

Trabajo seleccionado para su publicación por el jurado del **Premio Estudios Financieros**, formado por: don Antonio Bautista García-Vera, don Luis Alberto Guijarro Rojo, doña Ana Hidalgo Tena, doña Blanca Lozano Cutanda y don José Eugenio Martínez Falero.

María Encarnación Micó-Amigo¹ y Ester Micó-Amigo²

El estudio de la enfermedad de Parkinson con instrumentación biomédica: proyecto para el aula de Tecnología en educación secundaria

Extracto:

Esta propuesta pretende involucrar a jóvenes estudiantes de educación secundaria obligatoria (ESO) y bachillerato en un proyecto experimental basado en la aplicación de tecnología médica para el estudio de la enfermedad de Parkinson (EP).

Dicha propuesta consta de una sesión informativa y de dos sesiones prácticas a desarrollar en el aula-taller de Tecnología. En la sesión informativa e inicial de este proyecto se propone exponer el contexto, los retos y las limitaciones técnicas actuales en el campo de la neurología para el tratamiento y diagnóstico de las enfermedades neurodegenerativas, con particular atención en la EP. En la primera sesión práctica se plantea una actividad interactiva que incluye el estudio, diseño, ensamblaje y calibración de un sensor inercial (acelerómetro o giroscopio). En la segunda sesión práctica se propone que los estudiantes sigan un protocolo de medición con un dispositivo comercial de uso clínico, aplicando dicho protocolo tanto en el alumnado como en el profesorado involucrados. A partir del análisis de los datos obtenidos y de la comparación de estos con datos correspondientes a un grupo de pacientes con EP (proporcionados por parte del docente), los alumnos propondrán ideas para desarrollar un método que permita el diagnóstico de la EP.

Mediante una metodología experimental, innovadora y pragmática, este proyecto busca fomentar el aprendizaje constructivista, incentivar el pensamiento racional, estimular la imaginación e ingenio, ampliar conocimientos multidisciplinarios, concienciar sobre una realidad social de gran relevancia, desarrollar aptitudes sociales a través del trabajo en equipo y motivar e inspirar a los alumnos.

Palabras clave: ingeniería biomédica, enfermedad de Parkinson (EP), sensores inerciales, análisis biomecánico, aula de Tecnología, educación secundaria obligatoria (ESO), bachillerato.

Sumario

1. Introducción y justificación de la propuesta
2. Métodos
3. Discusión y conclusiones
4. Bibliografía

Fecha de entrada: 03-05-2016
 Fecha de aceptación: 12-07-2016
 Fecha de revisión: 21-03-2017

¹ M.ª E. Micó-Amigo, MOVE Research Institute Amsterdam, Departamento de Ciencias del Movimiento Humano, Vrije Universiteit Amsterdam (Ámsterdam [Países Bajos]).

² E. Micó-Amigo, profesora asociada del Grupo de Investigación, Ciencia, Tecnología y Sociedad. Didáctica de la Ciencia (CTS_DC) de la Universidad de las Islas Baleares (Palma de Mallorca [España]).

The study of Parkinson's disease with biomedical instrumentation: a project for the classroom of Technology in secondary education

Abstract:

This project aims to engage young students of *educación secundaria obligatoria* (ESO) and *bachillerato* (last levels of the compulsory high school education system) in an experimental project based on the application of medical technology for the study of Parkinson's disease (PD).

The project consists of an informative session and two practical sessions, all to be carried on the classroom-workshop of the Technology course. At the initial and informative session, it is proposed to expose the context, challenges and current technical constraints in the field of neurology for the diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases, with special focus on PD. The first practical session presents an interactive activity that includes the study, design, assembly and calibration of an inertial sensor (accelerometer or gyroscope). The second practical session requests the students to perform a measurement protocol with a commercial device of clinical use on all the students and involved teachers. The analysis of the obtained measures and the comparison of these with data corresponding to a cohort of patients with PD (provided by the teachers) will lead to the proposal of ideas for the development of a diagnostic method for PD.

With an experimental, innovative and pragmatic methodology, this project aims to foster a constructivist learning, to boost a rational thinking, to stimulate the imagination and wit, to expand multidisciplinary knowledge, to raise awareness about a socially relevant reality, to develop social skills through a team work approach and to motivate and inspire the students.

Keywords: biomedical engineering, Parkinson's disease, inertial sensors, biomechanical analysis, Technology classroom, *educación secundaria obligatoria* (ESO) and *bachillerato* (high school education).



1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

1.1. Importancia de la ingeniería biomédica en la sociedad

La ingeniería biomédica constituye una perfecta interfaz entre diversas disciplinas, tales como la ingeniería, el diseño, la tecnología, la física, la química, la biología y la medicina. Su objetivo final es mejorar la calidad de vida de los seres humanos, aportando un valor muy importante para el desarrollo y el crecimiento de la sociedad. Los ingenieros biomédicos colaboran entre diversas disciplinas para impulsar la innovación y desarrollar la tecnología en el campo médico-clínico, respondiendo a las necesidades de la sociedad y, a su vez, proporcionando soluciones para un mundo mejor y más saludable. Así, la ingeniería biomédica es un actor clave en el desarrollo, diseño y mejora de productos y tecnologías sanitarias, tales como equipos hospitalarios, prótesis para el reemplazo de articulaciones, microsensores, imagenología médica para diagnóstico y terapia, además de instrumentos mínimamente invasivos para uso quirúrgico y dispositivos para la monitorización de la actividad de los pacientes, entre otros (Fantini, Bennis y Kaplan, 2011).

A medida que aumenta la longevidad de la población se espera que crezca la prevalencia de enfermedades relacionadas con el envejecimiento, las cuales reducen la independencia funcional de los pacientes y causan morbilidad y hasta la mortalidad en estos. En consecuencia, se espera que, en los próximos años, las enfermedades relacionadas con el envejecimiento impongan una creciente carga social y económica en la población y en los sistemas gubernamentales, lo cual repercutirá en un aumento de los recursos sanitarios, incrementando significativamente los costes de la Seguridad Social y de los sistemas de asistencia sanitaria (McCrone, Allcock y Burn, 2007; Spotke *et al.*, 2005). En este contexto, el papel de la ingeniería biomédica es indudablemente imprescindible para la optimización de los recursos disponibles y para la búsqueda de soluciones innovadoras.

1.2. El estudio de la EP

La EP, tras la enfermedad de Alzheimer, es la enfermedad neurodegenerativa más predominante en países industrializados y está relacionada con el envejecimiento. Tiene una prevalencia estimada en el 0,3% del total de la población, del 1% en el sector de la población mayor de 60 años y del 3% en mayores de 80 años (Lau y Breteler, 2006). El estudio de la EP es complejo y a su vez desafiante dada la variabilidad de signos, síntomas y frecuencia en la que se presenta dicha enfermedad, especialmente en estados iniciales (Wahid, 2015). De hecho, se estima que tan solo el 40% de los pacientes son diagnosticados correctamente (Raknim y Lan, 2015).

Actualmente, la EP se diagnostica a partir de la detección de síntomas claramente notorios, tras una neurodegeneración del 50% (Fearnley y Lees, 1991), incluso hasta del 80% en algunos casos. Sin embargo, tras un 20% de neurodegeneración, el paciente presenta leves síntomas que pueden ser detectados con el uso adecuado de instrumentación médica. Esta tecnología está diseñada para la identificación de patrones motores patológicos, lo cual aporta información sobre el perfil clínico del paciente de forma objetiva y cuantificada. Así, se pretende proveer a profesionales clínicos con una herramienta que consiga detectar síntomas iniciales de la enfermedad y que, a su vez, permita monitorizar el efecto del tratamiento adoptado (Maetzler y Hausdorff, 2012). Esto no solo repercute en la regulación de dicho tratamiento, sino también en la mejora de la gestión de la enfermedad a nivel global, lo cual influye positivamente en la calidad de vida de los pacientes (Deane *et al.*, 2014).

La ingeniería biomédica constituye una perfecta interfaz entre diversas disciplinas [...] Su objetivo final es mejorar la calidad de vida de los seres humanos, aportando un valor muy importante para el desarrollo y el crecimiento de la sociedad

Tanto los síntomas motores como los síntomas no motores están relacionados con estados discapacitados de los pacientes, limitando su calidad de vida (Van Uem *et al.*, 2016). La EP afecta negativamente en la vida diaria de los pacientes, modificando sus rutinas e interfiriendo en sus actividades sociales. Por ejemplo, algunos de los síntomas motores, tales como la rigidez postural o una limitada coordinación de las extremidades superiores, dificultan los desplazamientos, la realización de actividad física e incluso la interacción social, y, además, interfieren en los comportamientos sexuales, en procesos de comunicación y en actividades fisiológicas, tales como dormir, comer o incluso defecar. El efecto de la medicación también influye en la planificación de ciertas actividades o tareas. Algunos de los

[...] el uso de dispositivos médicos tecnológicos que permitan obtener información precisa, objetiva y cuantificada sobre el estado de salud y el funcionamiento del paciente es esencial para la optimización del tratamiento de la EP

síntomas motores previamente mencionados pueden mejorar con la regulación adecuada de la medicación y de otras terapias correctivas. Sin embargo, la óptima regulación de la medicación y la selección de la más adecuada terapia requieren la cuantificación objetiva de su efecto (Maetzler, Nieuwhof, Hasmann y Bloem, 2013). Por ello, el uso de dispositivos médicos tecnológicos que permitan obtener información precisa, objetiva y cuantificada sobre el estado de salud y el funcio-

namiento del paciente es esencial para la optimización del tratamiento de la EP. Por otra parte, dada la creciente incidencia de trastornos del movimiento asociados al envejecimiento, el uso de tecnología médica de bajo coste que permita la monitorización continua, no obstructiva y ecológicamente válida de patrones motores de la población (Maetzler, Nieuwhof, Hasmann y Bloem, 2013) puede ser útil en la exploración masiva para la identificación de pacientes potenciales.

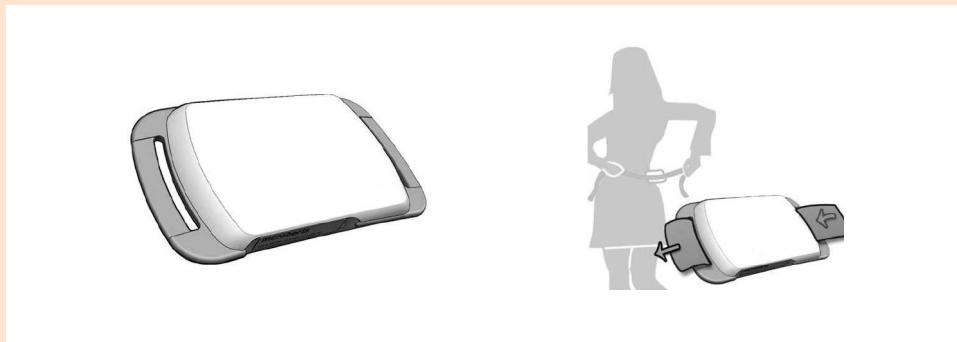
1.3. El uso de sensores inerciales en el estudio de la EP

Los sensores inerciales, tales como los acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, etc., son sensores de bajo coste, de bajo consumo, fáciles de acoplar al cuerpo humano, transportables, ligeros y de dimensiones reducidas. Estos permiten la valoración y la evaluación biomecánica en contextos clínicos ante condiciones espaciales reducidas y disponibilidad temporal limitada (Micó-Amigo *et al.*, 2016). La localización de dichos sensores cerca del centro de masas, en la zona lumbar, permite la adquisición de señales que representan patrones de movimiento globales de todo el cuerpo (Yang y Hsu, 2010). El procesamiento de dichas señales está ligado a la evaluación del riesgo a caída, de la estabilidad postural, del control del equilibrio, etc., lo cual está íntimamente ligado a déficits motores de gran interés clínico (Heebner, Akins, Lephart y Sell, 2015; Howcroft,

El análisis de la información obtenida a partir de estos sensores permite la caracterización y la valorización biomecánica de los pacientes de forma objetiva y cuantificada

Lemaire, Kofman y Kendell, 2015). Numerosos estudios han demostrado la gran aplicabilidad de dichos sensores para el análisis y la evaluación de características biomecánicas en diferentes estados patológicos (incluso en estados previos al diagnóstico) de pa-

Figura 1. Modelo de sensor inercial que integra un acelerómetro triaxial y un giroscopio triaxial



Fuente: <https://www.mcroberts.nl>.

cientes con enfermedades neurodegenerativas, tales como la EP (Horak y Mancini, 2013), la enfermedad de Huntington (Dalton *et al.*, 2013), la enfermedad de Alzheimer (Chung *et al.*, 2012), etc.

El análisis de la información obtenida a partir de estos sensores permite la caracterización y la valorización biomecánica de los pacientes de forma objetiva y cuantificada. Esto es relevante para el diagnóstico de la enfermedad, para la mejora de la interacción paciente-doctor, para el análisis del efecto y evolución de una medicación específica y/o tratamiento correctivo, tal como la estimulación cerebral profunda o las terapias de rehabilitación, y es también significativo para la mejora del estado global del paciente (Maetzler, Nieuwhof, Hasmann y Bloem, 2013).

La neurodegeneración en la EP afecta negativamente a la velocidad, automatización, ritmo, coordinación y fluidez de los movimientos, siendo dichas deficiencias las asociadas a diferentes propiedades de las señales registradas en los sensores inerciales. Por ejemplo, las oscilaciones de las señales de aceleración y de velocidad angular en diferentes planos humanos reflejan dificultades en la coordinación del tronco, así como déficits en la generación de un patrón de movimiento adecuado. Las señales de aceleración en los tres ejes permiten la segmentación de la actividad motora en diferentes fases de la marcha humana (Micó-Amigo *et al.*, 2016), para así permitir el cálculo de la duración de los pasos o del desplazamiento del cuerpo por cada paso. Esto permite identificar alteraciones en el ritmo y la automatización de la marcha, así como déficits en la coordinación entre las extremidades inferiores. Además, la velocidad de locomoción también puede ser calculada a partir de las diferentes señales y se relaciona con la ralentización y disminución de la intensidad del movimiento. Por otra parte, el cálculo de tiempos de reacción aporta información sobre la fluidez de los movimientos y refleja problemas biomecánicos en la preparación e iniciación de la marcha humana (Rocchi *et al.*, 2006).

Los sensores inerciales permiten la monitorización de la actividad física diaria hasta un máximo de dos semanas. Esto es esencial para proveer de un gran rango de información con respecto al estado físico y la capacidad motora de pacientes diagnosticados y pacientes potenciales. Además, su presencia en la mayoría de modelos de teléfonos inteligentes (Raknim y Lan, 2015; Wahid *et al.*, 2015) supone una ventaja para la posible monitorización y exploración masiva de la población.

1.4. Valor pedagógico de la propuesta

Los jóvenes adolescentes se interesan y preocupan enormemente por diversas cuestiones de índole social para las cuales encuentran posibles soluciones y alternativas en el campo de la ciencia y la tecnología. De esta forma aplican lo aprendido y estimulan su imaginación e ingenio mientras se implican en la mejora de la sociedad. Para incentivar estos intereses es necesario, desde edades tempranas, fomentar la competencia social y ciudadana, así como su interacción con el medio físico (Morales y Landa, 2004). La metodología basada en resolución de problemas se fundamenta en el aprendizaje constructivista de Piaget y Vigotsky (Villarine, 1998). Esta metodología defiende la búsqueda de soluciones ante una situación real, incentivando el aprendizaje de nuevos conceptos a partir de conocimientos previos. Descubrir, manipular, experimentar y trabajar en equipo invita al aprendizaje intuitivo, mejora el proceso de aprendizaje y asimilación de conceptos, desarrolla la imaginación y refuerza la motivación y el interés del estudiante por la materia (Morales y Landa, 2004), metodologías defendidas por el Estudio PISA (Gallardo-Gil *et al.*, 2010).

En este proyecto se busca exponer el contexto, los retos y la realidad de las limitaciones técnicas actuales en el campo médico, en concreto en el campo de la neurología para el tratamiento y el diagnóstico de las enfermedades neurodegenerativas, con particular atención en la EP. Se busca también una concienciación de los estudiantes sobre las dificultades en la vida cotidiana de los pacientes con EP. A partir de la exposición de una situación real con trasfondo social, la metodología se basa en guiar a los alumnos de forma dialógica y experimental en un proceso de investigación dirigido a la búsqueda de soluciones ingenieriles, incentivando el trabajo en

Los jóvenes adolescentes se interesan y preocupan enormemente por diversas cuestiones de índole social para las cuales encuentran posibles soluciones y alternativas en el campo de la ciencia y la tecnología

En este proyecto se busca exponer el contexto, los retos y la realidad de las limitaciones técnicas actuales en el campo médico, en concreto en el campo de la neurología para el tratamiento y el diagnóstico de las enfermedades neurodegenerativas

equipo y la interacción alumno-profesor. En este proceso se pretende que los participantes aprendan sobre la locomoción humana y la estudien en sí mismos, aplicando un análisis biomecánico que se fundamenta en conceptos (cinemática y dinámica) estudiados en la asignatura de Física y de Tecnología de ESO y de bachillerato. Además, se pretende que el alumnado entienda la patología de la EP desde una perspectiva físico-biológica para que relacione los síntomas motores de la enfermedad con la neurodegeneración en el cerebro, cubriendo así diversos conceptos multidisciplinares. Como último objetivo, se pretende inspirar y motivar a los alumnos para su futuro profesional.

2. MÉTODOS

2.1. Contexto y alumnado

El proyecto que proponemos se basa en un taller que consta de tres secciones (1 teórica y 2 prácticas). Este está dirigido a un grupo de entre 24 y 30 estudiantes de 4.º de ESO y de 1.º y 2.º de bachillerato, de edades principalmente comprendidas entre los 15 y los 18 años. Así, se pretende incluir a alumnos que hayan elegido la asignatura de Tecnología en sus especialidades educativas y que, por tanto, estén familiarizados con diferentes tipos de sensores (acelerómetros capacitivos, piezoeléctricos, piezorresistivos, giroscopios, etc.) y con diversos *softwares* para la simulación de sensores electrónicos (Crocodile.Clips), que son todos ellos estudiados en esta asignatura.

2.2. Actividades

La sesión informativa tendrá una duración de 2 horas, la parte constructiva de 5 horas y la experimental de 3 horas. El proyecto total tendrá una duración mínima de 10 horas que se dividirán en seis jornadas. Las actividades correspondientes a cada sesión se describen a continuación:

A) Sesión informativa

El objetivo de esta sesión es transmitir una visión general sobre la EP y sobre las técnicas utilizadas para su tratamiento y diagnóstico, invitando a los alumnos a proponer ideas de mejora.

1. Esta sesión se plantea comenzar con un debate sobre la importancia global de la investigación científica en el campo de la ingeniería biomédica, lo cual servirá de introducción para explicar las fases de todo proceso de investigación.
2. A continuación se explicará la fisiología motora del cerebro humano mediante una presentación en formato Prezi, incluyendo contenidos del área de Biología.
3. Seguidamente, se relacionará la fisiología motora de un cerebro humano sano con la de un paciente con EP. Para ello se explicará la pérdida de células dopaminérgicas neurotransmisoras mediante la utilización de objetos (globos, luces, etc.). De esta forma se introducirán visualmente diversos conceptos del área de neurología relacionados con las enfermedades neurodegenerativas.
4. El punto anterior servirá de preámbulo para describir los síntomas de la EP, tanto motores como no motores. A partir de esto se iniciará un diálogo/debate sobre el concepto de discapacidad y el efecto negativo de la EP en la calidad de vida de los pacientes (desde una perspectiva psicológica y social).
5. A continuación, se hablará sobre la epidemiología y la gestión de la EP, describiendo brevemente las diferentes técnicas de diagnóstico y tratamiento utilizadas en la actualidad, además de mencionar sus principales limitaciones.
6. En este punto se invitará a los alumnos a proponer ideas y soluciones ante las limitaciones actuales en el diagnóstico y tratamiento de la EP. Así, se guiará de forma dialógica a los alumnos para que propon-

gan el uso de los *smartphones* y de los sensores inerciales (acelerómetros y giroscopios) como posible opción para el análisis de los síntomas motores de los pacientes y el diagnóstico precoz. Asimismo, se indagará en los conocimientos previos del alumnado sobre el concepto, las aplicaciones y los principios físicos de los sensores inerciales (estudiados en la asignatura de Tecnología).

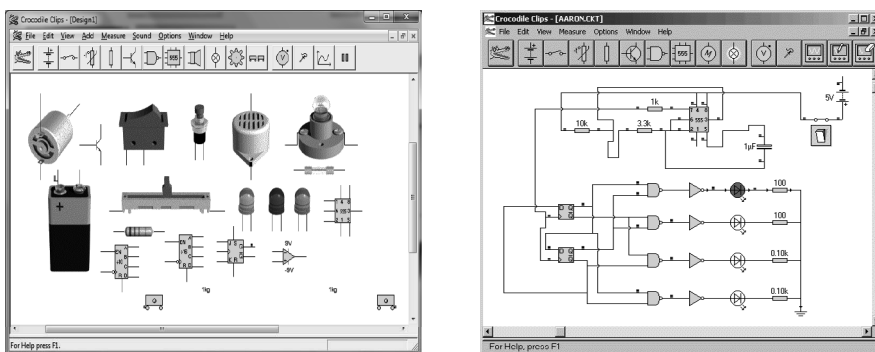
7. Para concluir esta sesión se hablará sobre las actuales aplicaciones de los sensores inerciales en el contexto científico y clínico, con particular interés en la caracterización de enfermedades neurodegenerativas y su diagnóstico. En este punto se invitará a los alumnos a que nuevamente generen una lluvia de ideas sobre posibles aplicaciones futuras de dichos sensores en el campo de la ingeniería biomédica.

B) Sesión práctica constructiva

Los objetivos de esta sesión se basan en el estudio, el diseño, el desarrollo, el ensamblaje y la calibración de un sensor (acelerómetro piezorresistivo o giroscopio) en el aula-taller de la asignatura de Tecnología.

1. Se propone iniciar esta sesión con una fase de investigación sobre las propiedades, los componentes y las aplicaciones clínicas de los sensores acelerómetros y giroscopios. Para ello, los alumnos, guiados por los docentes, buscarán información en revistas de ingeniería biomédica, en catálogos de dispositivos eléctricos y electrónicos y en internet.
2. A continuación, en grupos de tres, los alumnos diseñarán un croquis de los componentes eléctricos y electrónicos de un tipo de sensor (deberán elegir entre acelerómetro piezorresistivo y giroscopio). Dicho croquis será diseñado con el programa Crocodile.Clips (véase figura 2).
3. Posteriormente, los docentes aportarán los componentes necesarios para que los alumnos ensamblen los sensores de acuerdo al diseño realizado en el punto anterior.
4. Seguidamente, los modelos de los sensores obtenidos serán calibrados con ayuda de los docentes.
5. Para finalizar, los alumnos expondrán al resto de la clase la estructura y las características del modelo desarrollado.

Figura 2. Interfaces del programa Crocodile.Clips. Ejemplo de simulación de componentes eléctricos



Fuente: E. Micó-Amigo (aula de Tecnología).

C) Sesión práctica experimental

El objetivo de esta sesión es desarrollar un proyecto experimental a partir de la obtención de diversos datos antropométricos y de la obtención de medidas mediante dispositivos comerciales de uso clínico. Cada uno de estos dispositivos integra un sensor acelerómetro piezorresistivo triaxial y un sensor giroscopio triaxial. Así, cada sensor registrará datos de aceleración y de velocidad angular respectivamente en tres ejes espaciales.

1. Esta sesión se iniciará con una breve explicación de las fases que se deben seguir en el proyecto propuesto. Aquí, se mostrará el protocolo clínico de medición y se explicará cómo utilizar el sensor inercial (cómo se inicializa, cómo se coloca sobre el sujeto a medir, cómo se realiza la medición, cómo se finaliza la medición y cómo se transfieren los datos registrados a un ordenador, el cual tiene instalado el *software* específico del dispositivo). El protocolo de medición se basa en caminar tres vueltas alrededor de una alfombra circular de 1,2 metros de diámetro. El sensor está integrado en un cinturón (véase figura 3), y este se acopla en la cintura del sujeto, de forma que el sensor se encuentre localizado en la zona lumbar (véase figura 4) mientras el sujeto camina.
2. A continuación se repartirá una báscula y un metro por cada grupo de seis estudiantes. Con esto se medirá el peso, la altura y la longitud de la pierna de cada uno de los integrantes del grupo y de todos los docentes presentes en el aula. Además, se invitará (en la medida de lo posible) a otras personas adul-

tas del centro a participar en dichas mediciones. Se pretende así obtener mediciones de personas de diversas edades al mismo tiempo que se fomenta la interacción entre el alumnado y el profesorado/otros adultos del centro. Cada persona será medida una única vez y tendrá un número/código asignado. Toda la información antropométrica obtenida de cada sujeto, además de la edad del mismo, será identificada con el código asignado y reportada individualmente en un documento Excel. Este documento Excel será compartido entre todos los estudiantes.

3. Seguidamente, se repartirá una alfombra circular y una cinta de celo adhesivo por cada grupo. Los alumnos colocarán dichas alfombras en el suelo y marcarán con las cintas adhesivas el punto de inicio del protocolo. También se repartirá un dispositivo comercial de uso clínico y se asignará un ordenador por cada grupo de seis estudiantes. Con los dispositivos, los alumnos realizarán el protocolo clínico de medición en cada uno de los integrantes del grupo y en los adultos presentes en la clase. Al finalizar cada medición, el sensor utilizado se conectará con el ordenador para transferirle los datos registrados, los cuales serán almacenados con el correspondiente código de identificación del sujeto. Tras cada medición, el sensor será nuevamente reiniciado.
4. Una vez que la totalidad de los participantes hayan sido medidos, todos los datos recolectados y el documento Excel serán almacenados conjuntamente en una carpeta compartida, a la cual tendrán acceso todos los alumnos. En esta carpeta habrá una sub-

Figura 3. Sensor integrado en un cinturón



Fuente: <http://www.mcroberts.nl>.

Figura 4. Sensor acoplado en la zona lumbar del sujeto



Fuente: <http://www.mcroberts.nl>.

Figura 5. Interfaz del programa de cálculo Matlab

```
135 end
136 %% [2] PARAMETERS CALCULATION
137 if doGetParameters
138 tic
139 if doPreProcessing == 0
140 load('Info.mat','Info'); load('DataComplete_PreProcessed.mat','DataComplete_PreProcessed');
141 end
142 for IS = Info.All_Subjects
143 for IV = 1:Info.NumVisits_Calculated(IS,1)
144 NumVisits = Info.NumVisits_Available(IS,1,IV);
145 NumGaits = Info.NumGaits_Available(IS,NumVisits);
146 for IG = 1:size(DataComplete_PreProcessed(IS,NumVisits),1) % number of episodes of gait = iNumGait
147 [AllParameters(IS,NumVisits)(IG,1),NumPhases_StepToStep] = ...
148 getParameters_CircMODEP(DataComplete_PreProcessed(IS,NumVisits),Settings,IG,NumVisits,IS,NumGaits)
149 end
150 end
151 end
152 save('AllParameters.mat','AllParameters'); save('NumPhases_StepToStep.mat','NumPhases_StepToStep');
153 clear iActProt IS IG IV LowBack NumVisits
154 toc
155 end % 18.5 seconds
156 %% [3] STATISTICAL ANALYSIS
157 if doGetGEE | doCompareMeans
158 tic
159 if doGetParameters == 0
160 load('Info.mat','Info'); load('AllParameters.mat'); load('NumPhases_StepToStep'); load('Protocol.mat','Prot
161 load('DataComplete_PreProcessed.mat','DataComplete_PreProcessed');
```

Fuente: M.ª E. Micó-Amigo.

- carpeta con datos correspondientes a un grupo de pacientes con la EP (tanto señales registradas por los sensores como datos antropométricos de sus correspondientes pacientes).
5. Posteriormente, cada grupo de seis estudiantes será dividido en un nuevo grupo de tres integrantes cada uno. Así, a cada nuevo grupo de tres integrantes se les asignará un ordenador que tenga instalado el software Matlab, versión R2016a de uso académico (para cálculo de ingeniería y estadística, véase figura 5).
 6. A continuación, se abrirá un script con el programa Matlab. Este script, previamente codificado por el docente, permitirá calcular diversos parámetros biomecánicos a partir del análisis de los datos registrados por cada sujeto. Algunos de los parámetros biomecánicos a calcular son la duración, la distancia, la velocidad de cada uno de los pasos, las fluctuaciones de las señales, la cadencia de la marcha, la velocidad de la marcha, etc.
 7. Tanto los parámetros calculados como los datos antropométricos serán clasificados en tres grupos (jóvenes, adultos, pacientes con EP) para posteriormente ser analizados y comparados estadísticamente. Los gráficos obtenidos al ejecutar el script en Matlab permitirán la visualización de la distribución de los datos por grupo, así como la interpretación de los resultados. Los alumnos tendrán que contestar un cuestionario online (creado con el programa Socrative) con respecto a la información calculada.
 8. Posteriormente, los resultados obtenidos y las respuestas a los cuestionarios serán comentados y discutidos entre toda la clase. El docente ayudará de forma dialógica a la interpretación final de los resultados, a partir de la cual invitará a los alumnos a proponer ideas para la mejora del tratamiento y el diagnóstico de la EP.
 9. A posteriori, los alumnos generarán un esquema/mapa conceptual con el programa CMaptools que incluya los conceptos aprendidos.
 10. Para finalizar, se pedirá a los alumnos que rellenen un cuestionario online (también creado con el programa Socrative) con la valoración personal sobre el proyecto propuesto y sobre la competencia docente.

2.3. Material

El correcto procedimiento de las actividades diseñadas para un grupo de entre 24 y 30 alumnos requerirá el siguiente material:

- 1 proyector que permita la proyección de la presentación Prezi.
- Varias revistas de ingeniería biomédica, catálogos y manuales de electricidad y electrónica.
- Varios componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos para el ensamblaje de los sensores (a definir en función de los diseños).
- 4 o 5 dispositivos comerciales para uso clínico que tengan integrado un sensor acelerómetro piezorresistivo triaxial y un sensor giroscopio triaxial.
- 4 o 5 cinturones donde acoplar los dispositivos.
- 10 ordenadores con acceso a internet y que tengan instalados los siguientes *softwares*: Crocodile. Clips, Excel, CMaptools y Matlab. De estos ordenadores, un total de 5 deberán adicionalmente tener instalado el *software* asociado a los dispositivos.
- 4 o 5 básculas para medir el peso de los sujetos.
- 4 o 5 metros para medir la altura total y la longitud de la pierna de los participantes.
- 4 o 5 alfombras circulares de 1,2 metros de diámetro. Si no se dispone de estas, se pueden utilizar círculos de cartulina de las mismas dimensiones.
- 2 cintas adhesivas para marcar el inicio del protocolo.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta propuesta, dirigida a jóvenes estudiantes de ESO y bachillerato, propone un proyecto experimental basado en el desarrollo y en el uso de sensores inerciales para el estudio y el diagnóstico de la EP.

El proyecto pretende alcanzar diversos objetivos pedagógicos. Por una parte, se pretende que el alumnado adquiera conocimientos sobre la fisiología y el contexto clínico de la EP. En concreto se busca que los estudiantes entiendan las dificultades y las limitaciones de los métodos actuales de diagnóstico y valoración del efecto de tratamientos correctivos en la EP. Asimismo, se busca fomentar la concienciación de los participantes sobre una temática social de gran rele-

vancia, al mismo tiempo que se refuerzan y amplían los conocimientos de diversas disciplinas: biología, medicina, física, tecnología y estadística. Por otra parte, se pretende que el alumnado explore las posibilidades de la ingeniería biomédica en este contexto, profundizando experimentalmente en la utilidad de los sensores inerciales. De esta forma se incita a que los alumnos piensen en soluciones para una problemática relevante, a que aprendan una de las principales aplicaciones de los sensores inerciales y a que refuercen conceptos adquiridos en la asignatura de Tecnología.

Entre las diversas actividades descritas se plantea que los alumnos busquen información, diseñen, construyan y calibren sus propios sensores para después presentar los modelos finales. A partir de los conocimientos previamente adquiridos, y guiados por los docentes, se espera que los estudiantes aprendan por sí mismos a desarrollar un producto tecnológico. Además, se busca que los participantes experimenten con sensores, que sigan un protocolo clínico de medición, que analicen diversos factores biomecánicos, que comparen patrones de locomoción entre diferentes grupos, etc. De forma pragmática y experimental se espera que el alumnado lleve a cabo un proyecto de investigación que incluya no solo la adquisición de mediciones, sino también la visualización e interpretación de los resultados, la generación de ideas y la búsqueda de soluciones.

El proyecto pretende [...] que el alumnado adquiera conocimientos sobre la fisiología y el contexto clínico de la EP [...] al mismo tiempo que se refuerzan y amplían los conocimientos de diversas disciplinas

Con ello se fomenta el aprendizaje constructivista planteado por Piaget y Vigotsky (Villarine, 1998), se incentiva el pensamiento racional y crítico, se estimula la imaginación y el ingenio, se adquieren nuevos conocimientos y se refuerza la motivación e interés del estudiante por contenidos multidisciplinares

4. BIBLIOGRAFÍA

- Chung, P.-C.; Hsu, Y.-L.; Wang, C.-Y.; Lin, C.-W.; Wang, J.-S. y Pai, M.-C. [2012]: «Gait analysis for patients with Alzheimer's disease using a triaxial accelerometer», *2012 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 2012, págs. 1.323-1.326.
- Dalton, A.; Khalil, H.; Busse, M.; Rosser, A.; Deursen, R. van y ÓLaighin, G. [2013]: «Analysis of gait and balance through a single triaxial accelerometer in presymptomatic and symptomatic Huntington's disease», *Gait Posture*, 37 (1), págs. 49-54.
- Deane, K. H.; Flaherty, H.; Daley, D. J.; Pascoe, R.; Penhale, B.; Clarke, C. E.; Sackley, C. y Storey, S. [2014]: «Priority setting partnership to identify the top 10 research priorities for the management of Parkinson's disease», *BMJ Open*, 4 (12): e006434.
- Fantini, S.; Bennis, C. y Kaplan, D. [2011]: «Biomedical engineering continues to make the future», *IEEE Pulse*, 2 (4), págs. 70-73.
- Fearnley, J. M. y Lees, A. J. [1991]: «Ageing and Parkinson's disease: substantia nigra regional selectivity», *Brain*, 114, págs. 2.283-2.301.
- Gallardo-Gil, M.; Fernández-Navas, M.; Sepúlveda-Ruiz, M.ª P.; Serván, M.ª J.; Yus, R. y Barquín, J. [2010]: «PISA y la competencia científica: un análisis de las pruebas de PISA en el área de ciencias», *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 16 (2), págs. 1-17.
- Heebner, N. R.; Akins, J. S.; Lephart, S. M. y Sell, T. C. [2015]: «Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in healthy and active individuals», *Gait Posture*, 41 (2), págs. 535-539.
- Horak, F. B. y Mancini, M. [2013]: «Objective biomarkers of balance and gait for Parkinson's disease using body-worn sensors», *Movement Disorders*, 28 (11), págs. 1.544-1.551.
- (Morales y Landa, 2004). También se pretende desarrollar la dimensión social de los participantes mediante la interacción alumno-profesor y el trabajo en equipo. Como último objetivo se pretende que dicho proyecto sirva a los estudiantes de inspiración y motivación en la búsqueda de sus intereses profesionales.
- Howcroft, J.; Lemaire, E. D.; Kofman, J. y Kendell, C. [2015]: «Understanding dynamic stability from pelvis accelerometer data and the relationship to balance and mobility in transtibial amputees», *Gait Posture*, 41 (3), págs. 808-812.
- Lau L. M. de y Breteler, M. M. [2006]: «Epidemiology of Parkinson's disease», *Lancet Neurol*, 5 (6), págs. 525-535.
- Maetzler, W. y Hausdorff, J. M. [2012]: «Motor signs in the prodromal phase of Parkinson's disease», *Movement Disorders*, 27 (5), págs. 627-633.
- Maetzler, W.; Nieuwhof, F.; Hasmann, S. E. y Bloem, B. R. [2013]: «Emerging therapies for gait disability and balance impairment: promises and pitfalls», *Movement Disorders*, 28 (11), págs. 1.576-1.586.
- McCrone, P.; Allcock, L. M. y Burn, D. J. [2007]: «Predicting the cost of Parkinson's disease», *Movement Disorders*, 22 (6), págs. 804-812.
- Micó-Amigo, M.ª E.; Kingma, I.; Ainsworth, E.; Walgaard, S.; Niessen, M.; Lummel, C. R. van y Dieën, H. J. van [2016]: «A novel accelerometry-based algorithm for the detection of step durations over short episodes of gait in healthy elderly», *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 13, págs. 1-12.
- Morales, P. y Landa, V. [2004]: «Aprendizaje basado en problemas», *Theoria*, 13, págs. 145-157.
- Raknim, P. y Lan, K.-C. [2016]: «Gait monitoring for early neurological disorder detection using sensors in a smartphone: validation and a case study of parkinsonism», *Telemedicine and e-Health*, 22 (1), págs. 75-81.
- Rocchi, L.; Chiari, L.; Mancini, M.; Carlson-Kuhta, P.; Gross, A. y Horak, F. B. [2006]: «Step initiation in Parkinson's disease: influence of initial stance conditions», *Neuroscience Letters*, 406 (1-2), págs. 128-132.

Spotke, A. E.; Reuter, M.; Machat, O.; Bornschein, B.; Campenhausen, S. von; Berger, K.; Koehne-Volland, R.; Rieke, J.; Simonow, A.; Brandstaedter, D.; Siebert, U.; Oertel, W. H.; Ulm, G. y Dodel, R. [2005]: «Cost of illness and its predictors for Parkinson's disease in Germany», *Pharmacoeconomics*, 23 (8), págs. 817-836.

Uem, J. M. van; Marinus, J.; Canning, C.; Lummel, R. van; Dodel, R.; Liepelt-Scarfone, I.; Berg, D.; Morris, M. E. y Maetzler, W. [2016]: «Health-related quality of life in patients with Parkinson's disease-A systematic review based on the ICF model», *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, págs. 26-34.

Villarine, A. [1998]: «Desarrollo humano y pensamiento en la perspectiva de Piaget y Vigostky», *Actas del Encuentro Nacional de Educación*.

Wahid, F.; Begg, R. K.; Hass, C. J.; Halgamuge, S. y Ackland, D. C. [2015]: «Classification of Parkinson's disease gait using spatial-temporal gait features», *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 19 (6), págs. 1.794-1.802.

Yang, C.-C. y Hsu, Y.-L. [2010]: «A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring», *Sensors*, 10 (8), págs. 7.772-7.788.

PUBLICIDAD



máster oficial

INICIO
OCTUBRE y FEBRERO
de cada año

Un sistema de evaluación continua, que utiliza las últimas herramientas tecnológicas en el ámbito de la didáctica, permite a la UDIMA desarrollar una metodología activa que ayuda a los estudiantes a «aprender haciendo». Este máster oficial [60 créditos ECTS] se inicia en **octubre y febrero de cada año** y su duración normal es de 12 meses.



MÁSTER EN

Educación y Nuevas Tecnologías

ON LINE 

DIRIGIDO A: Titulados universitarios de las distintas ramas del conocimiento que deseen especializarse en el correcto desempeño de las funciones de un experto en educación y nuevas tecnologías. No exige experiencia previa en el ámbito educativo.

OBJETIVOS: Capacitar a profesores, investigadores y educadores en el conocimiento y empleo de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información, así como de los nuevos modelos formativos *e-learning* y *b-learning*, en beneficio de las acciones formativas en los nuevos contextos educativos. Al mismo tiempo, trata de profundizar en el conocimiento de las posibilidades que ofrecen las tecnologías actuales y emergentes para encontrar nuevas formas de obtención y manejo de información en ámbitos educativos.

Más información en: www.cef.es • 914 444 920 / www.udima.es • 918 561 699



ciclos formativos de grado superior

Relación de ciclos formativos de grado superior para cursar grados en la UDIMA

La Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA) tiene aprobado el reconocimiento de los ciclos formativos de grado superior para cursar las carreras universitarias indicadas por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid:



Para el Grado en Ingeniería de Organización industrial

- Administración y Finanzas.
- Administración de Sistemas Informáticos.
- Automatización y Robótica Industrial.
- Automoción.
- Construcciones Metálicas.
- Desarrollo de Productos Electrónicos.
- Desarrollo de Proyectos Mecánicos.
- Diseño en Fabricación Mecánica.
- Instalaciones Electrotécnicas.
- Mantenimiento Aeromecánico.
- Mantenimiento de Equipo Industrial.
- Mantenimiento y Montaje de Instalaciones de Edificio y Proceso.
- Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y de Fluidos.
- Mecatrónica Industrial.
- Industrias de Proceso Químico.
- Producción por Mecanizado.
- Programación de la Producción en Fabricación Mecánica.
- Química Industrial.
- Sistemas Electrotécnicos y Automatizados.
- Sistemas de Regulación y Control Automáticos.
- Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.



Para el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

- Administración de Sistemas Informáticos.
- Automatización y Robótica Industrial.
- Desarrollo de Aplicaciones Informáticas.
- Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma.
- Desarrollo de Aplicaciones Web.
- Desarrollo de Productos Electrónicos.
- Instalaciones Electrotécnicas.
- Mantenimiento Electrónico.
- Sistemas Electrotécnicos y Automatizados.
- Sistemas de Regulación y Control Automáticos.
- Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos



Para los Grados en Derecho o en Ciencias del Trabajo, Relaciones Laborales y Recursos Humanos

- Administración y Finanzas.
- Asistencia a la Dirección.
- Secretariado.

INICIO
OCTUBRE y FEBRERO
de cada año

para cursar grados en la UDIMA



Para el Grado en Ingeniería Informática

- Administración de Sistemas Informáticos.
- Automatización y Robótica Industrial.
- Desarrollo de Aplicaciones Informáticas.
- Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma.
- Desarrollo de Aplicaciones Web.
- Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.
- Gestión Comercial y Marketing.
- Gestión de Alojamientos Turísticos.
- Gestión de Ventas y Espacios Comerciales.
- Marketing y Publicidad.
- Transporte y Logística.



Para los Grados en Administración y Dirección de Empresas o en Economía

- Administración y Finanzas.
- Asistencia a la Dirección.
- Comercio Internacional.
- Gestión Comercial y Marketing.
- Marketing y Publicidad.
- Secretariado.
- Transporte y Logística.



Para el Grado en Marketing

- Administración y Finanzas.
- Comercio Internacional.



Para los Grados en Magisterio de Educación Infantil y de Educación Primaria

- Animación de Actividades Físicas y Deportivas.
- Educación Infantil.
- Integración Social.
- Animación Sociocultural y Turística.



Para el Grado en Empresas y Actividades Turísticas

- Gestión Comercial y Marketing.
- Gestión de Ventas y Espacios Comerciales.
- Gestión de Alojamientos Turísticos.
- Agencias de Viajes y Gestión de Eventos.
- Guía, Información y Asistencias Turísticas.