9]. Este centra actualmente sus líneas de

investigación en el diagnóstico distribuido y cuidado sanitario en el hogar (D_2H_2), la cibernética y la biónica, la biometría, la informática médica y la bioinstrumentación. Dentro de estas líneas tiene cabida el desarrollo de aplicaciones de modelado y simulación de sistemas biológicos, el desarrollo de dispositivos biomédicos, aplicaciones de gestión médica, telemedicina y computación ubicua, etc.

Si nos fijamos en la actividad de investigación en biomedicina en Europa encontramos que existe un mayor desarrollo en países como Alemania, Reino Unido, Dinamarca, Holanda, etc. Por ejemplo, en la facultad de ciencias de la vida de la Universidad de Manchester [6] encontramos un grupo dedicado a la investigación en genómica funcional, evolución molecular, análisis de secuencias, bioinformática estructural, etc. Otra universidad donde podemos encontrar un grupo de investigación relacionado con la bioinformática es la de Bergen en Noruega [4]. Este pertenece al departamento de Informática y se dedica esencialmente al análisis de secuencias y estructuras de proteínas y de la actividad de los genes.

Los resultados de la investigación llevada a cabo en todos los grupos y centros citados anteriormente y en muchos otros se difunden en congresos y simposiums. Existe una gran variedad de estos eventos si nos centramos en un marco europeo, pero el abanico se extiende si hablamos de un ámbito internacional. Por ejemplo, el 2nd *IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing* [10], congreso internacional celebrado en Ámsterdam en diciembre de 2006, tenía como objetivo acercar las posturas de los desarrolladores y los usuarios de aplicaciones biomédicas, y dar a conocer los principales desarrollos en Tecnologías de la Información aplicadas a la e-Ciencia. También podemos destacar también el 4th *International Conference on Information & Communications Technology* [11], el cual en el año 2006 se centró en la Informática Médica.

Hemos podido observar que existe un desarrollo notable de todas las facetas comprendidas en la bioingeniería. Y que se requiere, cada vez más, de la aplicación de los principios y los métodos de la ingeniería y tecnología para la comprensión y resolución de los problemas biológicos y médicos. Como

consecuencia de ello surge la necesidad implacable de incluir la informática médica en las titulaciones universitarias, masters y programas de doctorado, con el fin de cubrir la formación de la gran cantidad de profesionales que se demandan en este campo. Entre las ofertas docentes que podemos encontrar en el panorama nacional tenemos que en el plan de estudios de la Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid se propone una intensificación en bioingeniería [19]. Dicha oferta se conforma de una asignatura de primer ciclo: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Medicina; y cuatro más en el segundo: Fundamentos de Bioingeniería, Señales e Imágenes Médicas, Laboratorio de Telemedicina y Laboratorio de Señales e Imágenes Médicas. Además, existe en esta escuela un programa de doctorado sobre Ingeniería Biomédica en el cual se tratan las líneas de bioinstrumentación y bioelectromagnetismo, informática médica y telemedicina, imágenes biomédicas y simulación médica y biomedicina y biomateriales. En la Universidad Pública de Navarra el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica oferta un título propio de ingeniería médica [20]. Este tiene una duración de 40 horas y va destinado a alumnos de ingenierías industriales, en telecomunicaciones e informáticas. La organización de este título es tal que los alumnos pueden obtenerlo cursando seis asignaturas de libre elección a lo largo del primer y/o segundo ciclo de sus estudios. Dichas asignaturas son: Introducción a la Ingeniería Médica, Fisiopatología fundamental, Telemedicina, Gestión de servicios sanitarios, Tecnologías biomédicas específicas y El espacio sociosanitario. También existe en las titulaciones de Ingeniería en Telecomunicaciones y en Electrónica de las universidades de Vigo, Málaga, Alcalá, La Laguna (Tenerife), Politécnica de Cataluña y Politécnica de Valencia asignaturas optativas relacionadas con la bioingeniería. En estas se busca proporcionar al estudiante una introducción al campo de la ingeniería biomédica y las aplicaciones clínicas relacionadas, la electrofisiología, el análisis de problemas biológicos y médicos, bioelectrónica, señales y sistemas biomédicos, telemedicina, etc. Además, también existen diferentes ofertas de masters como el de la Universidad de Barcelona [16], la

Pontificia de Salamanca [17] o la Complutense de Madrid [18]. En estos tres últimos casos estas ofertas de postgrado son propuestas por las facultades de informática y persiguen la especialización del alumno en alguna o varias de las áreas de la bioingeniería, acercándose más al concepto de informática bioinspirada.

Los autores de este texto quieren resaltar que existen en los planes de Ingenierías Informáticas de varias universidades asignaturas designadas como Bioinformática. Sin embargo, dichas ofertas docentes tienen un carácter complementario a otras asignaturas del área de la inteligencia artificial y están dedicadas al estudio de tecnologías surgidas en el contexto de la computación natural; no centrándose en gran medida en el concepto de bioinformática que aquí hemos considerado.

Hay que destacar también la creciente demanda por parte de la empresa pública y privada de profesionales cualificados que cubran los nuevos puestos de trabajo en proyectos y desarrollos vinculados al ámbito de la informática médica.

3. Peculiaridades de la Informática Médica

Hemos visto hasta este punto el desarrollo que existe de la bioingeniería tanto en el panorama nacional como europeo, así como la instauración de la oferta docente relacionada con sus diferentes áreas en los planes de estudio de titulaciones con un perfil más ingenieril. Observamos que tanto la electrónica como la computación juegan un papel fundamental dentro del marco interdisciplinar que define la bioingeniería. Estas materias armonizan con otras disciplinas como pueda ser la biología, la fisiología o la medicina para conformar las diferentes áreas que se definen en la bioingeniería. Si hablamos del papel de la electrónica como ciencia básica general de la que se nutre la bioingeniería encontramos aplicaciones en el desarrollo de sistemas de medida y actuación asociados a los sistemas biológicos, el estudio de los efectos biológicos asociados con la electricidad, el desarrollo de sistemas de adquisición de variables biológicas y biomédicas como pueden ser las imágenes o las bioseñales, etc. La formación en estos aspectos dentro de los planes de estudio de las Ingenierías en Electrónica

y en Telecomunicaciones queda cubierta con intensificaciones y asignaturas optativas como las comentadas en el apartado anterior. Si hablamos del papel que juega la computación o la informática en general dentro de las diferentes áreas que conforman la bioingeniería encontramos gran cantidad de aplicaciones. Entre ellas, las relacionadas con la bioinformática como pueden ser el análisis y descifrado de secuencias de material genético, la gestión del conocimiento o el reconocimiento de patrones. Por otra parte, las relacionadas con la ingeniería médica: clasificación y análisis de señales bioeléctricas, análisis de imágenes de detalles anatómicos y funciones fisiológicas, diseño y desarrollo de sistemas de ayuda al diagnóstico, desarrollo de aplicaciones orientadas a mejorar la gestión médica, tanto en aspectos de accesibilidad como en seguridad, la telemedicina, la computación ubicua, etc. También podemos destacar el diagnóstico distribuido y cuidado sanitario en el hogar, el modelado y simulación de sistemas biológicos, la robótica aplicada a la medicina, etc. Todas estas aplicaciones precisan la intervención de diferentes áreas de la informática entre las cuales destaca la inteligencia artificial, la ingeniería del software, el diseño de bases de datos, las arquitecturas de computadores, la física y electrónica aplicadas, la ingeniería telemática, etc. Además, la mayoría de estas áreas requerirían de una adaptación que las enfocase a las funcionalidades específicas de la informática médica. Por ejemplo, en las aplicaciones bioinformáticas, se precisaría de entornos de computación masivamente distribuidos como las arquitecturas Grid o los grandes supercomputadores para cubrir las crecientes necesidades de procesamiento que se requiere para el descifrado del genoma humano. Otra muestra de adaptación la encontramos en la gestión del conocimiento y los aspectos de seguridad que este lleva asociados, ya que, por ejemplo, los sistemas de registro de información de una gran red sanitaria deben cumplir una serie de políticas de seguridad que cualquier otro sistema no precisa. También los sistemas de ayuda al diagnóstico son cada vez más complicados debido a la enorme casuística de síntomas y predicción de enfermedades o patologías. Con el fin de cubrir la integración y adaptación de las diferentes áreas de la informática anteriormente

citadas, se cree necesaria la inclusión de una oferta docente relacionada con la informática médica en los planes de estudio de las Ingenierías en Informática.

4. Propuesta según las directrices del EEES

Como base para cursar la asignatura es recomendable haber adquirido conocimientos relacionados con arquitecturas de computadores, bases de datos, análisis de sistemas, redes e inteligencia artificial.

4.1 Objetivos y competencias

La asignatura se orienta a que el alumno adquiera el mayor número de aptitudes y capacidades en la materia que le permitan desenvolverse sin problemas en un futuro dentro de la informática médica. Entre los objetivos de conocimientos tenemos los siguientes:

- El alumno deberá adquirir técnicas y métodos de trabajo para llevar a cabo o formar parte de un desarrollo destinado a resolver problemas biomédicos.
- El alumno comprenderá la importancia de la información a tratar y de la seguridad que se ha de aplicar en el acceso a datos.
- El alumno deberá comprender el proceso de análisis seguido en el Proyecto Genoma Humano y las conclusiones derivadas de éste.
- El alumno adquirirá habilidades en el desarrollo de sistemas de análisis, aprendizaje y de ayuda al diagnóstico en D₂H₂.

Finalmente, destacan los siguientes objetivos de competencias, orientados a que el alumno llegue a:

- Conocer y utilizar de modo adecuado diversas herramientas hardware y software para solventar diferentes problemas vinculados con la materia.
- Adquirir hábito de trabajo continuado en equipos multidisciplinares.
- Aplicar sus conocimientos para desarrollar hábitos de análisis, autocorrección y mejora de los resultados obtenidos.

4.2 Metodología

Durante las clases teóricas se introducirán los conceptos básicos de cada tema para que los alumnos, a través de su participación en las sesiones (debatido, comentando, aportando ideas o rectificaciones) y su posterior estudio, alcancen conocimientos más avanzados por sí mismos.

Las sesiones prácticas empezarán cada bloque con una explicación básica que introducirá al alumno en la temática a tratar. El alumno abordará la propuesta hasta alcanzar los objetivos marcados satisfactoriamente, entregando una memoria con los métodos aplicados, resultados, conclusiones y problemas encontrados durante la realización de la práctica.

La metodología que se seguiría consta de tres partes bien diferenciadas:

- Conocimientos mínimos. Parte eminentemente teórica, en la que se explican los conocimientos básicos que debe adquirir el alumno a lo largo de la asignatura. Este punto considerará las horas docentes teóricas y una porción de horas dedicadas por el alumno fuera del aula en la revisión de conceptos explicados, ampliación de conocimientos y para solventar dudas de forma personalizada en tutorías.
- Prácticas. Durante el desarrollo de la asignatura se realizarán cinco prácticas, haciendo corresponder la temática con el bloque que se esté impartiendo en teoría. Consistirá en una práctica guiada por bloque, que tendrá además un componente de investigación y desarrollo por parte del alumno. Las prácticas serán llevadas a cabo durante las horas de docencia en laboratorio.
- Proyectos. El alumno deberá realizar un proyecto teórico-práctico que se centre en alguno de los puntos estudiados o analizados en la parte teórica o práctica de la asignatura. Deberá entregarse una completa documentación del trabajo, así como los códigos o desarrollos alcanzados en el proyecto. El alumno realizará estos proyectos dentro de las horas de trabajo personal previstas en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. Como ayuda a la realización del proyecto se proponen horas

dedicadas a un seguimiento semanal personalizado por parte del profesorado de la asignatura.

4.3 Contenidos

El contenido de la asignatura ha sido dividido de forma que en su desarrollo se aborden los conocimientos y campos de investigación básicos sobre la materia. Para esto, el temario se ha estructurado en cuatro temas o bloques principales, que englobarán el grueso de la asignatura, precedidos de un primer tema de introducción. Esta distribución se basa en los temarios existentes en las diferentes ofertas docentes que se expusieron en el segundo punto de este texto (Relevancia de la Informática Médica en Europa). Se han seleccionado las materias en las que mayor incidencia consideramos que puede tener la ingeniería informática.

Dada la amplitud y novedad del temario, no es posible su tratamiento y estudio a partir de un único libro de texto, se proponen como punto de partida las referencias [2], [3], [5], [12] y [14].

Tema 1. Introducción

En este tema se presentarán al alumno conocimientos iniciales acerca de la informática médica, como pueden ser historia, definiciones, relación transversal entre medicina e informática, interdisciplinariedad de la materia, así como proyectos reales o casos de uso de la informática aplicada a la medicina.

En la práctica se propondrá una sesión en la que el alumno, durante la primera mitad del tiempo, buscará información sobre informática médica. En la segunda mitad de la sesión se abrirá un debate participativo sobre las competencias de los ingenieros informáticos en el sector médico.

Tema 2. Bioinformática

En el segundo bloque se estudiará la bioinformática y su definición, explicando las dos posibles visiones que ha adoptado; qué puede aportar la informática a la biología y qué necesita la biología de la informática. Se estudiarán distintos puntos como son algoritmos, análisis de secuencias de ADN (proyecto del Genoma Humano), análisis y predicción de estructuras de

proteínas, etc. Se revisarán los problemas computacionales actuales y las soluciones que se proponen desde los distintos grupos de investigación. Finalmente se estudiará la fuerte relación que guarda la biología con las arquitecturas de computadores para el análisis y solución eficiente de esos problemas de computación.

En prácticas se propondrá un trabajo sobre bases de datos del proyecto Genoma, para el alineamiento múltiple y análisis de familias de proteínas, predicción computacional de genes mediante marcos abiertos de lectura (ORFs) o de genómica comparada.

Tema 3. Sistemas de ayuda al diagnóstico

En la ayuda al diagnóstico se estudiarán distintas técnicas de resolución de problemas y modelos de aprendizaje, dividiendo el tema en cuatro partes. En primer lugar se introducirán los modelos ocultos de Markov y su aplicación para el reconocimiento de patrones. En la segunda parte se estudiará el aprendizaje mediante un perceptrón aplicando la regla delta y perceptrón multicapa, con la aplicación de *backpropagation*. En la tercera parte se estudiarán los mapas auto-organizativos aplicados a la toma de decisiones de diagnóstico. Finalmente se estudiará el modelo de árboles de decisión o ID3 como apoyo a la toma de decisiones basado en reglas.

En las prácticas de este tema se propondrá la implementación de alguno de los modelos estudiados en teoría. Con la implementación se pretende que el programa analice un conjunto de datos previamente y que los clasifique para que, partiendo de esa información, sea capaz de asignar a una clase en concreto nuevos datos o información que le sean introducidos. Para esto se podrá implementar, por ejemplo, un perceptrón multicapa en lenguaje C para la clasificación de disfunciones. Se proporcionará una base implementada de los algoritmos, con la idea de que el alumno pueda avanzar más rápidamente y profundizar así mejor en los conceptos.

Tema 4. Modelado y simulación de sistemas biológicos

En el cuarto tema se abordará el modelado funcional mediante técnicas matemáticas, sistemas de modelado CAD/CAM, simulación de movimientos físicos, representación del

comportamiento físico del cuerpo humano mediante reglas físicas y matemática aplicada, necesidades computacionales para la renderización y simulación del sistema, etc. También se tratarán temas relacionados con técnicas paralelas y sistemas distribuidos orientados a la simulación de sistemas biológicos.

Se realizará una práctica en la que se utilizará un software de simulación para recrear el comportamiento de distintos órganos o funciones del cuerpo humano.

Tema 5. Gestión hospitalaria

Este tema incluirá tres apartados claramente diferenciados. En primer lugar se hablará de la normativa para el tratamiento de datos privados, introduciendo aspectos legales de la protección de datos y reglamentos de seguridad. En el segundo apartado se tratarán los sistemas de información médicos, incluyendo el tratamiento de la información dentro de bases de datos médicas, el acceso a la información y su protección frente a accesos fraudulentos. Finalmente se abordará D₂H₂, viendo las bases de este nuevo tipo de redes, consideradas como una extensión de la red de datos de un hospital hacia el domicilio de los pacientes, incluyendo los protocolos de comunicación y dispositivos actuales y futuros que utilizarán.

Como práctica se propondrá la implementación de un sistema de envío y recepción de información (mediante sockets, RMI o WebServices), utilizando alguno de los protocolos explicados en teoría, analizando las ventajas e inconvenientes del protocolo escogido frente a otros. También en este caso se proporcionará una base implementada de los algoritmos, con la idea de que el alumno pueda avanzar más rápidamente y profundizar así mejor en los conceptos.

4.4 Planificación

La extensión de la asignatura será de un cuatrimestre. Se le han asignado un total de cuatro créditos ECTS divididos a partes iguales entre teoría y práctica. La asignación horaria será de dos horas semanales de teoría, dos de prácticas y otras dos horas que el alumno deberá administrar libremente, haciendo un total de ciento ocho horas lectivas. De esta forma el compendio final de

créditos y horas lectivas será de veintisiete, quedando dentro de lo estipulado por el EEES (entre veinticinco y treinta por crédito) [24]. Dentro de cada una de las dieciocho semanas contabilizadas se ha distribuido la materia de forma que se impartirán tanto clases de teoría como de prácticas semanalmente. Cada sesión tendrá una duración de dos horas, haciendo un total de cuatro horas semanales lectivas, además del tiempo que el alumno dedique para asistir a tutorías. En cuanto a las horas no lectivas, el alumno debería dedicar fuera del aula otras dos horas más semanalmente. Con este planteamiento, la asignatura podría ser comprendida en conjunto, habiendo tiempo suficiente también para ahondar en las materias por las que el alumno sienta especial interés dentro del marco de la asignatura [22]. Una vez finalizado el periodo docente se realizará una prueba de conocimientos de corta duración (alrededor de una hora).

En primer lugar se impartirá una sesión que introduzca al alumno en el marco de la asignatura, ofreciendo un primer contacto con los contenidos, definiciones y estado de la informática médica. A continuación se abordarán los tres bloques principales de la asignatura, hablando de bioinformática, sistemas de ayuda al diagnóstico y modelado y simulación de sistemas biológicos, que ocuparán la práctica totalidad de la asignatura, haciendo mayor hincapié en los temas tres y cuatro por ser los más directamente relacionados con las capacitaciones de un ingeniero. Finalmente se tratará el tema de gestión hospitalaria y normativa, al que se dedicarán las dos sesiones finales. Esta distribución horaria se puede apreciar en la siguiente tabla.

	Teoría (2 ECTS)	Práctica (2 ECTS)
Tema 1	1 sesión (2h)	1 sesión (2h)
Tema 2	5 sesiones (10h)	5 sesiones (10h)
Tema 3	5 sesiones (10h)	5 sesiones (10h)
Tema 4	5 sesiones (10h)	5 sesiones (10h)
Tema 5	2 sesiones (4h)	2 sesiones (4h)

Tabla 1. Distribución de horas lectivas para el temario de la asignatura

4.5 Evaluación

La evaluación se realizará aportando un 20% de la nota mediante un examen de conocimientos

básicos (N_{examen}), un 40% corresponderá a las prácticas en laboratorio (P_1, P_2, P_3, P_4 y P_5) y otro 40% de la nota al proyecto teórico-práctico ($N_{proyecto}$). Tanto los proyectos como las prácticas serán controlados semanalmente por el profesorado en tutorías o durante las sesiones en laboratorio.

Las prácticas se evaluarán de forma independiente y se ponderarán en función de su presencia en la asignatura. Pudiendo aprobar las prácticas sin haberlas superado todas, siempre y cuando se obtenga una nota final igual o superior a cinco.

En cuanto a la parte teórica, no será necesario aprobar ambas partes por separado (proyecto y examen), la nota será ponderada y sumada independientemente de la calificación obtenida en cada parte. En la evaluación de cada parte por separado, la puntuación estará entre cero y diez puntos. Estas evaluaciones independientes serán ponderadas posteriormente.

Las calificaciones de la asignatura quedarán como sigue:

$$N_P = P_1 \cdot 0.05 + P_2 \cdot 0.25 + P_3 \cdot 0.30 + P_4 \cdot 0.30 + P_5 \cdot 0.10$$

$$N_F = N_{examen} \cdot 0.2 + N_{proyecto} \cdot 0.4 + N_P \cdot 0.4$$

$$\text{Si } N_P \geq 5 \text{ y } N_{examen} + N_{proyecto} \geq 5$$

5. Conclusiones

Como hemos visto a lo largo del texto existen y siguen apareciendo grupos de investigación, eventos y ofertas docentes dedicadas al desarrollo y estudio de las distintas disciplinas que componen la informática médica. Esto genera la conveniencia de incluir una asignatura de iniciación en el campo de la medicina dentro de los nuevos planes docentes de las ingenierías informáticas en el marco definido por el EEES. Esta asignatura introducirá al alumno en las distintas áreas de la informática médica, aportándole los conocimientos necesarios que le permitan abordar nuevos desarrollos o proyectos.

Referencias

- [1] Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Libro blanco del Título de Grado en Ingeniería Informática. <http://www.aneqa.es>

- [2] J.D. Broncico. *The Biomedical Engineering Handbook*. 2nd Edition. CRC Press – IEEE Press 2006.
- [3] J.J. Carr, J.M. Brown. *Introduction to Biomedical Equipment Technology*. 4th Edition. Prentice Hall 2000.
- [4] Department of Informatics, University of Bergen. <http://www.ii.uib.no>
- [5] J. Enderle, S. Blanchard, J. Bronzino. *Introduction to biomedical engineering*. Academic Press 1999.
- [6] Faculty of Life Sciences, University of Manchester. <http://www.ls.manchester.ac.uk>
- [7] Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.gbt.tfo.upm.es>
- [8] Grupo de Bioingeniería, Electrónica y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Valencia. <http://bet.upv.es>
- [9] Grupo Ingeniería Bioinspirada e Informática para la Salud, Universidad de Alicante. <http://www.dtic.ua.es/ibis>
- [10] 2nd IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing. <http://www.escience-meeting.org/eScience2006/index.html>
- [11] 4th International Conference on Information & Communications Technology. <http://icict.gov eg/ICICT-2006/ICICT2006.html>
- [12] R. S.H. Istepanian, S. Laxminarayan, C.S. Pattichis. *M-Health*, Springer 2006.
- [13] I.S. Kohane. *Bioinformatics and clinical informatics: the imperative to collaborate*. J Am Med Inform Assoc 2000; 7: 512-6.
- [14] F. Martín, V. Maojo, G. López. *Integrating genomics into health information systems*. Challenges for Medical Informatics as an Academic Discipline 2001.
- [15] M.A. Martínez, V. Carrasco. *Investigar en diseño curricular*. Vol. I, Marfil 2005.
- [16] Máster en Biomedicina, Universidad de Barcelona. <http://www.ub.es/biomed/cas/index.htm>
- [17] Máster en Gestión de la Información y el Conocimiento en Ciencias de la Salud, Universidad Pontificia de Salamanca. <http://informatica.upsam.net/postgrado/index.php?Mod=Estudios&Section=Mostrar&IdEstudio=76&Lang=es>
- [18] Máster en Investigación en Informática, Universidad Complutense de Madrid. <http://www.fdi.ucm.es/posgrado/>
- [19] Oferta docente (intensificación en bioingeniería), Universidad Politécnica de Madrid. <http://www.gbt.tfo.upm.es/web-gbt/docencia/94.asp>
- [20] Oferta docente (título propio), Universidad Pública de Navarra. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/ingmed/page_05.htm
- [21] Parque de Investigación Biomédica de Barcelona. <http://www.prbb.org>
- [22] Real Decreto 1125/2003. BOE núm. 224. <http://www.boe.es>
- [23] F. Sanz, C. Díaz, F. Martín, J. Bonis. *European support to Biomedical Informatics development: in pursuit of genomic medicine*. IEEE Computer Society, 2004.
- [24] ECTS – European Credit Transfer and Accumulation System. http://ec.europa.eu/education/programmes/so-crates/ects/index_en.html