

# Buran

Número 26 - Año 18 - Septiembre 2011 - 1.50 €

<http://ieee.upc.es>

Análisis no destructivo de obras de arte  
con espectroscopía Raman

Un desajuste en biotecnología

Hombres escondidos en fórmulas

Convertidor alterna continua de verdadero valor  
eficaz simulado con LabVIEW

e-Mazing: Juego de autoaprendizaje  
en terminales móviles

Sintonización automática de filtros de microondas  
mediante motores a pasos



**IEEE**

Barcelona IEEE Student Branch

# EDITORIAL

Bienvenido, querido lector, a un nuevo número de la revista Buran. Ha pasado un año desde la última publicación, y aquí seguimos con las mismas ganas de siempre orgullosos de hacerte llegar este nuevo ejemplar.

La producción de esta revista no habría sido posible sin la inestimable colaboración y el duro trabajo del equipo de edición, los miembros de la rama de estudiantes del IEEE de Barcelona. Es a ellos, primeramente, a quienes agradezco su entrega e interés en hacer posible que una vez más podamos disfrutar de esta revista.

Es a partir de este momento, en que la rama ha evolucionado notablemente y cada vez son más las actividades que llevamos a cabo. Pensamos en ampliar nuestros horizontes, pretendemos llegar al mayor número de lectores posibles más allá de las fronteras políticas, sin que el contenido y la lengua sean impedimento alguno. Es un proyecto ambicioso, sobre todo considerando los medios con los que contamos, pero con esfuerzo y dedicación es posible conseguirlo. Próximamente lanzaremos nuestra edición digital, que facilitará esta expansión sin límites.

Quisiera hacer mención especial al apoyo que hemos recibido de la Sección España del IEEE, cuya contribución y ayuda ha facilitado que esta revista siga produciéndose. También a nuestra escuela, la ETSET de Barcelona de la UPC, sin cuyo apoyo tampoco habríamos obtenido la difusión que toda publicación de este tipo merece.

Pero sin duda alguna quienes de verdad han construido esta revista son todos los colaboradores y autores que han aportado su pequeño grano de arena a esta gran obra y quienes verán reflejado en ella su duro trabajo. Es a ellos a quienes hay que agradecérselo y tú, querido lector, puedes ser uno de ellos.

Sin más te dejo enfascado en la lectura de esta magnífica revista, orgullo y estandarte de nuestra rama de estudiantes del IEEE.

David Carmona Torondel  
Presidente de la Rama

## COORDINACIÓN BARCELONA

Sergio Segura García  
Llorenç Garcia Cases

## EDICIÓN BARCELONA

Llorenç Garcia Cases  
Ana García del Molino  
Sergio Segura García

David Carmona Torondel

Carlos Ciller Ruiz  
Raúl Díez  
Pablo Insa Iglesias  
Marc Melo Oliver  
Manuel Muñoz Fuentes  
Raúl Onrubia Ibáñez

## REVISIÓN

Sergio Segura García

## DISEÑO PORTADA

Llorenç Garcia Cases  
Sergio Segura García

## AGRADECIMIENTOS

IEEE Sección España

## IMPRESIÓN

Canigó, S.L.

## DEPÓSITO LEGAL // ISSN

B-19.950-96 // 1698-7047

La organización se reserva el derecho de publicar los artículos. La opinión expresada en los artículos no tiene por qué coincidir con la de la organización.

Agradecemos las colaboraciones hechas desinteresadamente, y a causa de la falta de espacio, pedimos disculpas a todas aquellas personas a las cuales no se les ha publicado su colaboración. Esperamos que en un próximo número tengan cabida.

# SUMARIO

- 2 Editorial 27 Hombres escondidos en fórmulas
- 3 Sumario 29 Entrevista: Daniel Estulin
- 4 Ramas de Estudiantes del IEEE 30 EuCAP 2010: Not Raking Over the Ashes
- 5 Análisis no destructivo de obras de arte con espectroscopia Raman 33 Sintonización automática de filtros de microondas mediante motores a pasos
- 11 e-Mazing - Juego de autoaprendizaje en terminales móviles
- 19 Un desajuste en biotecnología
- 24 Congreso Nacional de Ramas de estudiantes - UPM 2011
- 25 Convertidor alterna continua de verdadero valor eficaz simulado con LabVIEW

Revista: ión de:



Buran se fundó en Barcelona en la ETSETB de la UPC, en marzo de 1993.

Se revisa por la Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona y edita e imprime en Barcelona.



RAMA DE ESTUDIANTES DEL IEEE DE BARCELONA



# RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

## ¿Qué es el IEEE?

IEEE son las siglas de *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, organización técnica y profesional de ámbito mundial dedicada a dar soporte a la teoría y aplicaciones de la ingeniería eléctrica, electrónica y de la informática. Desde su fundación, en el año 1884, el IEEE se ha ido expandiendo por más de 150 países en todo el mundo y ha alcanzado un número de asociados de más de 320.000, de los cuales unos 50.000 son estudiantes. El IEEE es actualmente la sociedad técnica con mayor número de socios del mundo, dando cabida a ingenieros, informáticos, físicos y matemáticos.

El IEEE promueve el desarrollo de todos los campos relacionados con la tecnología, la informática y la ingeniería, tanto en sus vertientes teóricas como prácticas. Para ello se divide en sociedades especializadas en los sectores más novedosos en el panorama tecnológico actual. Además de editar alrededor del 25% de las publicaciones técnicas a nivel mundial en los campos de ingeniería eléctrica, electrónica e informática, organiza conferencias, symposiums y encuentros locales y proporciona programas educacionales para mantener a sus miembros en la vanguardia de los avances tecnológicos y científicos. Con todo ello el IEEE beneficia a la sociedad, incide en la mejora de la profesión y aumenta el nivel de formación de sus asociados.

## ¿Qué son las Ramas de Estudiantes?

El IEEE promueve y patrocina más de 700 Ramas de Estudiantes en todo el mundo, dando la posibilidad a futuros profesionales de desarrollar las habilidades que necesitarán para moverse más cómodamente en el complejo mundo laboral actual. Ser miembro de las Ramas de Estudiantes, recibir las publicaciones periódicas del IEEE y colaborar en las actividades de cada Rama durante la época de estudiante proporciona formación y experiencia en el estado actual de la tecnología y la industria en todo el mundo, además de poner en contacto a los estudiantes con ingenieros profesionales.

## Buran 26

Buran nació en el seno de la Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona, con el objetivo de divulgar temas tanto científicos como tecnológicos y humanísticos, siempre dentro de la filosofía del IEEE, y de ser un portavoz de las actividades docentes, de investigación o sociales que se producen en la Universidad.

En particular, Buran quería ser la revista para los estudiantes, y es por ello que en este número nos sentimos orgullosos de que tanto profesores como compañeros nuestros colaboren con nosotros.

El próximo número de Buran saldrá en 2012, así que desde aquí queremos animaros a escribir. Podéis obtener la información necesaria en el Call for Papers que se incluye en este número. También podeis escribirnos a: buran@ieee.upc.edu

Muchas gracias por vuestro apoyo incondicional. Esperamos seguir mereciendo vuestra confianza.

## Para contactar con la Rama de Estudiantes de Barcelona

*Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona.*

Despacho S-105. Edificio Omega

Campus Nord de la UPC

Tel: 93 401 76 56

C/Jordi Girona, 1-3 s/n

ieee@ieee.upc.edu

08034 BARCELONA

<http://ieee.upc.es>

Información de Archivo de BURAN:

Codified with EAN-13



9 771698 704006

# Análisis no destructivo de obras de arte con espectroscopía Raman

Gonzalo Barja-Becker, Sergio Ruiz-Moreno, Alejandro López-Gil, Rosanna Pérez-Pueyo, M.J. Soneira Ferrando.  
Grupo de Comunicaciones Ópticas. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

## 1. Introducción: Nuevas metodologías aplicadas al análisis de obras de arte

Hoy en día cuando se adquiere o compra una obra de arte, la documentación que la acompaña suele ser limitada o incluso nula. En algunas ocasiones se dispone de certificados otorgados por historiadores, que no tienen ninguna base científica y dependen de la subjetividad de la persona en cuestión. En otras, sólo con decir que está firmado por cierto autor parece suficiente. Por eso, toda obra debería de ir acompañada de un análisis científico y objetivo de los pigmentos que la forman. De ese análisis se puede determinar el periodo de creación de la misma. Por otra parte, en caso que fuese necesaria una restauración, se conocería la composición química de los componentes.

Existen múltiples y diversas técnicas aplicadas al análisis de obras de arte. Unas aportan información atómica, como el microscopio electrónico de barrido (SEM/EDX). Otras informan acerca de la morfología de la molécula, pero iluminando con rayos X (XRD). Éstas y muchas otras [1] son, en todo caso, destructivas para el material analizado. Únicamente la espectroscopía Raman proporciona información completa de una molécula y de forma no invasiva, siendo esto último un requisito fundamental en el análisis del patrimonio cultural.

## 2. Los pigmentos y la historia

Existen diversas formas de clasificar los colorantes. La más general es distinguiendo entre tinte, pigmento y laca, aunque el caso de esta última es especial ya que es la combinación de un tinte y un sustrato, por lo que se le suele llamar pigmento laca. La principal diferencia entre los otros dos es que los tintes son solubles y los pigmentos no, ya que estos últimos necesitan de otra sustancia (agua, goma arábiga, aceite...) que actúa como aglutinante.



Figura 1. Ilustraciones del manuscrito de José Antonio de Alzate (1797) "Memoria sobre la naturaleza y cultivo de la grana cochinilla..."

Izquierda: Recolección de la grana cochinilla.

Derecha: insectos que la forman

Los pigmentos y los tintes se pueden clasificar en orgánicos e inorgánicos y, a su vez, cada uno de estos tipos puede ser natural o sintético. En el caso de los orgánicos naturales podemos distinguir dos orígenes diferentes, el vegetal, como por ejemplo el índigo (ver fig.2), o el animal, como sería la cochinilla (ver fig.1). Los pigmentos inorgánicos naturales son minerales.



Figura 2 . Izquierda: Tinte índigo en polvo. Derecha: indigofera, planta de donde se obtiene el índigo

Hay que tener en cuenta que el término orgánico habitualmente se relaciona con “derivado del carbono”, pero esto no es correcto. Orgánico significa que deriva de la química aromática o, lo que es lo mismo, del benceno.

Para el caso de los pigmentos, que es el que nos ocupa, se les puede asignar tres nombres diferentes para expresar lo mismo. El nombre artístico, que es

como comúnmente se les denomina, puede variar según la zona geográfica, la época o incluso según el usuario. El nombre químico, más preciso, describe su fórmula química de forma exacta, por lo que no lleva a equivocación. El último, el nombre geológico, sólo existe para aquellos pigmentos que se pueden encontrar directamente en la naturaleza. Así, por ejemplo, el famoso bermellón, químicamente, es sulfuro de mercurio o, geológicamente, cinabrio (ver fig.3).

Para poder evitar errores a la hora de tratar con un pigmento es muy importante disponer de una librería documentada de espectros (en adelante, LDE), donde deben aparecer todos los posibles nombres, que se le dan a un pigmento, la fórmula química, el espectro obtenido con espectroscopía Raman y datos históricos del pigmento, como la fecha de su patente, cuando se empezó a usar en pintura, cuando se dejó de usar y quien lo patentó.

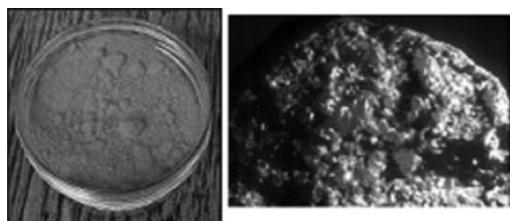


Figura 3. Bermellón en polvo (izquierda) una vez extraído del mineral cinabrio (derecha)

### 3. La espectroscopía Raman

#### A. El efecto Raman

Si se ilumina un material con una radiación monocromática, la mayor parte es absorbida por el propio material, pero otra pequeña parte es dispersada en todas direcciones. Casi toda la luz que se dispersa tiene la misma frecuencia que la radiación que incide; es lo que se conoce como dispersión Rayleigh o elástica. Pero tal como descubrió Chandrasekhara Venkata Raman también existe una dispersión inelástica, muy débil, con unas frecuencias características de cada molécula [2,3]. Para este tipo de dispersión se distinguen dos casos. Si el fotón dispersado tiene una energía menor que la incidente, se produce la dispersión Stokes; si por lo contrario la energía es mayor, se produce la dispersión Anti-Stokes [2].

Para el caso en que hay mezcla de pigmentos, el efecto Raman cumple el principio de superposición de forma cualitativa, aunque no cuantitativa [4].



Figura 4. Chandrasekhara Venkata Raman  
Premio Nobel de Física 1930

La espectroscopía Raman permite la identificación de pigmentos, en estado sólido o líquido, y de forma no destructiva. La información molecular que da es inambigua, ya que cada material tiene su propio espectro característico.

#### B. Equipo Raman portátil

Los equipos Raman con fibra óptica tienen muchas ventajas sobre los equipos más antiguos: son inmunes a interferencias electromagnéticas, incrementan la seguridad del usuario (la luz es guiada), proporcionan una mejora notable en la eficiencia de las medidas y además, gracias a la transportabilidad de los nuevos equipos, las medidas se pueden realizar de forma directa, es decir, sin necesidad de extraer micromuestras.

En la figura 6 se muestra el diagrama de bloques del equipo de espectroscopía Raman con fibra óptica del laboratorio de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Consta de un láser rojo (633nm), que transmite la luz por la fibra hasta el cabezal óptico, donde un filtro interferencial elimina las bandas Raman inducidas de la fibra. En el mismo cabezal también se encuentra el filtro notch que elimina la frecuencia Rayleigh, ya que ésta no nos aporta información del material bajo análisis.

La radiación dispersada por este último es también captada por el cabezal y a través de la fibra, llega al monocromador donde se separan espacialmente

todas las frecuencias. En la figura 5 se muestra una fotografía del equipo Raman RMS-320 de Jobin Yvon (Grupo Horiba) [5]. Es fácilmente transportable ya que ¡tan sólo pesa 20kg!



Figura 5. Sistema Raman modular de Jobin Yvon (RMS-320)

central (número de onda), la altura o intensidad y la anchura. A continuación se exponen varios ejemplos de como debe ser una LDE.

### Amarillo de cromo

Este pigmento amarillo está formado por cromato de plomo ( $PbCrO_4$ ). En la figura 7 se puede ver el espectro obtenido con láser rojo, donde se aprecian seis bandas Raman claramente diferenciadas.

Cada una de ellas está caracterizada por tres parámetros que corresponden a una curva lorenciana, es decir,

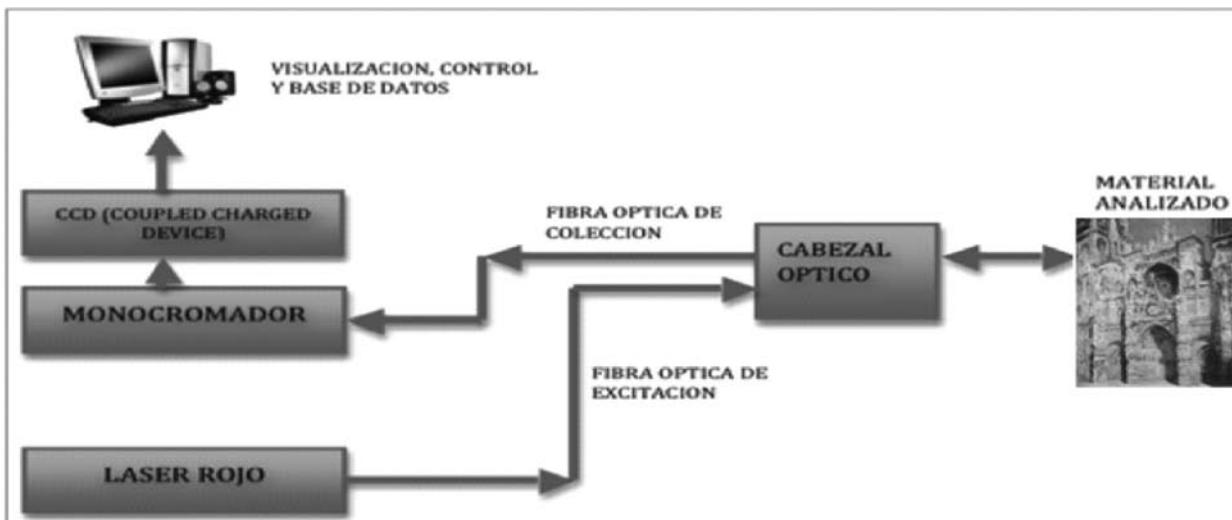


Figura 6. Diagrama de bloques del sistema de espectroscopía Raman con tecnología de fibra óptica

Como se puede apreciar en la figura 6, los datos llegan a un PC, donde se registra el espectro final, es comparado con espectros de referencia, y gracias a un software específico, es posible su tratamiento.

## 4. Información histórica, molecular y matemática de un pigmento. Ejemplos experimentales

Como ya se ha comentado antes, para que una librería documentada de espectros sea útil, en ella ha de aparecer toda la información existente y relevante de un pigmento, esto es, datos históricos (con fechas de patentes, utilización y reseñas importantes), datos moleculares (fórmula química y espectro Raman) y sus parámetros matemáticos (como caracterizar las bandas Raman de forma matemática) que, como se verá, son tres: la posición

$$L(x) = \frac{1}{\pi} \frac{\frac{1}{2} \Gamma}{(x - x_0)^2 + (\frac{1}{2} \Gamma)^2}, \quad (1)$$

donde  $x_0$  es a la posición central de la banda Raman y la  $\Gamma$  anchura de la misma. La curva alcanza su máximo para  $x=x_0$  y vale

$$L(x_0) = \frac{2}{\pi \Gamma}. \quad (2)$$

Aunque existe un raro mineral denominado crocoíta que contiene cromato de plomo, nunca fue utilizado como pigmento. El pigmento amarillo de cromo fue fabricado y comercializado por primera vez en 1814, aproximadamente, y fue introduciéndose progresivamente en pintura. A finales del siglo XIX y principios del XX su uso fue decreciendo

paulatinamente con la aparición de nuevos pigmentos amarillos sintéticos no tóxicos y de mejores propiedades pictóricas, si bien hay referencias de su uso hasta el segundo tercio del siglo XX [6].

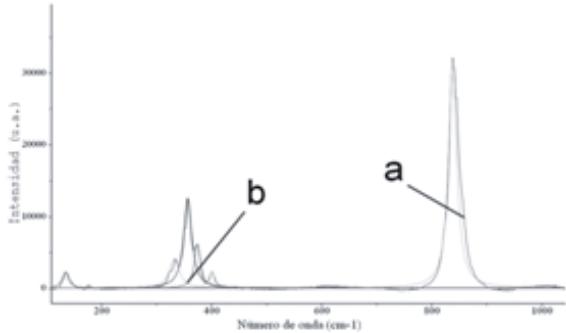


Figura 7. a) Espectro Raman del amarillo de cromo. b) Caracterización matemática de las bandas Raman del amarillo de cromo

### Azul ultramar

El azul ultramar sintético está formado por polisulfuro de aluminio-silicato de sodio ( $\text{Na}_{6-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$ ).

En la figura 8 se muestra el espectro Raman del azul ultramar. En este caso observamos seis bandas, una de ellas, como se muestra en la figura 9, está muy cercana a la de 547  $\text{cm}^{-1}$  y no se aprecia con tanta claridad, lo que se conoce como “shoulder”. En la tabla 1 se muestran sus parámetros matemáticos.

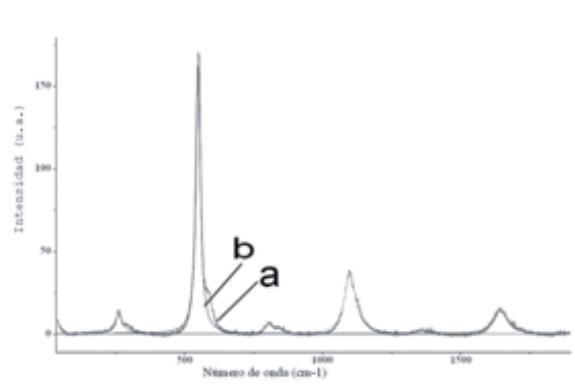


Figura 8. a) Espectro Raman del azul ultramar. b) Caracterización matemática de las bandas Raman del azul ultramar

J.B. Guimet fue el primero en sintetizarlo en Francia, en 1828. A partir de 1830 estuvo disponible

comercialmente. Se trata de una alternativa al antiguo y muy caro pigmento azul de lapislázuli. Su utilización, hoy en día, sigue siendo muy frecuente [6,7].

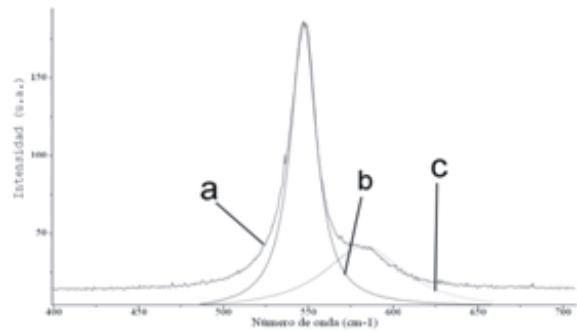


Figura 9. a) Ampliación de las bandas Raman del azul ultramar (547 y 582  $\text{cm}^{-1}$ ). b) Caracterización matemática de la banda Raman centrada en 547  $\text{cm}^{-1}$ . c) Caracterización matemática de la banda Raman centrada en 582  $\text{cm}^{-1}$

### Carbón vegetal

El carbón vegetal se produce por el calentamiento de residuos vegetales, y está formado por carbono puro amorfo (C).

En la figura 10 se representa su espectro Raman obtenido con láser rojo, donde se distinguen dos bandas muy anchas.

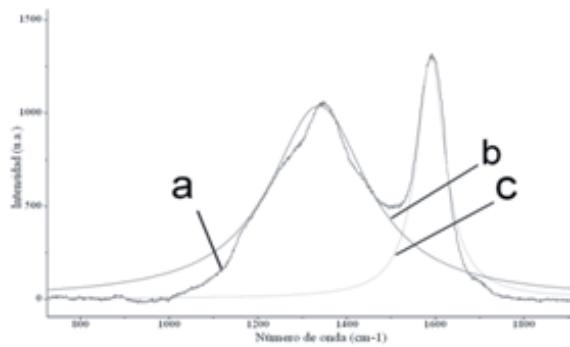


Figura 10. a) Espectro Raman del pigmento carbón vegetal. b) Caracterización matemática de la banda Raman centrada en 1335  $\text{cm}^{-1}$ . c) Caracterización matemática de la banda Raman centrada en 1589  $\text{cm}^{-1}$

Como en los ejemplos anteriores, al aproximar cada una de sus bandas con una curva lorenciana, obtenemos su caracterización matemática. En la tabla 1 se representan los parámetros característicos de cada una de ellas.

Pigmento	Centro (cm <sup>-1</sup> )	Intensidad (u.a.)	Anchura (cm <sup>-1</sup> )
Amarillo de como	837	32628	17
	399	2284	13
	372	6042	13
	355	12450	17
	330	3916	22
	132	132	13
Azul ultramar	1645	14	61
	1098	37	50
	809	5	53
	582	28	37
	547	168	18
	257	13	19
Carbón vegetal	1335	1091	272
	1589	1241	80

Tabla 1. Parámetros matemáticos de las diferentes bandas Raman de cada uno de los pigmentos analizados (realizado con 1000 iteraciones)

Existen pinturas rupestres, de hace más de 15.000 años, en las que el carbón vegetal se utilizaba para marcar el contorno de las figuras. Para utilizarlo como pigmento negro solía mezclarse con grasa, sangre o cola de pescado [6,8].

Actualmente sigue siendo muy utilizado ya que no existe ningún sustituto que ofrezca las mismas características. Además, gracias a la gran cantidad de materia prima, su precio es reducido.

## 5. Conclusiones

Para que una LDE disponga de todos los datos anteriormente comentados hay que superar diversas dificultades. Por ejemplo, si se quiere obtener un patrón de referencia fidedigno, hace falta disponer del pigmento puro. Esto suele ser caro y en ocasiones hay que disponer de permisos especiales, ya que algunos son tóxicos y han sido prohibidos, por lo que son difíciles de encontrar.

Además, existen diferentes marcas que utilizan adulterantes en sus mezclas para abaratar los pigmentos, lo que dificulta la obtención de un patrón de referencia universal. La mejor colección que se conoce actualmente, a nuestro entender, es la de marca francesa Sennelier, y es la que se ha utilizado para obtener los patrones anteriormente descritos.

Otra gran dificultad existente es que, a la hora de buscar los datos históricos de cada uno de los pigmentos, existe información ambigua y, en muchas ocasiones, hay discrepancia entre las distintas fuentes.

La espectroscopia Raman aplicada al análisis de pigmentos es actualmente una de las técnicas más utilizadas, ya que permite solucionar aspectos legales, económicos y de prestigio profesional sin ambigüedad y sin destructividad.

A modo de resumen, la información molecular es una gran herramienta para superar las dificultades anteriormente mencionadas. Hoy en día, además, es más que factible porque las tecnologías fotónicas son económicamente accesibles

## 6. Referencias bibliográficas

- [1] W. Stanley Taft, J. W. Mayer, *The science of paintings*, Springer-Verlang New York, Inc. 2000.
- [2] Derek A. Long, *The Raman Effect. A Unified Treatment of the Theory of Raman Scattering by Molecules*. John Wiley & Sons,LTD, 2002.
- [3] S. Ruiz-Moreno, J.M. Yúfera, M.J. Manzaneda, M.J. Soneira, P. Morillo, T. Jawhari, “La Ciencia al Servicio del Arte. La Espectroscopía Raman Aplicada a la Identificación de Pigmentos”, Mundo electrónico 165, 1996.
- [4] M. Breitman, S. Ruiz-Moreno, A. López-Gil, “Experimental problems in Raman spectroscopy applied to pigment identification in mixtures”, Spectrochimica Acta Part A 68 (2007) 1114-1119.

[5] Jobin Yvon <http://www.jobinyvon.com>

[6] F. Perego., Dictionnaire des matériaux du peintre, Éditions Belin, 2005.

[7] Roy A., Artists' Pigments, A Handbook of their history and Characteristics, Volume 2. Ashok Roy Editor, 1997.

[8] Barbara H., Artists' Pigments, A Handbook of their history and Characteristics, Volume 4. Barbara H. Berrie Editor, 2007.

## Autor



Gonzalo Barja Becker nació en Barcelona en 1985. Ha estudiado ingeniería superior de telecomunicación, y colabora con el grupo de espectroscopia Raman de la Universidad Politécnica de Cataluña. Actualmente está terminando el proyecto de final de carrera “Diseño e implementación de una librería documentada de espectros de pigmentos con espectroscopia Raman”.

# e-Mazing - Juego de autoaprendizaje en terminales móviles

Mario Viktorov Mechoulam Nikolaeva, Juan Hernández Serrano, Josep Pegueroles Vallés.  
Grupo de servicios telemáticos, Departamento de Ingeniería Telemática  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

## ABSTRACT

¿Te gustan los juegos? En este artículo se describirá el resultado de un Proyecto de Final de Carrera de la EPSC: un videojuego educativo para teléfonos móviles. Los juegos y más concretamente los videojuegos, pueden ser herramientas muy potentes de aprendizaje, debido a la alta capacidad de atención y concentración que muestra el usuario durante su curso. Siendo uno de los propósitos llegar a un público amplio y heterogéneo, se ha escogido el teléfono móvil como plataforma de la aplicación, por su gran penetración en nuestra vida cotidiana, ya que presenta la posibilidad de usarlo en cualquier momento y lugar. Estos son los principios de e-Mazing.

Primero, se desarrollará el concepto SRS y la investigación del científico Sebastian Leitner a partir de la cual se creó, destacando en calidad sus aportaciones positivas para con este proyecto. En el mismo punto, se expondrán las razones y retos que ha planteado la elección de la plataforma de la aplicación. Por último, se explicará el funcionamiento global del software: la generación de contenidos y mapas procedimentales, la interfaz del SRS y el desarrollo prolongado del juego.

Siendo Java la tecnología más extendida en los dispositivos móviles, se decide utilizar el lenguaje de programación orientado a este tipo de plataformas: J2ME. Por otro lado, se ha querido proveer al usuario de un agradable entorno gráfico de manejo intuitivo, por lo que se ha recurrido a una de las últimas herramientas de Sun, la librería gráfica multiplataforma LWUIT. Basando nuestro trabajo en lo que se conoce hoy en día como un sistema de repetición espaciada (SRS - Spaced Repetition System/Software), buscamos presentar al usuario un conjunto de herramientas que le permitan crear y gestionar su propio contenido

educativo; en contrapartida, el juego proporcionará el método para el posterior estudio y evaluación del contenido siguiendo las pautas que se explican en el cuerpo de este documento.

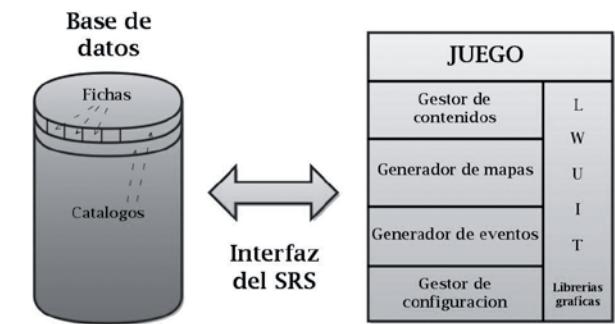


Figura 1 - Estructura de la aplicación

## INTRODUCCIÓN

En 1970, Sebastian Leitner presenta su libro sobre la psicología del aprendizaje y la memoria, *How to learn to learn* [1]. En él, se explica un sistema para optimizar el aprendizaje y el tiempo que se dedica a él, minimizando el número de repeticiones que se necesitan para aprender un concepto, un **desafío** o como lo llama él mismo: "un elemento". La teoría sostiene que para llegar a memorizar un desafío no basta con innumerables repeticiones durante unas semanas. Por poner un ejemplo: es mucho más productivo estudiarlo poco a poco, dejando transcurrir entre los repasos unos intervalos temporales que están relacionados con la estructura de la memoria. Al estudiarlo por primera vez, la respuesta de ese desafío permanece en la **memoria inmediata** de la persona unos minutos o tal vez unas horas; contrariamente a la opinión general, cualquier repaso durante ese intervalo no ayudará a reforzar la memorización del concepto. Es necesario que algunos días después de este

contacto inicial, la persona repase de nuevo el concepto y trate de invocar la respuesta del desafío de su memoria. En caso de lograrlo se habrá conseguido almacenar el concepto en la **memoria a corto plazo**. A partir de este punto, se van incrementando los intervalos de tiempo entre repasos y el sujeto vuelve a esforzar su mente continuamente hasta lograr retener la respuesta del desafío en su **memoria a largo plazo**. La parte más importante dentro de este trabajo es forzar la mente al límite a la hora de recordar los conceptos después de un periodo de contención, se tarde lo que se tarde, ya que es allí donde realmente sucede el proceso de aprendizaje. En caso de un fallo, se retrocede una categoría en función de intervalos temporales, con el fin de retomar el proceso desde un punto cómodo. De esta manera, el usuario no perderá tiempo repitiendo una y otra vez conceptos que ya conoce y aprovechará al máximo su tiempo de estudio repasando lo que de verdad necesita aprender. La correcta gestión de los intervalos de aparición de los desafíos permite optimizar el **tiempo dedicado al estudio** y crear el sistema que se conoce hoy por hoy como SRS.

Sin embargo, todo método de estudio puede acabar siendo aburrido o pesado. El mundo de la psicología a menudo ha demostrado que la mente humana tiende a recordar un mayor número de conceptos en un momento de felicidad o diversión y a olvidar los momentos “malos”. Observaciones personales han ayudado a detectar que un buen ejemplo de lo anterior son los videojuegos; las personas que hayan jugado seguramente recuerdan una gran cantidad de información como la historia, los nombres de personajes, localizaciones, objetos y por qué no, hasta combinaciones de botones. Todos estos conceptos son retenidos sin el más mínimo esfuerzo mientras nos divertimos invirtiendo nuestro tiempo en ocio. Nuestro objetivo es por tanto implementar un SRS en un videojuego, pero dónde? La elección de la plataforma viene condicionada por la posibilidad de su utilización en cualquier momento o lugar, y por un grupo de usuarios lo más heterogéneo posible: todo apunta hacia los teléfonos móviles.

La elección de los teléfonos móviles como plataforma implica que el lenguaje de programación utilizado será Java, más concretamente J2ME. Java es un lenguaje de alto nivel que fue creado a mediados de los 90 por Sun Microsystems. A pesar de que no fue diseñado para ello, sus usos e implementaciones crecieron rápidamente en diversas áreas, para lo cual fueron creadas distintas ediciones que se amoldaran a las necesidades concretas de las plataformas que las ejecutaban [2]. Una de estas distribuciones es la edición micro de Java (*Java 2 Micro Edition – J2ME*, ahora conocida simplemente como *JME*), ideada para dispositivos con capacidades computacionales y gráficas mermadas; entre los cuales se encuentran los dispositivos móviles. *JME* tiene funcionalidades reducidas respecto a sus hermanos mayores, posee una interfaz de programación de aplicaciones (*application program interface – API*) adaptada y una máquina virtual de kilobyte (*kilobyte virtual machine – KVM*) que se encarga de interpretar el código [3]. El perfil de información móvil del dispositivo (*Mobile Information Device Profile – MIDP*) son las librerías y conjunto de herramientas que proporcionan soporte a nuestro código. En 2009 existen dos versiones, la segunda de las cuales incorpora numerosas mejoras utilizadas en este proyecto como la pantalla a color, capacidad de reproducción de sonidos, multitud de mejoras para distintos tipos de comunicación o la API de multimedia para la reproducción de video (*MMAPI*). Toda aquella aplicación que se ha realizado con este perfil recibe el nombre de *MIDlet* y distintas aplicaciones pueden coexistir entre ellas; adicionalmente su estado siempre será uno de los tres: activo (ejecutándose), pausado o destruido. Por último, los *MIDlets* se empaquetan en una *suite* que es formada por dos archivos con extensión *.JAD* y *.JAR*; el *jar* contiene el código compilado a ejecutar, mientras el archivo descriptor Java (*Java Archive Descriptor - JAD*) contiene información sobre la aplicación, rutas, tamaño y decenas de etiquetas opcionales más [4].

No obstante, como cualquier otra plataforma, presenta unos inconvenientes a superar. Por un lado, el espacio de memoria debe ser lo suficientemente

grande como para poder almacenar toda la información educativa e instalar la aplicación sin problemas; por otro, el poder computacional de esta es severamente exigente. Finalmente, la escasa memoria RAM y su deficiente gestión por parte de la mayoría de fabricantes de terminales móviles ha supuesto el mayor de los retos. La solución pasaba por una reducción general de la calidad de imagen y la constante optimización y reutilización de componentes. Un aspecto lateral, pero no menos importante ha sido las estrictas medidas de seguridad con respecto al acceso de los datos de usuario por parte de aplicaciones, implementadas a partir de la versión MIDP 2.0, que han obligado a firmar las aplicaciones con su consecuente desembolso económico.

Sopesando toda esta información, se decidió crear un MIDlet en lenguaje J2ME, implementando una variación del sistema de Leitner dentro de un videojuego con el fin de potenciar el factor de aprendizaje de todo el software. A grandes rasgos, para su utilización el usuario deberá introducir algún contenido a estudiar y posteriormente jugar a un videojuego laberíntico, mientras una interfaz se encarga de presentarle periódicamente las preguntas preparadas. A continuación se explica todo esto con más detalle.

## MÉTODOS

El trabajo está dividido en dos grandes sectores: el gestor de contenidos y el juego de aprendizaje. Se puede ver un diagrama de sus secciones en la Figura 1.

El gestor de contenidos está formado por un conjunto de pantallas y herramientas que permiten al usuario crear y almacenar todo el contenido que deseé. Este es el primer punto en el que se introducen los conceptos **ficha** (cada uno de las preguntas, desafíos o elementos a estudiar) y **catálogo** (un contenedor para almacenar fichas de similar temática). Las fichas siguen la estructura “desafío – información/descripción/pistas – respuesta/s válida/s” (Figuras 2 y 3), el usuario es el encargado de redactar una pregunta y las posibles respuestas aceptadas; la información o

las pistas son opcionales. Es posible almacenar tantas fichas como se desee (como permita la memoria del terminal móvil) dentro de un catálogo, así como editarlas, borrarlas, añadir otras nuevas y guardar todos estos datos en el disco duro. Para no abrumar al usuario desde el principio con la necesidad de introducir con el teclado todo el contenido a estudiar, la aplicación dispone de una opción para importar y transformar catálogos completos de otros SRS para ordenador. Aun así, uno de los puntos fuertes del MIDlet radica en la posibilidad de crear nuestros propios catálogos y fichas, escogiendo la temática según las necesidades de cada usuario. Por último, se ha dado un paso más en la estructura de las fichas: hasta el momento estas siempre se componían de texto, ya fuera una palabra a adivinar en otro idioma o unas frases detallando un problema matemático; en esta aplicación se permite añadir una imagen, un archivo de audio o un video como complemento al texto. De esta manera se amplían exponencialmente las posibilidades educativas: se podrá estudiar arte mediante imágenes, aprender música clásica escuchándola o inventar divertidos concursos sobre adivinar películas viendo pequeños segmentos de estas – y esto es tan solo un ejemplo.



Figura 2 – Pantalla de Card [pestaña Basic]



Figura 3 – Pantalla de Card [pestaña Answers]

El juego de aprendizaje es donde realmente sucede la acción. El usuario necesitará un catálogo antes de poder lanzarse a jugar. La mecánica del juego es sencilla: el jugador viajará por mapas laberínticos (Figura 4), buscando la llave y la salida que le llevará al siguiente nivel, mientras se sucederán batallas aleatorias; en

estas batallas, uno o varios desafíos del catálogo escogido aparecerán ante el jugador, estando obligado este a contestarlos debidamente. A medida que se conteste correctamente a los desafíos (Figura 5), los mismos aparecerán con menos frecuencia. Si, por el contrario, el usuario es incapaz de responder bien, perderá una parte de su barra de energía y el algoritmo hará que estos desafíos salgan más a menudo, análogamente al método de Leitner.

La responsabilidad de la elección de los desafíos recae sobre la interfaz SRS; mediante un algoritmo matemático de puntuación interno se realiza una selección de las fichas del catálogo que necesitan ser repasadas. Este sistema de puntos es muy importante de cara a implantar el SRS de Sebastian Leitner. Surge de la necesidad del software de gestionar y seleccionar los conceptos que, según él mismo, se necesitan aprender. La aplicación realiza una selección de entre todas las fichas que se disponen, dando preferencia primero a fichas completamente nuevas (las que se presentan para estudiar por primera vez) y luego a las fichas que tengan menor puntuación (ejecutando un algoritmo de ordenación Quick-Sort) [5] o lo que es lo mismo, mostrando con más frecuencia desafíos que el jugador tiende a fallar o que no logra memorizar del todo.

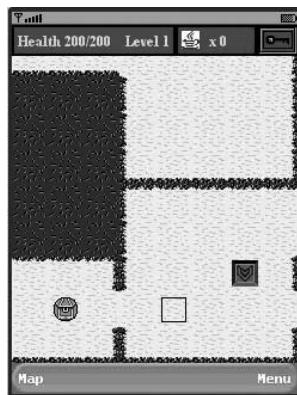


Figura 4 – Laberinto del juego



Figura 5 – Pantalla de batalla

Una de las partes más relevantes y extensas del proyecto es la creación y población de los mapas. La decisión más importante ha sido decantarse por el contenido procedimental (*procedural content*), una idea olvidada muy

a menudo por las grandes compañías que desarrollan juegos, pero casi un requisito obligatorio para el programador *stand-alone*. El contenido procedural, es básicamente contenido creado por la máquina, a diferencia del contenido generado por los artistas o diseñadores gráficos – unos magníficos ejemplos que impresionaron precisamente por su extensión o variedad debido al contenido procedural fueron los videojuegos *Elite* o el reciente *Spore* [6]. A grandes rasgos, introducimos un número de 7 cifras (semilla) en el punto de entrada de un conjunto de algoritmos y operaciones previamente diseñadas. Estos métodos se encargan de tratar las cifras a lo largo de distintas etapas, produciendo un mapa completo con todos los elementos necesarios a su salida. Cada una de las múltiples combinaciones de números generará un *output* aleatorio, distinto de los demás, pero fiel a sí mismo – un valor dado siempre creará el mismo mapa. Se pueden detallar 3 ventajas principales a partir de esta elección:

1. Ahorro de espacio – un terminal móvil es un dispositivo muy limitado en términos de memoria y tamaño de la aplicación (archivo .jar). Si el contenido es generado de manera aleatoria, no será necesario almacenar todos los datos relacionados con los mapas.

2. Evitar la monotonía – si cada mapa es único y los elementos en él son emplazados de manera completamente diferente, se evita que el usuario se aburra o tenga una ventaja al reconocer mapas o patrones repetidos. Sin duda, un punto a favor frente a otros productos y una garantía para la competitividad entre usuarios.

3. Número de niveles – el programa puede amoldar el número de niveles al tamaño de los catálogos estudiados por el usuario; mientras siga habiendo fichas sin estudiar, el generador continuará creando mapas aleatorios. Además, no será necesario un grupo de personas que desarrollen los niveles, ni decidir un número seguro de niveles prefabricados para tamaños grandes de catálogo.

El algoritmo para producir un mapa aleatorio está constituido por varias secciones independientes con sus propios métodos cada una. Como en cualquier caso de este tipo, existían 2 planteamientos a seguir para conseguir el resultado deseado: *top-down* y *bottom-up*. El primer modelo implica empezar con una habitación del tamaño de nuestro mapa e ir generando dentro de ella el resto del contenido; por el contrario, el segundo modo comienza con una habitación pequeña inicial a la que se van anexionando otras formas geométricas. En e-Mazing se utiliza la aproximación *top-down*.

En un principio, se genera un cuadrado pasándole las dimensiones necesarias en tiles (un tile es una sección que representa detalles, texturas o gráficos de un fragmento del mapa). A partir de esta figura geométrica, se quiere obtener un entramado de habitaciones y pasillos a recorrer y, para ello, el primer paso es trocear el cuadrado horizontal y verticalmente. Los puntos exactos y el orden en el que se trocea son completamente dependientes de los números de la semilla. Además, las habitaciones resultantes vuelven a recorrer el método para ser segmentadas hasta que alcanzan unas dimensiones mínimas controladas por el tamaño del mapa y de los tiles.

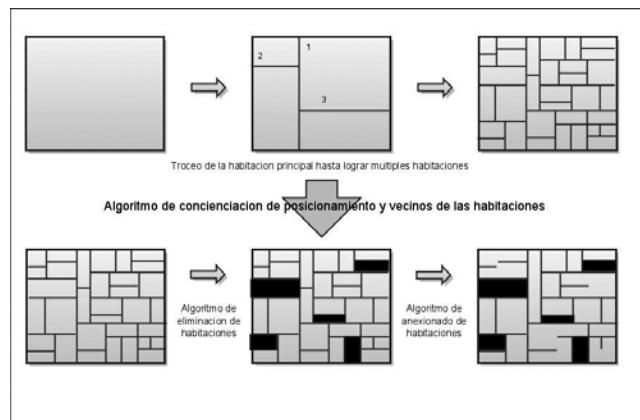


Figura 6 – Proceso de generación de mapas laberínticos aleatorios

Tras la obtención de las habitaciones cuadradas y rectangulares se propone embellecer y añadir más variedad al mapa. Primeramente, la ejecución de un algoritmo matemático y varios cálculos de posicionamiento vuelven conscientes a todas estas habitaciones de sus

vecinos lindantes, así como de a qué costado se encuentran estos y cuáles son la longitud y coordenadas del muro que comparten. Con estos datos en poder, se procede a eliminar un número de habitaciones del mapa, la posición y la cantidad vienen determinadas por la semilla. Conocer a los vecinos es importante en este punto para evitar que se queden habitaciones “descolgadas” o rodeadas debido a los cuartos que se están eliminando. Por otro lado, no todas las habitaciones van a ser cuadradas o rectangulares; estando al corriente de sus vecinos, algunos cuartos pueden fundirse con habitaciones lindantes y así sucesivamente, produciendo esta unión formas y tamaños muy variados para aportar variedad al mapa (Figura 6). De nuevo, la decisión de estas acciones depende de los valores de la semilla. Para que el jugador pueda visitar todas estas habitaciones que se han generado, es necesario que sobre el mapa se apliquen varios métodos, que juntos forman el algoritmo de transitabilidad. Este algoritmo se encarga de que todas las habitaciones estén unidas por medio de puertas, creando varios caminos y retrocediendo para buscar otros nuevos si detecta que aún restan habitaciones desconexas. En caso de ser imposible (o computacionalmente costoso) unir algunos cuartos, dicho algoritmo los eliminará como si de uno de los métodos anteriormente explicados se tratase. Asimismo, la creación de puertas permite “concienciar” a los cuartos de los nexos que las unen a partir de este momento (Figura 7).

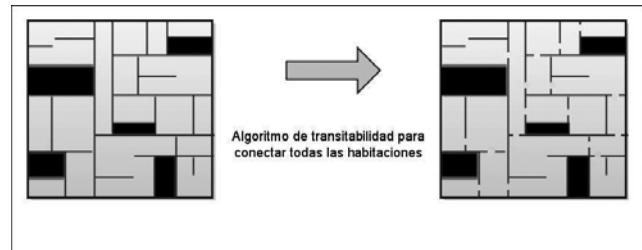


Figura 7 – Algoritmo de transitabilidad que conectará las habitaciones

En este mapa (Figura 8) sustituiremos los vectores por los tiles que presentamos bajo estas líneas (Figura 9).

Una vez en este punto, todos estos datos y

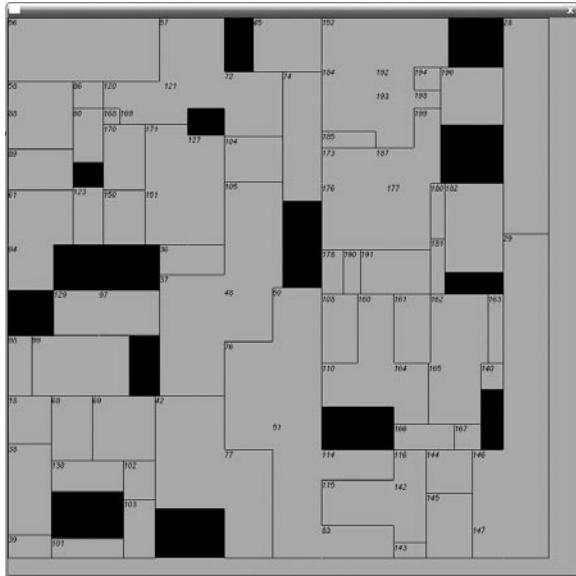


Figura 8 – Un mapa de prueba durante las primeras versiones del generador

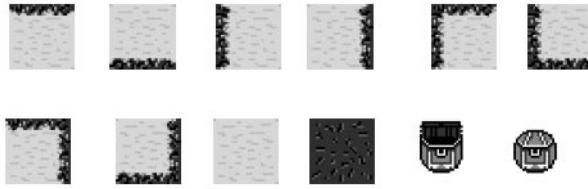


Figura 9 – Los distintos tiles que hemos dibujado para modelar el mapa.

estructuras están listos para convertirse en una imagen tangible. Por medio de nuevas funciones, todos los cuartos son analizados junto con sus vecinos, puertas y datos restantes, seleccionando el tile que les correspondería visualmente y transformando de esta manera la imagen (*tiles* en la página anterior). Para acabar el mapa se han de colocar en él los elementos restantes, dándole sentido y objetivos. Por un lado, se emplazan tres cofres en posiciones decididas por el algoritmo, cuyo contenido podrá ser reclamado por el jugador: en su interior puede haber una llave que permite el avance al siguiente nivel, un elemento de curación o nada en absoluto. También de manera aleatoria, son colocados en el mapa el punto de inicio y el de final. El primero de ellos permitirá retroceder a los niveles anteriores (siempre y cuando existan) y el segundo transportará al jugador hasta el siguiente laberinto (Figura 11), sólo si previamente ha obtenido la llave del mismo nivel. Todo esto está englobado en un sistema mayor al que se ha denominado *World Engine* (Motor del mundo),

encargado de invocar la creación de mapas, situar y desplazar al jugador por el ambiente, controlar los datos del usuario o su interacción con los cofres y de manejar los eventos y batallas que suceden.

A partir de aquí, entra en juego el usuario (y

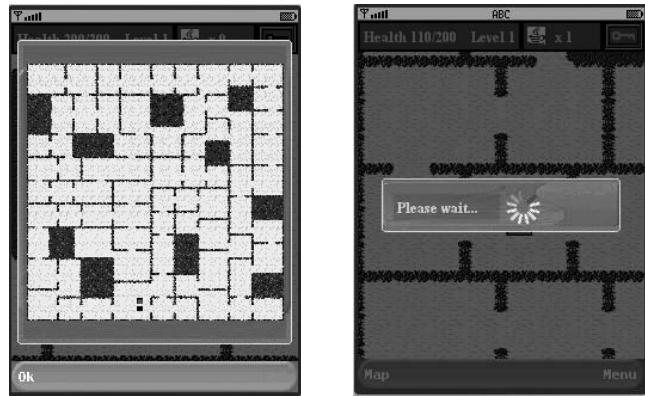


Figura 10 – La herramienta "minimap" que permite ver todo el nivel laberíntico en el que nos encontramos

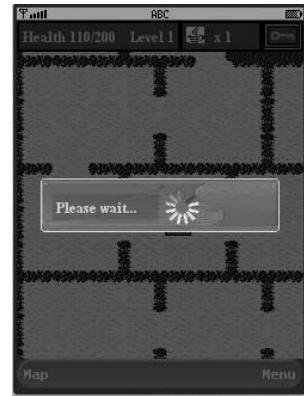


Figura 11 – El widget de carga que aparece mientras cambiamos de nivel

nunca mejor dicho). Tal y como se ha explicado, su objetivo es recorrer estos laberintos buscando la salida, a la vez que aprende el material educativo que ha escogido. Cada cierto número de pasos el motor del mundo generará un evento, en el cual se presenta delante del usuario una pantalla con varios de los desafíos de las fichas que se pretende estudiar. El jugador podrá leer el texto del desafío que él mismo introdujo, así como cualquier contenido multimedia que decidiera adjuntar a la ficha en cuestión. Aquí el cometido es contestar correctamente al mayor número posible de desafíos, teniendo en cuenta que se muestran de uno en uno y sin límite de tiempo. Inmediatamente después de introducir una respuesta, el programa la evalúa e informa al jugador de su veracidad, sumando algunos puntos a la ficha del desafío correspondiente si se ha acertado, o restándoselos y mermando la energía del jugador en caso contrario. Por supuesto, el motivo para penalizar la energía del usuario después de fallar una respuesta no es otra que la de incentivar el estudio, evitando que se realice lo que se conoce en términos de juego como un *rush* (carrera a por todas) a través del juego, algo que impediría aprender los conceptos. En caso de que la energía de

un jugador llegue a cero durante la partida el juego finalizará, sin embargo gracias al gestor de partidas que está implementado en la aplicación se podrán guardar y cargar partidas en cualquier momento.

Para proveer de una aplicación más agradable y completa, se ha añadido un entorno gráfico en el cuál el jugador puede ver la energía que le queda, el número de elementos que reponen energía que tiene en su poder (son pequeños cafés Java) o si dispone de la llave del nivel en el que se encuentra o no. Adicionalmente, se puede acceder a un minimapa (Figura 10) del nivel completo sobre el que se muestra la localización del usuario, y a un conjunto de ventanas que muestran las fichas que se están estudiando, con la finalidad de poder repasar en cualquier momento y no solo en las batallas o eventos. Con la intención de amoldar el ritmo de estudio a las necesidades de cada usuario (Figura 13), se puede acceder a un menú en el que asignar las puntuaciones que se suman o restan ante aciertos o fallos, los puntos extra que se ganan o pierden si se acierta un desafío que aparece por primera vez o si se falla uno con máxima puntuación (y por consiguiente supuestamente aprendido). También se puede activar un repaso de las fichas trabajadas cada vez que se reanuda el juego y definir el porcentaje de ellas que se van a revisar. Por último, hay dos modos de dificultad, entre los cuales varía la energía máxima del jugador, la frecuencia y el tamaño de las batallas, la energía que se pierde al fallar una respuesta o el número de fichas que se activan para ser aprendidas a cada nivel. En conjunto, se ha prestado especial atención en crear un producto para todas las edades y exigencias, que permite ser aplicado en casi cualquier campo.

## CONCLUSIONES

En este artículo se ha descrito el proceso de creación de un videojuego para plataformas móviles, cuyo objetivo es fomentar y hacer más ameno el aprendizaje.

Se ha obtenido un producto acabado y



Figura 12 – Video almacenado en una ficha

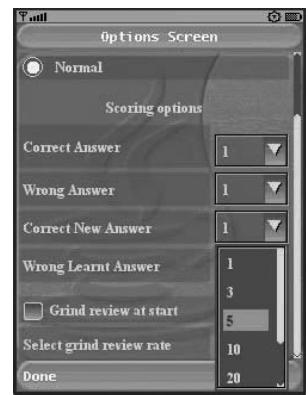


Figura 13 – Opciones del juego

funcional con dos características principales: un gestor de información textual y/o audiovisual y un juego que no brilla por sus gráficos e innovación, sino por su entretenimiento. De este modo, se está tratando de demostrar que la capacidad de retención de las personas varía en función de su estado anímico e interés, a la vez que se aplican los interesantes métodos de Leitner. Por un lado, trayendo los SRS al mercado de los terminales móviles se está avanzando frente a los programas educativos de tirón comercial actuales y dando un paso adelante en materia de herramientas de estudio (Figura 12). Por otro lado, este proyecto trata de sentar las bases para una plataforma de aprendizaje mucho más grande, en la cual pueden coexistir varios juegos o modos de aprendizaje para un mismo gestor de temáticas. La realidad más cercana, el siguiente paso, es la inclusión de un sistema de puntuaciones para incentivar aun más a los jugadores, pudiendo competir o compartir sus puntos *on-line*, participando en eventos con semillas y temarios idénticos a través de un servidor http o una red social como *facebook* por ejemplo.

En definitiva, a partir de este punto de inflexión las posibilidades de expansión son enormes, lo que sí está garantizado es que los usuarios dispondrán en todo momento de un software de aprendizaje personal y que se adapta a las necesidades de cada cliente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. J. WELLSH, Martin. *J2ME Game Programming*, USA: Premier Press, 2004.
2. KEOGH, James. *J2ME The Complete Reference*, USA: McGraw-Hill, 2003.
3. SUN Microsystems, *LWUIT – Developer Guide*, Worldwide: Sun Microsystems Inc., 2008.
4. LWUIT Forum, <http://forums.java.net/jive/forum.jspa?forumID=139> , 2009.

## REFERENCIAS

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Leitner\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Leitner_System)
- [2] <http://java.sun.com/javase/reference/index.jsp>
- [3] <http://java.sun.com/javame/index.jsp>
- [4] <http://developers.sun.com/mobility/midp/articles/midp20/>
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Quicksort> | <http://www.cs.ubc.ca/~harrison/Java/sorting-demo.html>
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural\\_generation#Contemporary\\_application](http://en.wikipedia.org/wiki/Procedural_generation#Contemporary_application)

## AUTORES

Mario Viktorov Mechoulam es titulado en Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especializán-dose en Telemática con el proyecto de carrera aquí presente. Cursando sus estudios en la EPSC de Castelldefels, despierto y motivado por proyectos novedosos relacionados con el networking, terminales móviles, plataformas de mensajería, Java o aplicaciones web distribuidas, ha formado parte en varios proyectos de empresas tanto nacionales como extranjeras. Actualmente, desempeña su labor de investigación en el proyecto ViCoMo para el departamento de Sertel en el Campus Nord de Barcelona.

Josep Pegueroles nació en Tortosa (España)



en 1974. Recibió el título de Ingeniero de Telecomunicación en 1999 y obtuvo el título de doctor en 2003. Ambos por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona, España. En 1999 entró a formar parte del Grupo de Seguridad de la Información - ISG (<http://isg.upc.es>) de la Línea de Investigación de Servicios Telemáticos - SERTEL (<http://sertel.upc.es>) del Departamento de Ingeniería Telemática - ENTEL (<http://entel.upc.es>) de la UPC (<http://www.upc.es>). Actualmente es Profesor Titular de Universidad en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona - ETSETB (<http://www.etsetb.upc.es>). Sus intereses de investigación incluyen la seguridad para servicios multimedia en red y las comunicaciones seguras de grupo.

Juan Hernández Serrano nació en Salamanca (España) en 1979. Recibió el título de Ingeniero de Telecomunicación en 2002 y obtuvo el título de doctor en 2008. Ambos por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona, España. En 2002 entró a formar parte del Grupo

de Seguridad de la Información - ISG (<http://isg.upc.es>) de la Línea de Investigación de Servicios Telemáticos - SERTEL (<http://sertel.upc.es>) del Departamento de Ingeniería Telemática - ENTEL (<http://entel.upc.es>) de la UPC (<http://www.upc.es>). Actualmente es profesor de Universidad en la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels - EPSC (<http://epsc.upc.es>). Sus intereses de investigación incluyen la seguridad para servicios multimedia en red y las comunicaciones seguras de grupo.

# Un desajuste en biotecnología

R. Cubarsi<sup>a</sup>, E. Vázquez<sup>b</sup>, A. Villaverde<sup>b</sup>.

<sup>a</sup>Departament de Matemàtica Aplicada IV, Universitat Politècnica de Catalunya

<sup>b</sup>Institut de Biotecnologia i Biomedicina, Departament de Genètica i Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra

## RESUMEN

Se modeliza la penetración de una versión modificada de la proteína verde fluorescente llamada GFP en el citoplasma y el núcleo de una célula de mamífero. El modelo matemático proporciona una primera aproximación al experimento, con una disminución progresiva de la tasa de fluorescencia a medida que la luminosidad total va aumentando hasta saturarse. Sin embargo, se detecta una desviación localizada del modelo propuesto, debida a un proceso que no se realiza de forma totalmente diferenciable. El fenómeno es explicable a partir de la irrupción brusca de GFP en el citoplasma y el núcleo por la debilitación o ruptura de sus membranas, y por la obstrucción del flujo de GFP por la membrana nuclear. El modelo matemático proporciona pues información relevante sobre la desviación del patrón que se ha adoptado.

## ABSTRACT

The penetration of a modified version of a green fluorescent protein called GFP in the cytoplasm and nucleus of a mammalian cell is modelled. The mathematical model provides a first approach to the experiment, with a progressive decreasing rate of fluorescence as the total luminosity increases until saturation. However, a local deviation from the proposed model is detected, due to a process that takes place in a non-differentiable way. The phenomenon is explained from the sudden entrance of GFP into the cytoplasm and nucleus by the weakening or rupture of their membranes, and from the obstruction of GFP flux by the nuclear membrane. Thus, the mathematical model provides relevant information on the deviation from the pattern that has been adopted.

## INTRODUCCIÓN

No sólo es útil la correcta modelización de un experimento, sino que, de un modelo que no se ajusta totalmente a los datos, también se pueden deducir resultados interesantes, precisamente porque nos proporciona información relevante sobre la desviación del patrón que se ha adoptado.

En todo experimento se selecciona un número finito de propiedades a observar y se obtienen datos para estas variables en diversas circunstancias, por ejemplo, para distintos tiempos. Construir un modelo matemático significa establecer la interrelación entre estas variables, determinar cuáles van a ser las constantes que caractericen al experimento y, a partir de ahí, establecer su dinámica. En el caso que se explica, el modelo es determinista y diferenciable, por lo que constituye un conocimiento específico de una asignatura de Equaciones Diferenciales. El mismo modelo es también aplicable a una gran variedad de problemas de distintos campos: ecología, química, economía, etc. El problema es sencillo, por lo que bastará utilizar herramientas de cálculo en una variable.

Para el caso estudiado, se puede dar una solución analítica, aunque es más cómodo usar software matemático para las representaciones gráficas y para los métodos de estimación de parámetros y errores. Si el modelo inicial, a posteriori, se quisiera ajustar más a los datos, sería también ineludible el uso de otras técnicas numéricas y, quizás, de simulación. Por tanto, en la modelización matemática converge una diversidad de técnicas.



## EXPERIMENTO

Se estudia cómo entra en una célula de mamífero, que posee un núcleo, una proteína verde fluorescente llamada GFP, que al llevar fusionado un péptido altamente catiónico, forma pequeñas partículas de 20 nm de diámetro. Dicha proteína se ha ingenierizado [1] para penetrar células de mamífero y transportar genes u otros fármacos a su núcleo, con finalidades terapéuticas.

Las células de mamífero son más o menos esféricas, y cuando están en cultivo son un poco más planas, de forma que, para simplificar, supondremos que adoptan forma cilíndrica, con el núcleo centrado en el eje de simetría. Cuando se sumerge una célula en un medio que contiene esta proteína, se detecta la presencia de fluorescencia, primero en el citoplasma solamente, y después en el citoplasma y en el núcleo. La detección se hace a partir de secciones ópticas de la célula, de grosor constante y suficientemente pequeño, con un microscopio láser llamado confocal, pudiendo escoger el radio de la sección a fin de incluir sólo el núcleo, o bien citoplasma y núcleo conjuntamente. De las imágenes digitalizadas se obtienen distintas mediciones para cada sección y, sumando, para todo el volumen considerado. Por ejemplo, número de píxeles, luminosidad de cada pixel, área o volumen del total de píxeles, valores máximo, mínimo y medio de la luminosidad, densidad lumínica por unidad de superficie o de volumen, etc. Con los datos obtenidos para diferentes tiempos, se desea obtener un modelo dinámico para la penetración de la GFP en el citoplasma y en el núcleo.

La variable escogida para estudiar la evolución temporal de la GFP ha sido la fluorescencia absoluta  $\phi(t)$ , medida en unidades de fluorescencia, bien sea de toda la célula, del núcleo, o por diferencia, del citoplasma.

## MODELO

Consideremos, en primer lugar, la célula completa. La fluorescencia total  $\phi(t)$  (se omite en este caso el subíndice  $T$ ) en función del tiempo

es casi nula al principio del experimento, y luego es una cantidad siempre positiva y continuamente creciente, que tiende a estabilizarse. En principio, el experimento planteado debería estudiarse a partir de un modelo de difusión de acuerdo con la ley de Fick. Sin embargo, los agregados que se forman parecen tener un papel decisivo en como el flujo de GFP atraviesa las membranas celulares en su camino hacia el núcleo. En cambio, empíricamente se observa un comportamiento parecido al del modelo de dinámica de poblaciones con crecimiento limitado. Parece lógico, por tanto, tomar como referencia la ley logística, dada por la ecuación diferencial:

$$\frac{1}{\phi} \frac{d\phi}{dt} = p\phi + q; \quad q > 0, \quad p < 0 \quad (1)$$

con  $p$  y  $q$  constantes. Definiendo  $F(t) = \ln(\phi(t))$  la tasa de variación o aumento relativo de la fluorescencia viene dada por  $F'(t) = \frac{d\ln\phi}{dt}$ .

Al inicio, cuando  $\phi \rightarrow 0$ ,  $F'$  vale  $q$ , que es la máxima tasa de fluorescencia. Después, la tasa  $F'$  baja progresivamente hasta anularse, cuando la fluorescencia se estabiliza. La máxima fluorescencia es  $L = -q/p$ . Estos son los dos únicos puntos de equilibrio del sistema:  $\phi = 0$ , inestable, y  $\phi = L$ , estable. A diferencia del modelo poblacional, no tiene sentido un valor  $\phi > L$ . Así pues, los parámetros del modelo son  $p$  y  $q$ , distintos para cada célula. La solución de la Eq. 1 es inmediata y su discusión se encuentra en muchos textos básicos de ecuaciones diferenciales [2].

## AJUSTE

Para determinar los parámetros del modelo a partir de un conjunto de  $m$  valores  $(t_i, \phi(t_i))$ ;  $t = t_1, \dots, t_m$ , se usará la expresión discretizada

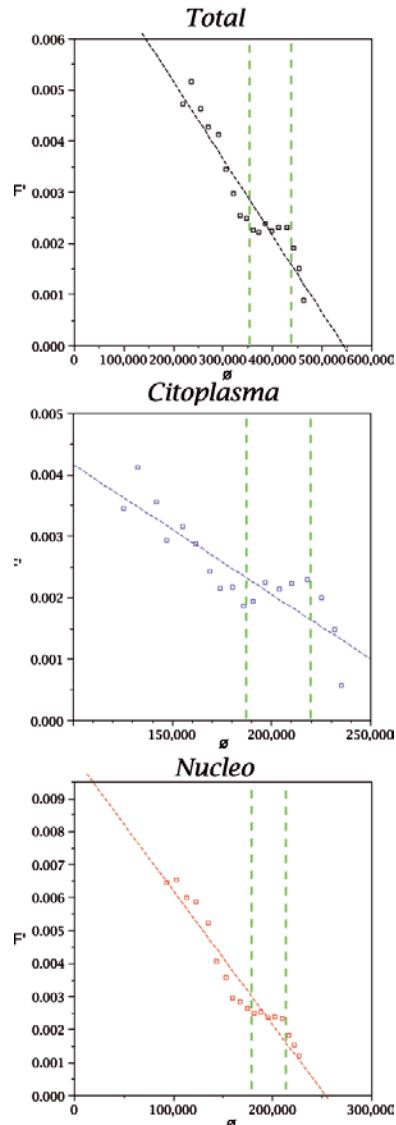
$$F'(t_i) = p\phi(t_i) + q \quad (2)$$

Para ello, es necesario hacer la estimación numérica de la derivada temporal  $F'(t)$ . Aunque en este caso las medidas temporales se han tomado a intervalos regulares, en otros casos no es así. Por lo tanto, para conseguir una mejor aproximación, hacemos una estimación de la derivada de la función  $F(t)$  en tres puntos. Así, en un tiempo intermedio  $t_i = t_2, \dots, t_{m-1}$  obtenemos [3]

$$F'(t_i) = \frac{(t_{i-1} - t_i)^2 F(t_{i+1}) - ((t_{i-1} - t_i)^2 - (t_{i+1} - t_i)^2) F(t_i) - (t_{i+1} - t_i)^2 F(t_{i-1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_{i-1} - t_i)(t_{i-1} - t_{i+1})} \quad (3)$$

Una vez sustituída la Eq. 3 en la Eq. 2, el siguiente paso es resolver el sistema lineal sobre determinado por el método de mínimos cuadrados, en los  $n = m - 2$  puntos donde se tiene calculada  $F'(t)$ . Escribimos dicho sistema en la forma matricial  $y = Gx$ , donde  $x = (p, q)^T$ .

Puesto que los datos iniciales son mediciones únicas y no llevan asociada una medida de error, se asignará a cada una de ellas un error experimental  $\sigma$ , tal que el error cuadrático medio del ajuste de regresión sea  $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} |y - Gx|^2$ . Finalmente, la estimación de los errores de los parámetros se calcula, como es usual [4], a partir de la matriz de covarianzas de los errores experimentales,  $V_x = (G^T G)^{-1} \sigma_y^2$



**Figura 1:** Tasa de fluorescencia  $F'$  en función de la fluorescencia  $\phi$ , según la Eq. 1, para toda la célula (superior), citoplasma (centro) y núcleo (inferior). Los cuadrados corresponden a datos experimentales y la línea continua al ajuste de regresión. El modelo no explica la zona entre líneas verticales discontinuas.

El modelo propuesto sería básicamente aplicable a toda la célula y al núcleo, por encontrarse en situaciones parecidas: la proteína entra y la fluorescencia aumenta hasta llegar a la saturación. En cambio, el citoplasma podría no mostrar necesariamente una luminosidad creciente, pues su fluorescencia podría descender a medida que aumenta la del núcleo. Sin embargo, observamos que en muchos casos sí que es efectivamente posible usar el mismo modelo para aproximar los parámetros del citoplasma. En la Fig. 1 se muestran las rectas de regresión, de acuerdo con la Eq. 2.

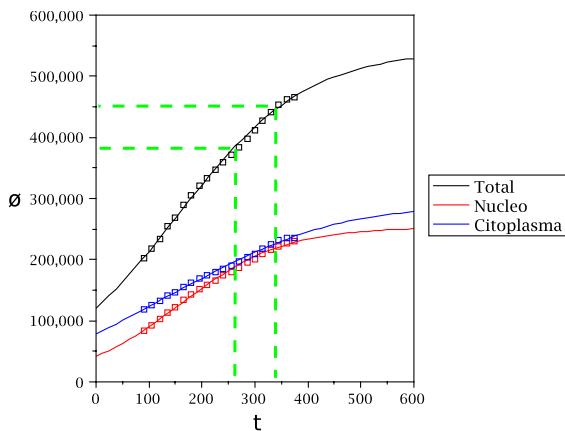
## DESAJUSTE

Aunque el modelo proporciona una primera aproximación al proceso estudiado, con una disminución progresiva de la tasa de fluorescencia a ritmo casi constante a medida que la luminosidad total va aumentando hasta saturarse, observamos, sin embargo, que los gráficos de la tasa de fluorescencia tienen una tendencia característica intercalada en la línea de regresión: en el recorrido descendente de la tasa de fluorescencia, hay un período de estabilidad del ritmo de fluorescencia, incluso con un ligero aumento de dicha tasa (Fig.1, entre las líneas verdes discontinuas). Ello podría ser debido a un proceso que no se realiza de forma totalmente diferenciable. Apuntamos las siguientes posibles causas:

**(a)** Irrupción brusca de la GFP en el citoplasma y en el núcleo, por debilitación o ruptura de sus membranas, lo cual produciría una tendencia a la estabilización, o aumento de la tasa de fluorescencia, en la parte posterior a la membrana.

**(b)** Obstrucción del paso de GFP por la membrana nuclear, lo cual produciría un aumento de la tasa de fluorescencia del citoplasma.

En la Fig. 2 se muestra la evolución temporal de la fluorescencia. Las curvas, para toda la célula (en negro) y para el núcleo (en rojo), son de tipo sigmoide, como corresponde a la solución de la Eq. 1. Para el citoplasma (en azul), obtenido como diferencia entre las anteriores, también se asemeja a una función sigmoide, aunque podría no ser así si los límites de fluorescencia entre el total y el núcleo fueran similares.



**Figura 2:** Evolución temporal de la fluorescencia, en negro para la célula completa, en rojo para el núcleo y en azul para el citoplasma. En todos los casos, los cuadrados corresponden a los datos experimentales, y las curvas, al modelo matemático.

A partir de las anteriores figuras podemos verificar si esta "anomalía" del modelo se produce, o no, simultáneamente en el citoplasma y en el núcleo. En la Fig. 1 marcamos las fluorescencias inicial y final de esta zona con la línea discontinua verde. Luego, en las curvas temporales de la Fig. 2, leemos los tiempos correspondientes a estas fluorescencias. Los límites de la región seleccionada son comunes para el núcleo, el citoplasma y la célula completa. La simultaneidad es muy evidente en el extremo de la derecha de la zona señalada, para todas las partes de la célula (Fig. 1). El inicio de la anomalía, en cambio, es el mismo para la célula completa y para el citoplasma, con un cambio brusco de comportamiento de la tasa de fluorescencia, pero se produce de forma mucho más suave en el núcleo.

## CONCLUSIÓN

En consecuencia, parece que la membrana nuclear retiene GFP en el citoplasma y, posteriormente, su ruptura reproduce una sobrefluorescencia similar en el núcleo. No obstante, mientras esto sucede en el núcleo, todavía hay un aumento de la tasa de fluorescencia en el citoplasma, en lugar de un descenso brusco, como sería lógico. Esto es posible explicarlo por una entrada súbita de GFP en el citoplasma, mayor que el flujo que sale hacia el núcleo. Es decir, por una ruptura o penetración súbita de la membrana del citoplasma.

La confirmación de esta hipótesis la proporciona el gráfico del comportamiento global de la célula (Fig. 1, Total), donde también se produce un sensible aumento de la tasa de fluorescencia durante este intervalo de tiempo.

Concluimos pues, que no sólo es útil la correcta modelización de un experimento, sino que, de un modelo que no se ajusta totalmente a los datos, también se pueden deducir resultados interesantes, precisamente porque nos proporciona información relevante sobre la desviación del patrón que se ha adoptado.

Vemos, también, que la modelización matemática es un buen pretexto para aplicar y revisar la mayor parte de los conocimientos adquiridos en otras asignaturas, en particular de matemáticas y, además, una forma eficaz de estimular el aprendizaje, dado que muestra la utilidad de lo que se estudia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Vázquez et al., *Nanomedicine* (Lond), 5(2):259-68, 2010.
- [2] M.W. Hirsch, S. Smale, *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. Academic Press, New York, 1974.
- [3] D. Kincaid, W. Cheney, *Numerical Analysis*. Brooks/Cole Publishing, Belmont, CA, 1991.
- [4] R. Barlow, *Statistics, a guide to the use of statistical methods in the physical sciences*. John Wiley & Sons, Chichester, 1989.

## AUTORES



**Rafael Cubarsi** es profesor titular del Departamento de Matemática Aplicada IV de la UPC (<http://www-ma4.upc.edu/~rcubarsi>). Desarrolla su actividad docente en la Escuela Superior de Telecomunicaciones de Barcelona. Es licenciado en Ciencias Matemáticas y Ciencias Físicas, y doctor en Astronomía. Sus principales áreas de investigación son los modelos matemáticos aplicados a la Dinámica Galáctica y a la Biotecnología.



**Esther Vázquez** es profesora asociada del Departamento de Genética y Microbiología de la UAB, donde desarrolla su actividad docente en el campo de la Virología. Es licenciada y doctora en Medicina y Cirugía. Sus principales áreas de investigación, dentro del campo de la Nanomedicina, son la terapia génica no vírica y la generación de biomateriales con aplicaciones en la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa.



**Antonio Villaverde** es doctor en Ciencias Biológicas y Catedrático de Microbiología de la UAB, director de grupo del Instituto de Biotecnología y Biomedicina y del Centro de Investigación en Red en Biomateriales, Bioingeniería y Nanomedicina del Instituto Carlos III. Ha publicado más de 150 trabajos de investigación en ámbitos de Biotecnología y de Biomedicina, y actualmente trabaja en el diseño de nanopartículas proteicas para terapia génica y celular. Es editor jefe de *Microbial Cell Factories*.

## NOTA INFORMATIVA:

El presente artículo forma parte de un estudio más general publicado recientemente en una de las revistas internacionales de más impacto en este área: *Biomaterials*.

Además, una de las fotografías del artículo ha sido seleccionada como una de las 12 mejores imágenes del año 2010 (link adjunto) :[http://www.elsevierscitech.com/pdfs/Biomaterials\\_2010.pdf](http://www.elsevierscitech.com/pdfs/Biomaterials_2010.pdf)

La referencia del artículo completo es:

Esther Vázquez, Rafael Cubarsi, Ugutz Unzueta, Mónica Roldán, Joan Domingo-Espín, Neus Ferrer-Miralles, Antonio Villaverde. Internalization and kinetics of nuclear migration of protein-only, arginine-rich nanoparticles. *Biomaterials*, 2010; 31 (35): 9333 DOI: 10.1016/j.biomaterials.2010.08.065

Y la prensa generalista también se ha hecho eco de este estudio:

<http://www.europapress.es/salud/investigacion-00669/noticia-investigadores-espanoles-logran-introducir-material-genetico-nucleo-celulas-20110110145202.html>

# Congreso Nacional de Ramas de Estudiantes

## UPM - Madrid 2011

El Congreso Nacional de Ramas de estudiantes del IEEE (CNR), es un evento anual que reúne durante unos días a representantes de las ramas de estudiantes del IEEE de toda España. El evento es organizado cada año por una rama de estudiantes distinta. Estas ramas de estudiantes se encuentran localizadas en las diferentes universidades de España, generalmente en facultades de ingeniería informática, electrónica, telecomunicaciones o relacionadas con estos ámbitos. El evento acoge cada año a unos 30 estudiantes que acuden en representación de sus ramas.



El objetivo del CNR es conectar y conocer a las distintas ramas de estudiantes, así como hablar sobre sus logros y problemas para que el resto de las ramas puedan aprender de éstos. Este año, el CNR ha tenido lugar en Madrid, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM.

El congreso empezó el miércoles 9 de marzo a las 20h. En la cena, los participantes empezaron a explicarse qué proyectos habían llevado a cabo en sus ramas de estudiantes, cuáles eran sus intereses e ideas personales, etc. Descubrimos que muchas ramas habían organizado cursos de seguridad o antenas wifi y proyectos con arduino.

Durante el congreso tuvo lugar la reunión de la Sección España del IEEE, donde los miembros de la Junta Directiva de la Sección compartieron una sesión con las ramas de estudiantes. En dicha reunión, entre otras cosas, se eligió al nuevo SSR (Section Student Representative). Por ello, al acabar la charla de redes neuronales decidimos reunirnos rápidamente para proponer a un candidato a SSR: Jose Ángel Mateo, de la UNED de Zaragoza.

La comida se realizó en la propia universidad junto a los miembros de la Junta Directiva de la Sección Española del IEEE, con quienes tuvimos una larga reunión toda la tarde. Fue un buen momento para conocer qué se está llevando a cabo a nivel nacional por encima de las ramas de estudiantes y para poner al corriente a la Sección de nuestros proyectos y actividades. Quedó fijado que la próxima reunión de la Sección España sería en octubre en la ciudad de Barcelona en nuestra Escuela. Se aprovechará para celebrar el IEEEday (7 de octubre) y realizar un acto de bienvenida a los recién graduados (GOLD). La reunión se alargó hasta la hora de la cena.

Al día siguiente nos reunimos las ramas de estudiantes otra vez en la ETSIT-UPM para comentar varios temas. Primero, los proyectos que habíamos llevado a cabo y cuáles queríamos organizar. A continuación vimos la nueva web común de las ramas de estudiantes, así como para los chapters y la Sección España. En ella, hay un foro y una intranet para que podamos estar al corriente de todo lo que se está haciendo. La web se puede visitar en <http://ieeespainserver.etsit.upm.es>.

Por último, y antes de concluir el CNR, se eligió sede del próximo congreso. El CNR 2012 tendrá lugar en Barcelona, en la ETSETB (UPC), hacia mediados de marzo. Es una buena oportunidad para seguir promoviendo y que las ramas de estudiantes de todo el país conozcan a fondo nuestra escuela y nuestra ciudad.

# Convertidor alterna continua de verdadero valor eficaz simulado con LabVIEW

Lluís Matas Nadal.

Departament d'Enginyeria Electrònica, Universitat Politècnica de Catalunya

## RESUMEN

En el siguiente artículo se describe un convertidor alterna continua de verdadero valor eficaz simulado con LabVIEW.

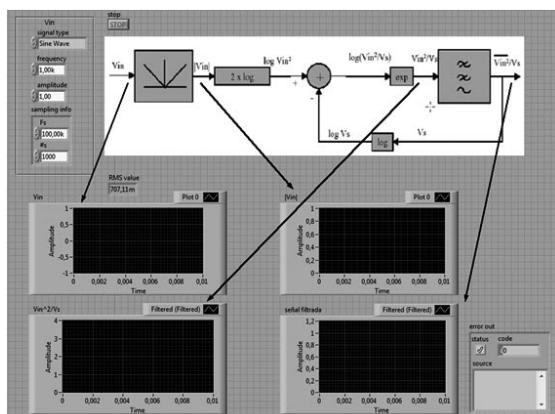
## INTRODUCCIÓN

El LabVIEW es un entorno de desarrollo, que permite crear aplicaciones para sistemas de medida, pruebas y control mediante elementos gráficos. Las aplicaciones desarrolladas con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o Vis.

El Convertidor de Verdadero Valor Eficaz de una señal alterna es aquel convertidor que da el valor de tensión o corriente alterna que produce la misma dissipación de potencia sobre una determinada resistencia, que la producida por una tensión o corriente continua de igual valor numérico.

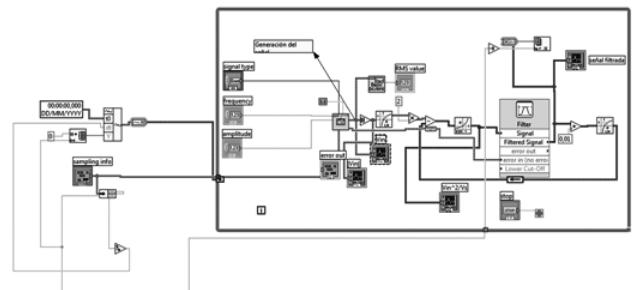
## SIMULACIÓN DEL CONVERTIDOR EN LabVIEW

Las aplicaciones desarrolladas en LabVIEW están compuestas por dos partes separadas pero relacionadas entre sí, el panel frontal y el diagrama de bloques. La siguiente captura de pantalla muestra el panel frontal para el caso del convertidor.

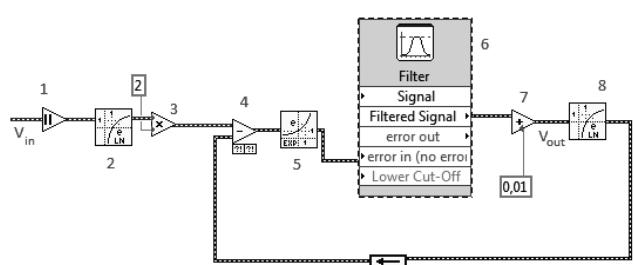


El panel frontal es la interficie gráfica que tendrá el VI, para poder interactuar con el usuario. En este se sitúan los botones, gráficas y otros controles e indicadores. En nuestro caso, la pantalla se ha dividido en dos partes: La parte superior y la inferior. La superior contiene los controles del VI junto con un esquema del diagrama de bloques del convertidor. En la inferior se han situado las gráficas que muestran las salidas de algunas etapas del dispositivo y un indicador gráfico del estado del VI.

Por otra parte, el diagrama de bloques representa el código fuente del VI. Este está formado por diferentes elementos, cada uno de ellos con una función determinada.



Seguidamente describiremos los elementos encargadas de realizar la conversión. Estos se muestran en la siguiente captura.



A la salida del primer elemento tenemos el valor absoluto de la señal alterna,  $V_{in}$ . En el segundo elemento, se realiza el logaritmo (2), después se

multiplica por dos (3), obteniendo  $\log(V_{in})^2$ . En el punto cuatro, a la señal se le resta  $\log(V_{out})$  mediante la realimentación, seguidamente se le eleva exponencialmente, lo cual nos queda  $V_{in}^2 / V_{out}$ , para más tarde ser filtrada mediante un filtro paso bajo (6) y obtener  $V_{out} = (V_{in}^2) / V_{out}$ , que hace la media de la señal de entrada.

Este cuatrimestre, junto con el profesor Manuel Vargas Drechsler, pretendemos crear un grupo de trabajo. Este tendrá como propósito ampliar el material docente de la asignatura de instrumentación electrónica, mediante la elaboración de nuevas prácticas opcionales, la simulación de nuevas aplicaciones con LabVIEW y el diseño de circuitos electrónicos.

Este convertidor alterna-continua forma parte de los Vis que se usan en los trabajos opcionales de la asignatura de instrumentación electrónica. Estos sirven al alumno para acabar de madurar los conceptos estudiados en la realización de la práctica.

Todo el material que se elabore dentro del grupo de trabajo quedará bajo las correspondientes licencias de GNU ([www.es.gnu.org](http://www.es.gnu.org)), a fin de que otros estudiantes o profesores puedan utilizarlos y modificarlos libremente sin ningún tipo de coste económico.



Si estás interesado en formar parte del proyecto o simplemente quieres recibir más información acerca de este, escríbeme en [imat9390@gmail.com](mailto:imat9390@gmail.com)

## AUTORES



Lluís Matas Nadal es estudiante de Telecomunicaciones en la ETSETB, está realizando su proyecto final de carrera en el área de instrumentación electrónica.

# HOMBRES ESCONDIDOS EN FÓRMULAS



## LAS BROMAS DE BOURBAKI

Miquel Escudero

Departament de Matemàtica Aplicada IV  
E-mail: escudero@ma4.upc.edu

¿ALGUIEN sabe quién fue Bourbaki? *Pas du tout*. Os lo explicaré por encima. Durante el siglo XIX hubo un general francés, nacido en Pau, que se llamaba Charles Bourbaki. Su padre había sido guía de Bonaparte, el primer Napoleón, en su expedición a Egipto (donde también participaron Fourier, Monge y Champollion, el de la piedra Roseta). Era de origen griego y rechazó en 1862 el trono de Grecia que se le había ofrecido tras ser depuesto el austriaco Odón I, a quien le acabó sucediendo el danés Jorge I. Resulta que Bourbaki es un nombre célebre en el mundo de las matemáticas, a partir del siglo XX. Detrás de todo esto hay una historia curiosa, divertida y delirante.

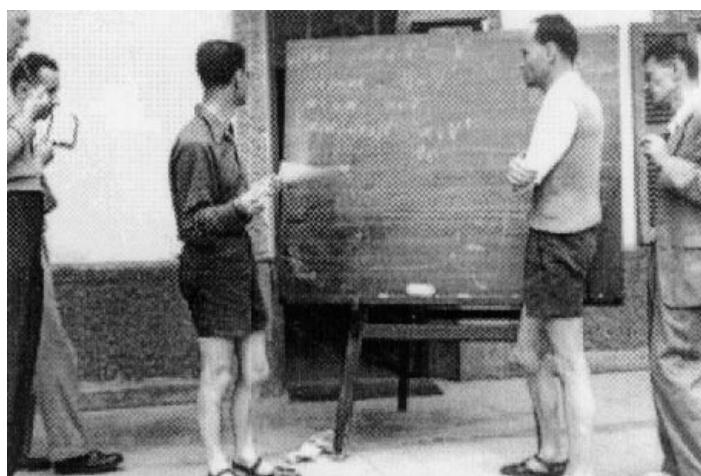
En 1923, en los felices años veinte, el estudiante Raoul Husson (que más tarde revolucionaría el saber del mecanismo del canto, a partir de la función de la laringe) ideó una novatada en la Escuela Normal de París. Entró con una barba postiza en una aula del primer curso y escribió en la pizarra el enunciado del ‘teorema de Bourbaki’ pidiendo su demostración. Hace unos 75 años que en el ‘Café Grill-Sala A. Capoulade’, en el Boulevard Saint-Michel, 63 -delante de los Jardines de Luxemburgo- se constituyó (justamente, el 10 de diciembre de 1934) el grupo Bourbaki (aquel café es ahora un restaurante de ‘fast food’, explica Amir Aczel en su libro ‘El artista y el matemático’). Estaba

formado, al principio, por media docena de jóvenes matemáticos innovadores, encabezados por André Weil (hermano mayor de la intelectual Simone Weil). Él sugirió a un colega hindú, amigo suyo, que hiciera un artículo sobre la obra imaginaria de un matemático llamado Bourbaki, miembro de la Academia de Ciencias de Poldevia (un país inexistente que inevitablemente me lleva a recordar a Sylvania, el país que los ‘Hermanos Marx’ popularizaron en su película ‘Sopa de ganso’. ¿La habéis visto? Os la recomiendo de verdad).

Así surgió un matemático ‘poldevo’ ficticio llamado Nicolas Bourbaki. En el verano de 1936 debían tener una reunión en El Escorial, lugar que deslumbró especialmente a André Weil, un enamorado de España. Cuando tenía veintiocho años hizo una estancia de dos meses en nuestro país, y visitó, con especial emoción, Toledo y Santo Domingo de Silos.

Volvió por Semana Santa del año 1936 y conoció Andalucía. En ‘Souvenirs d'apprentissage’, memorias de aprendizaje, calificó el monasterio de El Escorial como “esta escultura recortada contra el azul de un cielo inmaculado”. Así que eligió aquel lugar para organizar

un congreso de los amigos Bourbaki aquel verano del 36. Se había de celebrar en un instituto próximo al monasterio, que acogiese huéspedes universitarios durante las vacaciones. “Pero el hombre propone, y



Dios dispone”.. Hubo aquí un golpe de Estado que desembocó en bestial guerra civil. La reunión se llevó a término, pero en el valle del Loire y, fieles a su magia, optaron por denominarla, a pesar de todo, Encuentro de El Escorial, y así consta.

Esta reunión originó, entre otras cosas, el signo del conjunto vacío. Fue una propuesta de Weil, quien, conocedor del alfabeto noruego, eligió el símbolo. Bajo el concepto de estructura axiomática, nació la que, de forma abusiva, se llamaría matemática moderna, basada en la teoría de conjuntos. Fue el resultado de una ‘sociedad semi secreta’, jocosa y sesuda. Cabe destacar la originalidad y el esfuerzo de estos inquietos matemáticos por escribir demostraciones rigorosas, en sucesión y de manera que para ir de un paso a otro fuese necesario el ideal griego del “asentimiento universal”. Han ejercido una gran influencia en el mundo matemático con respecto al método axiomático y a establecer un canon de rigor. Entre pitos y flautas, cabría aprender de sus mejores lecciones.

Firmados por Nicolas Bourbaki, propietario de los derechos de autor, han aparecido numerosos volúmenes, redactados como textos de las clases universitarias que daban. Este pseudónimo ocultaba la colaboración de gente como: Cartan, Chevalley, Delsarte, Dieudonné y el propio Weil, entre otros escritores de matemáticas de primera fila. Otros nombres que fueron Bourbaki en diversos momentos son Serre, Samuel, Borel, Cartier, Godement, Laurent Schwartz, Grothendieck y no sólo ellos.

Yo haría una mención especial de los ‘Elementos de historia de las matemáticas’; que, de hecho, es el único libro de esta banda matemática que he leído.

Weil se ha referido a los ocasionales estados de exaltación lúcida, en los cuales las ideas se encadenan como por milagro, y se producen hermosos teoremas, se establecen fórmulas o bien se resuelven problemas que han tenido que sedimentar durante años. “En muchos aspectos –escribe en ‘Souvenirs d'apprentissage’- la memoria se parece a una cala llena de fotografías viejas o de fragmentos de películas, a veces medio borrosas, que cuesta trabajo volver a clasificar en orden cronológico; a pesar de ello uno se equivoca con frecuencia”. Y, no obstante, seguimos adelante. Contra viento y marea.

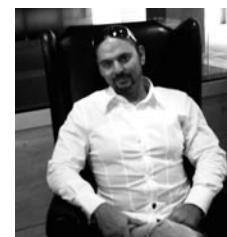
## AUTORES



Miguel Escudero Royo es profesor titular de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona, adscrito al Departamento de Matemática Aplicada IV de la Universidad Politécnica de Cataluña. También es Doctor en Filosofía y Letras y ha escrito artículos de opinión en publicaciones como "Cuenta y Razón", el diario "La Vanguardia" o "Buran".

# ENTREVISTA: Daniel Estulin

Miquel Escudero Oct 2007



*Es ruso y periodista de investigación. Uno de sus abuelos fue coronel del contraespionaje del KGB. Cuando fue entrevistado acababa de publicar "Los señores de las sombras" (Planeta)*

Después de cuatro años de trabajo el autor de 'La verdadera historia del Club Bilderberger', un superventas, publica un informe sobre 'el tejido de intereses ocultos que decide el destino del mundo'. En él trata de la red de Gobiernos y servicios de espionaje que dirigen en secreto el tráfico de drogas y el terrorismo internacional. Estulin, vehemente y locuaz, habla un excelente español. Dice que no tiene televisión, ni tampoco deudas.

**¿Coincide usted con Michael Moore cuando insinúa que el Gobierno de los EE. UU. estuvo implicado en los atentados del 11 de septiembre?**

Detrás de todo lo que está pasando en el mundo está la crisis energética como hilo conductor. En este libro describo un patrón que vincula terrorismo internacional, negocio de la droga, tráfico de armas y diamantes, Sudán, Darfur. No es una casualidad. Sin energía, sobre todo el petróleo, no hay control del dinero, no hay vida. Coincidí sí, pero Moore es otro elemento del sistema.

**Coménteme esta frase suya 'La CIA es Wall Street. Wall Street es la CIA'**

Todos los jefes de la CIA provienen de las grandes empresas. El dinero de la droga es el flujo de la economía mundial. Mueve al año del orden de 700.000 millones de dólares, libres de impuestos. Para que la economía mundial pueda sostenerse el negocio de la droga es absolutamente imprescindible. No está en las manos de un sucio talibán, sino en las de la gente más poderosa y rica.

**El dinero se rige por sus propias reglas...**

Claro, los talibanes al tomar el poder en Afganistán eliminaron la cosecha del opio y de un plumazo sacaron de la economía mundial 60.000 millones de dólares en dinero efectivo; ocho meses más tarde, lo que tarda ese dinero en incorporarse al sistema, la bolsa de Nueva York se hundió. Hoy, Afganistán está en manos de la

Fotografía: Mònica Villagrasa

OTAN y el 92 por ciento del opio viene de ese país, no es una coincidencia que la bolsa de Wall Street esté por las nubes. No se puede eliminar la droga ni liberalizarla, supondría un desplome mundial financiero.

**Vd. trata el colapso de la economía rusa en 1998: más de 11 millones de rusos en el paro y una caída del 90 por ciento de los precios de la bolsa. Háblenos del despojo de bienes de la Unión Soviética.**

Yeltsin hundió todo el país y estableció la mafiacracia. Los oligarcas son fáciles de controlar porque sólo les gusta el dinero. El propio Abramovich, propietario del Chelsea, compró a Yeltsin (y yo he dado su número de cuenta). Siendo ruso, me siento un poco copropietario del Chelsea. Putin es mostrado como 'malo', por haberse negado a renunciar a lo nuestro; si yo te robo tu energía, vivo yo y mueres tú. A fin de cuentas, el mundo se apoya en tres patas: Los Gobiernos (que son los que menos mandan); las empresas transnacionales; y los mafiosos, grupos criminales, agentes dobles y triples (tan poderosos que llegaron a derrocar gobiernos como el de Georgia).

**"La CIA es Wall Street.  
Wall Street es la CIA"**

**Nada es lo que parece, afirma usted. ¿Qué me cuenta de las teorías de la conspiración?**

Hay que entender cómo funciona el dinero. No se trata de hechos aislados. Hay que encontrar el hombre de detrás de la cortina, como en El Mago de Oz, para descubrir el complot. Del 11-M sé cómo lo han hecho todo. El mayor traficante de armas de todos los tiempos, Victor Bout, suministra armas a talibanes y Al Qaeda, y también es subcontratista del Gobierno norteamericano. De la misma forma que la Hermandad Musulmana, pieza clave, está involucrada tanto en el 11-S como en el 11-M. Ahora bien, esta organización está financiada desde los años 70 por la CIA. Aquí tengo que ir con cuidado, hay cosas que tengo prohibido contar porque si no me matarán. El 11-M no se explica sin unos servicios de espionaje de varios países orientales y occidentales financiando unos el terrorismo islamista y otros el terrorismo nacional. No estaban vinculados entre sí, pero los dos estaban metidos y protegidos.

# EuCAP 2010: Not Raking Over the Ashes

L. Jofre, M. Sierra, J. Romeu and G. Roqueta,

And the EuCAP'2010 Local Organizing Committee

UPC Barcelona and UPM Madrid, Spain

E-mail: romeu@tsc.upc.edu

On April 15, 2010, an unusual natural phenomenon turned the world upside down. The Icelandic volcano Eyjafjallajokull, dormant for 200 years, started to erupt, melting ice and ending ashes into the high atmosphere. This huge mass of ash forced the cancellation of many flights and disrupted air traffic across northern Europe, stranding thousands of passengers, and provoking one of the worst airspace crises ever.

The airport of Barcelona, Spain, like most European airports, could not escape from this closure, and many tourists and businessmen were stuck for some days at the Catalan metropolis. "When life gives you lemons, make lemonade" said someone. This was the thought of many delegates of the fourth edition of the European Conference on Antennas and Propagation, which took place from April 12-16, 2010, at the Barcelona International Convention Center (CCIB). Many of them decided to take some extra days to visit the city. Others, less lucky, rediscovered the old days of slow traveling, and with wise combinations of bus, train, and boats were able to travel to as far as Helsinki, Finland. However, all will remember EuCAP'2010 not only for its unusual ending, but mainly for the quality and demonstrated success of the conference.

The success of EuCAP'2010 exceeded all expectations. 1150 abstracts were submitted and reviewed by the 300 members of the Technical Program Committee, resulting in around 900 accepted papers. Nearly 1100 delegates attended the conference, where they found 18 invited speakers, nine IEEE Distinguished Lecturers, and more than 40 exhibitors. In addition, six workshops and 10 short courses were carried out during the conference. All these impressive figures made EuCAP'2010 the most outstanding antennas and propagation event ever in Europe. Especially worth mentioning was the huge exhibition, doubtless the biggest

antennas and propagation exhibition in the world, which forced the conference to almost double the initially allocated space (Fig. 1).

This success was due to the many people who gave their time and effort to the conference organization. We would like to thank here all the members of the EuCAP Steering Committee, chaired by Prof. Juan R. Mosig (EPFL-Switzerland), who provided their expertise and guidance. Also invaluable was the assistance of all the members of the Organizing Committee. Last but not least, the generous and unconditional support of the students from the organizing universities (Barcelona, Madrid, and EPFL Switzerland) was enormously appreciated.



Fig. 1 The European Space Agency stand at the exhibition.



Fig. 2 World-famous architect A. Gaudi between the two conference co-Chairs, Profs. Manuel Sierra and Lluis Jofre.



Fig. 3 Juan R. Mosig (EurAAP/EuCAP) reminding the audience of the connection between J.C. Maxwell and the Organizing Committee.

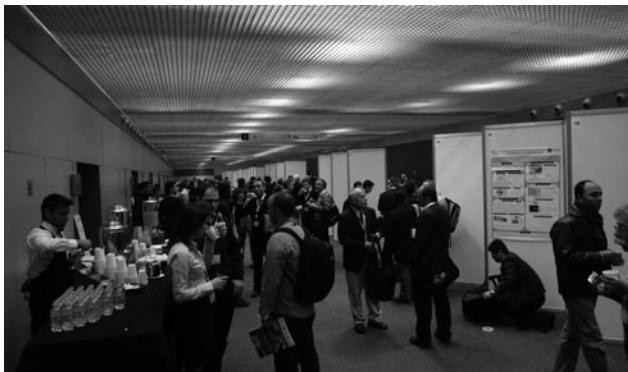


Fig. 4 Poster sessions at EuCAP'2010.



Fig. 5 EuCAP attendees record one of the human towers created by the Castellers.



Fig. 6 Lucky owners of a ticket for the conference dinner.



Fig. 7 The conference dinner venue before dancing time.



Fig. 8 The conference dinner venue during the dancing time.

EuCAP'2010 opened with an opening address by Prof. Jofre, co-Chair of the conference, which included a short but intense reference to Barcelona's cultural riches (Fig. 2). This was followed by a few words from the EurAAP General Chair, Juan R. Mosig, who linked the activities of the EuCAP'2010 Organizing Committee to the Maxwellian verses (Fig. 3):

*Let me wake, and see my duty lie before me straight and plain.  
Let me rise refreshed, and ready to begin my work again.*

(James Clerk Maxwell, Recollections of a Dreamland)

The Monday morning session then followed, with the first keynote address on "European Research New Trends," given by Prof. Andreu Mas-Colell, Secretary General of the European Research Council. The second keynote address was given by Prof. Nick Alexopoulos, former Dean of the Henry Samueli Engineering School at University of Irvine, California. His talk presented a personal and well-informed view of university-industry relations in the area of antenna research.

The technical program was organized in 12 parallel oral sessions in the mornings, well balanced between antennas and propagation, as well as between convened and unsolicited papers. Every afternoon included a couple of invited sessions delivered by renowned speakers, accompanied in parallel by two sets of poster sessions (a maximum of 50 posters simultaneously), covering a large variety of themes (Fig. 4).

The social program opened a welcome reception with an exhibition of the typical Catalan human towers, called "Castellers" (Fig. 5). It also included the opportunity to visit "Camp Nou," the largest stadium in Europe (98,787 places), to watch a match of FC Barcelona, the most successful soccer team of the last years. Finally, the conference gala dinner (Fig. 6) not only included the awards ceremony for best papers, but also a live Cuban salsa-dancing session that got both young and old shaking their bones (Fig. 7 and Fig. 8).

We were happy to have Prof. Constantine A. Balanis (Arizona State University) among the invited speakers. Prof. Balanis was pretty impressed by our conference, and accepted a request to write an "American" view of it. In the next section, he surveys a series of interesting topics and statistics (organization, venue, exhibition, age and gender of delegates, participating countries), and provides also some more personal feelings.

# Sintonización automática de filtros de microondas mediante motores a pasos

Josep Benet-Freissinier

Universitat Politècnica de Catalunya, ETSETB, España.

e-mail: josepbenet84@gmail.com

Ignacio Llamas-Garro

Centre Tecnològic de Telecomunicacions

de Catalunya, España.

e-mail: llamasig@ieee.org

Zabdiel Brito-Brito

Instituto Politécnico Nacional, ESIME, México.

e-mail: zabdiel.brito@ieee.org

Rosa M. Fernández-Cantí

Universitat Politècnica de Catalunya, Dept. TSC, España.

e-mail: rfernandez@tsc.upc.edu

**Abstract - Este artículo describe un sistema para sintonizar filtros de microondas de manera automática. Se presentan los resultados obtenidos de la sintonización automática de un resonador de microondas mediante un sistema diseñado específicamente para tal propósito. Este sistema es extrapolable a filtros de microondas que requieren múltiples tornillos de sintonización. El sistema diseñado se encarga de pedir al usuario los datos necesarios, procesar las medidas realizadas y finalmente hacer girar un motor a pasos para conseguir el ajuste deseado de frecuencia de resonancia. El tornillo de sintonización está unido al motor a pasos, y al girar el motor se hace variar la frecuencia del resonador. Dependiendo del paso del motor se podrá conseguir mayor precisión en el ajuste, pero lo que se mejora sustancialmente es el tiempo invertido en la sintonía y la velocidad a la que se puede cambiar la respuesta del dispositivo.**

**Keywords:** sintonización automática, autoajuste, motor a pasos, filtro microondas, resonador microondas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de componentes de microondas inteligentes capaces de ajustar sus parámetros de operación automáticamente es cada vez mayor. Ejemplo de ello son los filtros reconfigurables capaces de ajustar sus parámetros para diversas aplicaciones móviles terrestres o satelitales. Otro ejemplo son los filtros que pueden adaptarse a pequeños desajustes de la frecuencia central causados principalmente por tolerancias de fabricación y cambios climáticos.

Los filtros reconfigurables de microondas pueden dividirse en dos grupos, filtros con sintonía discreta y filtros con sintonía continua [1]. Los filtros que presentan sintonía discreta generalmente usan diodos PIN [2] o interruptores MEMS [3]. Mientras que los filtros con sintonía continua usan diodos varactores [4], varactores MEMS [5], materiales ferro-eléctricos [6] o materiales ferro-magnéticos [7]. Algunas topologías pueden mezclar sintonía discreta y continua [8].

En este artículo se presenta el diseño e implementación de un sistema que realiza la sintonización automática de un resonador de microondas. Este sistema integra un circuito que controla un motor a pasos encargado de mover el tornillo metálico de sintonización de la frecuencia central del resonador de microondas. Los tornillos de ajuste se usan frecuentemente para compensar tolerancias de fabricación, en donde los tornillos son girados manualmente mientras se monitorea la respuesta medida.

Para diversas aplicaciones, las bandas de transmisión y recepción son cada vez más estrechas y esto hace que el ajuste de las mismas se convierta en una parte importante a tener en cuenta en todo sistema de transmisión/recepción. La versatilidad que puede ofrecer un dispositivo capaz de autoajustar sus características es de gran interés sobre todo para dispositivos capaces de procesar diversas aplicaciones.

Los filtros de microondas tienen múltiples tornillos de sintonía utilizados para ajustar la respuesta del dispositivo. Este artículo demuestra un sistema capaz de ajustar la frecuencia central de un resonador de



microondas de forma totalmente autónoma, y los resultados obtenidos permiten escalar el dispositivo presentado para incluir más de un resonador en el futuro.

A continuación se expone la solución implementada capaz de actuar sobre tornillos de sintonización mediante motores a pasos y que permitan el ajuste de la frecuencia de resonancia de un dispositivo de microondas [9].

## 2. AJUSTE AUTOMÁTICO DE LOS TORNILLOS DE SINTONÍA DE UN FILTRO DE MICROONDAS

Algunos dispositivos de microondas como filtros y resonadores disponen de tornillos de sintonización que actúan sobre distintos parámetros, como por ejemplo la frecuencia central, el ancho de banda o la selectividad [1]. Actuando sobre cada uno de estos tornillos se consigue modificar el valor del parámetro que ajustan y permitir una correcta configuración del dispositivo según la aplicación.

Tradicionalmente el ajuste de estos tornillos y por lo tanto de los parámetros, se realiza manualmente con un destornillador y un analizador de redes que permite medir los parámetros S del dispositivo bajo prueba.

Este tipo de sintonización manual de tornillos requiere mucho tiempo y gran precisión por parte del personal técnico que los ajusta. La metodología y técnica expuesta en este artículo permite el ajuste automático de los filtros de microondas mediante la introducción de parámetros en un *software* [9].

La Fig. 1 ilustra la respuesta de un filtro de microondas de cuatro resonadores. El ajuste de la frecuencia central del filtro se realiza mediante la sintonía de la frecuencia central de cada resonador. Para obtener una respuesta óptima, los resonadores deben ser sintonizados a la misma frecuencia resonante (deben ser sintonizados individualmente a la frecuencia central del filtro: 8,5 GHz). La interacción entre los resonadores por medio de acoplos electromagnéticos crea las cuatro resonancias ilustradas en la Fig. 1.

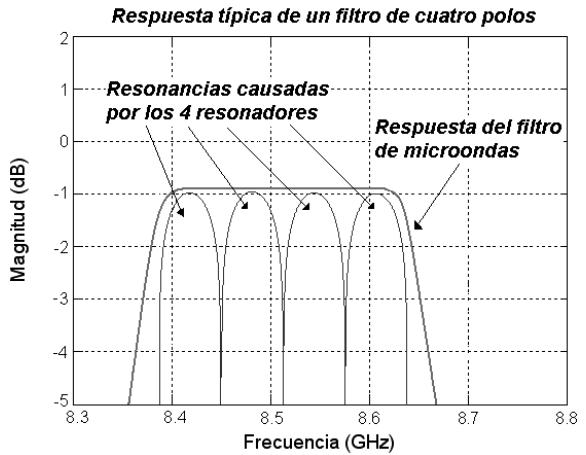


Fig. 1: Respuesta de un filtro de microondas compuesto de cuatro resonadores.

El objetivo a conseguir mediante este sistema es el ajuste de la frecuencia central de un resonador de microondas de forma totalmente autónoma y automática. Para conseguir tal fin y actuar sobre los tornillos de ajuste, se utilizan motores a pasos ya que son baratos y actualmente ofrecen pasos inferiores a los 1,8° por paso. Las medidas se realizan con un analizador de redes vectorial, y el control de ajuste se realiza en un *software* desarrollado específicamente [9] y ubicado en un ordenador externo.

El sistema implementado actúa de la siguiente forma: el *software* de control recibe los valores medidos por el analizador de redes mediante un bus de comunicación y los procesa para calcular el valor de la frecuencia de resonancia del circuito. Una vez analizado el parámetro, se toma la decisión de enroscar o desenroscar el tornillo para lograr el valor de frecuencia de resonancia deseado. Pero antes de actuar sobre el motor que acabará haciendo girar ese tornillo, se precisa de una circuitería externa a modo de *driver* que proporcione las corrientes necesarias a las fases del motor. Para comunicar este *driver* con el *software* de control, se incluye un *firmware* ubicado en un microcontrolador que se comunica con el *software* de control y gestiona los giros de los diferentes motores [9].

En la Fig. 2 se muestran las conexiones entre los diferentes elementos que componen el sistema implementado y los cableados necesarios para la sintonización de un filtro de microondas compuesto de varios resonadores.

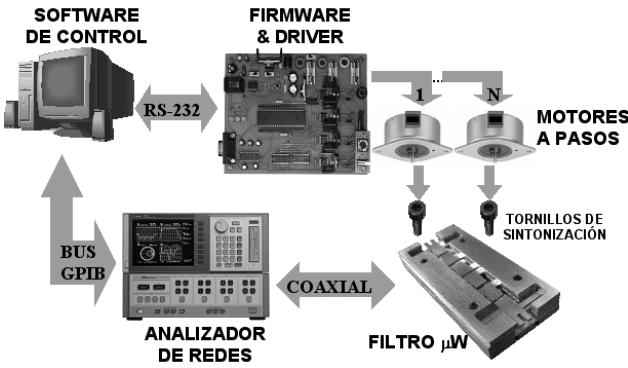


Fig. 2: Sistema diseñado para la sintonía automática de un filtro de microondas.

### 3. SINTONIZACIÓN AUTOMÁTICA DE UN RESONADOR DE MICROONDAS

Siguiendo el esquema mostrado en la Fig. 2, se ha desarrollado un sistema capaz de sintonizar automáticamente la frecuencia central o resonante de un resonador de microondas en la banda de 6 GHz a 9 GHz. El dispositivo elegido para la realización práctica es un resonador coaxial de un cuarto de longitud de onda realizado en cobre que permite variar su frecuencia de resonancia mediante un tornillo de sintonización ubicado encima del resonador (véase Fig. 3). Variando la profundidad de penetración se consigue modificar la frecuencia de resonancia.

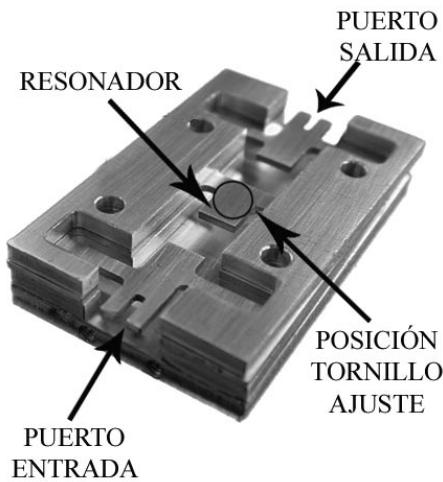


Fig. 3: Vista interior del resonador sintonizable entre 6 GHz y 9 GHz.

Este resonador permite estudiar de forma inequívoca la variación de frecuencia central debido al giro del tornillo de sintonización, que a su vez es actuado por el motor a pasos siguiendo las órdenes del *software* de control. En la Fig. 4 se muestra la respuesta del resonador a la frecuencia de 7,125 GHz.

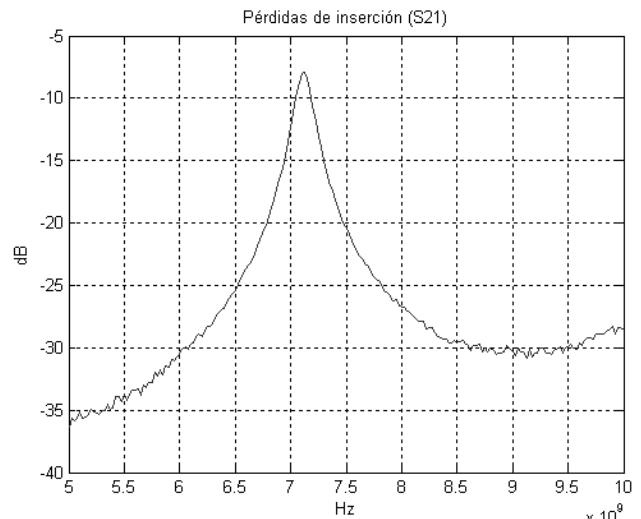


Fig. 4: Pérdidas de inserción del resonador a la frecuencia de 7,125 GHz.

El *software* de control que gestiona la sintonización automática del resonador se ha desarrollado en Matlab™ y se encarga de recibir las medidas de los parámetros S del analizador de redes por bus GPIB y enviar las órdenes de giro al *firmware* mediante el puerto serie [9].

El *software* de control tiene las siguientes funcionalidades:

- Petición al usuario de los datos necesarios: frecuencia a sintonizar el resonador, dirección GPIB del analizador de redes, rango frecuencial de la medida, número de puntos de la medida y directorio para guardar los resultados.
- Obtención de la medida  $S_{21}$  del analizador de redes vía bus GPIB.
- Cálculo de la frecuencia central.
- Decisión de subir o bajar de frecuencia para sintonizar el dispositivo o detener la sintonización si se ha alcanzado la frecuencia deseada y mostrar los resultados.
- Envío de órdenes al *firmware* para actuar sobre el motor.
- Esperar la confirmación del *firmware* de que el giro se ha realizado correctamente.
- Gestión de errores.

Este bucle de obtención de la medida, cálculo de la frecuencia central, toma de decisión y envío de órdenes al *firmware* se repite hasta conseguir sintonizar el dispositivo a la frecuencia deseada por el usuario o cometer el mínimo error posible teniendo en cuenta la respuesta frecuencial del dispositivo y el mínimo paso del motor.

El *firmware*, que recibe las órdenes del *software* de control, está ubicado en un microcontrolador que habilita la activación de sus pins en función de las órdenes recibidas. Esta activación de los pins hará que unos transistores de potencia suministren la corriente necesaria a las fases del motor y realizar el giro.

En la placa de circuito impreso diseñada para tal propósito también existen otras circuiterías auxiliares que aportan versatilidad y autonomía al proyecto, como por ejemplo el circuito programador ICD2 para el microcontrolador, una tensión regulable o unos pulsadores de paro a modo de emergencia [9].

Para ajustar el tornillo de sintonización del resonador con el eje del motor, se tuvo que diseñar un anclaje estándar para poder adaptar diferentes tipos de punteras al motor y poder abarcar un mayor número de dispositivos. También se diseñó una estructura de soporte que sostiene el motor encima del resonador mediante unos muelles y permite el ajuste entre ambos.

#### 4. RESULTADOS

Mediante el sistema diseñado se ha conseguido sintonizar el resonador de forma totalmente automática y precisa. Se realizaron diferentes sintonizaciones tanto ascendentes como descendentes de frecuencia y siempre se consiguió sintonizar el resonador a la frecuencia deseada o lo más próxima a ella posible con el menor error que permite el sistema.

El sistema permite obtener el máximo rango de sintonía del resonador y hacer un barrido de todo el rango de frecuencias sintonizables para obtener la gráfica que muestra la evolución de la frecuencia central en cada paso (véase Fig. 5).

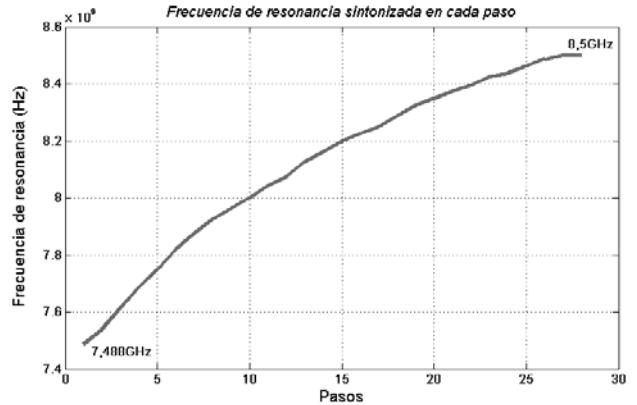


Fig. 5: Rango de frecuencias sintonizables por el resonador utilizado en la implementación práctica del sistema.

La gráfica anterior es útil para determinar el paso del motor necesario, ya que si la variación de frecuencia es muy grande en un rango determinado, se precisa de un paso motor pequeño para sintonizar con precisión una frecuencia dentro de este mismo rango. Sin embargo, si el incremento de frecuencia es menor, un paso pequeño del motor ralentizará el proceso de sintonización ya que en muchas ocasiones no se percibirá incremento de frecuencia entre pasos consecutivos.

En la Fig. 6 se puede ver el resultado de la sintonización automática del resonador a 8,5 GHz partiendo de una frecuencia aleatoria de 7,488 GHz. Esta frecuencia de 8,5 GHz se corresponde con la frecuencia central de un filtro de cuatro resonadores ilustrada en la Fig. 1, y por lo tanto, el estudio de la sintonización de un resonador a esta frecuencia facilitará en un futuro la sintonización del filtro con cuatro resonadores.

La Fig. 6 muestra la evolución de la frecuencia de resonancia del resonador en los diferentes pasos realizados durante la sintonización automática.

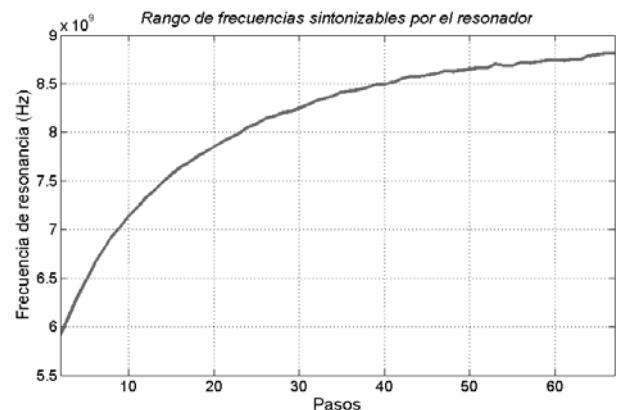


Fig. 6: Sintonización automática del resonador a 8,5 GHz partiendo de una frecuencia aleatoria de 7,488 GHz.

Como puede observarse, el sistema interpreta correctamente las medidas realizadas en el analizador de redes y toma la decisión de subir de frecuencia e ir aproximándose a la frecuencia de 8,5 GHz. En todo momento se distingue el incremento de la traza aunque en algunos pasos más que en otros. Este fenómeno se debe a la variación no lineal de frecuencia que posee el resonador, característica intrínseca e invariable del dispositivo una vez insertado el tornillo de sintonización.

A la vista de los resultados obtenidos se puede llegar a la conclusión de que existe un compromiso entre la precisión de la medida de frecuencia de resonancia por parte del analizador de redes, la característica frecuencial del dispositivo bajo estudio y el paso del motor utilizado.

Para una correcta sintonización del dispositivo se debe tener en primer lugar la suficiente precisión en el analizador de redes para medir la frecuencia a sintonizar de manera correcta. Pero la precisión del analizador de redes depende del rango de frecuencias a medir y el número de puntos dentro de este rango. Si se hace fijo el rango de medida porque se desea visualizar todo el rango de frecuencias sintonizables por el dispositivo, solamente queda modificar el número de puntos de la medida para aumentar la precisión. Este número de puntos influye en el tiempo que toma el analizador de redes para realizar la medida.

Una vez establecida la precisión de la medida, debe estudiarse el incremento de frecuencia entre pasos consecutivos en un entorno próximo a la frecuencia a sintonizar. El incremento de frecuencia entre pasos consecutivos debe ser menor o igual a la precisión establecida por el analizador de redes, de lo contrario, la sintonización no será todo lo correcta posible. En este punto entra en juego el paso del motor y la característica frecuencial del dispositivo de microondas. Como se ha comentado anteriormente, el dispositivo de microondas posee una característica frecuencial determinada e invariable y por lo tanto solamente se puede modificar el paso del motor para determinar el incremento frecuencial entre pasos.

A priori no se puede determinar con exactitud el paso necesario para no exceder la precisión

establecida, pero se puede estimar un primer valor suponiendo que la variación de frecuencias es lineal en todo el rango de frecuencias sintonizables. Por ejemplo, en el caso particular del resonador se tiene una variación total de frecuencia de 3 GHz con 1,7 vueltas del tornillo de sintonización (véase Fig. 5). Si la precisión de la medida es de 50 MHz, se requiere un paso menor o igual a 10,2 grados/paso.

Como es de esperar, la característica frecuencial del dispositivo de microondas no suele ser lineal, así que debe modificarse este valor teniendo en cuenta la variación de frecuencia en el entorno de la frecuencia a sintonizar. Es decir, si en este entorno la pendiente es mayor que la establecida en la estimación, el paso debe ser menor. Si la pendiente es menor, el paso puede ser mayor. Se puede volver a estimar un valor tomando unos límites más cercanos a la frecuencia a sintonizar, pero resulta difícil determinar con precisión ocular el número de vueltas que da el tornillo de sintonización. Es por eso que en este punto se puede escoger un motor con un paso menor al estimado la primera vez y hacer pruebas con él. Gracias a que sabemos el paso de este motor, se puede determinar exactamente la cantidad de grados que ha girado y volver a estimar, si es necesario, el paso requerido para conseguir la precisión.

Como es lógico, el paso del motor será óptimo en un entorno cercano a la frecuencia a sintonizar, pero si cambiamos esta frecuencia se puede perder la precisión conseguida, o por el contrario, ralentizar el sintonizado con incrementos nulos entre pasos consecutivos. Aún así, si el paso debe ser óptimo para todas las frecuencias sintonizables por el dispositivo de microondas, debe estudiarse el rango de mayor pendiente y escoger el paso óptimo que permita garantizar la precisión en este mismo rango.

## 5. CONCLUSIONES

Se han demostrado mediante resultados experimentales la sintonización en frecuencia de un resonador de microondas. El sistema diseñado ilustrado en la Fig. 2 es aplicable a cualquier resonador de microondas con ajuste mediante tornillos de sintonización, siempre y cuando sea posible el emplazamiento de los motores sobre los tornillos a ajustar.

Es necesario el diseño de un *software* de control específico para cada dispositivo de microondas en función de los parámetros a ajustar y el instrumento de medida elegido. Debe tenerse en cuenta que, en ocasiones, la modificación de un parámetro puede influir en otros, y por lo tanto en estos casos, deben readjustarse en cada paso todos los parámetros. Un estudio meticuloso de las relaciones entre los diferentes parámetros y el diseño de una rutina para actuar sobre ellos parece la mejor opción para el diseño de un *software* de control optimizado. De igual forma es preciso adaptar el diseño de la placa de circuito impreso según la cantidad de motores a pasos necesarios.

Los motores a pasos pueden conseguir pasos muy pequeños que permitan un ajuste muy preciso de los parámetros con consumos contenidos y gran rapidez de ejecución.

La solución de ajuste automático de dispositivos de microondas propuesto en este artículo se basa en la optimización de los recursos a las necesidades de cada dispositivo a ajustar, minimizando los elementos superfluos que pueden ofrecer otros sistemas prediseñados que actúan sobre motores a pasos. A su vez, la integración del *software* de control en entorno Matlab<sup>TM</sup> ofrece la versatilidad necesaria para adaptarse a los diferentes tipos de buses disponibles en el mercado. La ubicación del *firmware* en el microcontrolador de la placa de circuito impreso garantiza la gestión de errores en la comunicación a la vez que posibilita un entorno de expansión futuro.

El sistema presentado en este artículo sintoniza la frecuencia de un resonador de microondas de manera totalmente automática. En base a estos resultados, nuestro trabajo futuro consiste en expandir el sistema para incluir un mayor número de motores a pasos junto con la creación de un *software* específico que permita sintonizar la respuesta en frecuencia de un filtro de microondas compuesto de varios resonadores.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se engloba dentro del proyecto PIB2010BZ-00585 del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Todos los autores agradecen a Aline Jaimes Vera por proporcionar el resonador para realizar el trabajo experimental presentado en este artículo.

## REFERENCIAS

- [1] Z. Brito-Brito, Microwave Integrated Tunable Filters, Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
- [2] Z. Brito-Brito, I. Llamas-Garro, Ll. Pradell, "Precise Frequency and Bandwidth Control of Microstrip Switchable Bandstop Filters", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 51, No. 11, November 2009, pp 2573-2578.
- [3] Hieng Tiong Su, Ignacio Llamas-Garro, Michael J. Lancaster, Martin Prest, Jae-Hyoung Park, Jung-Mu Kim, Chang-Wook Baek, and Yong-Kweon Kim, "Performance of RF MEMS Switches at Low Temperatures", *Electronics Letters*, Vol. 42, No. 21, October 2006, pp 1219 – 1220.
- [4] Carles Musoll-Anguiano, Ignacio Llamas-Garro, Zabdiel Brito-Brito, Lluís Pradell, Alonso Corona-Chavez, "Fully Adaptable Bandstop Filter using Varactor Diodes", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 52, No. 3, March 2010, pp. 554-558.
- [5] Yun-Ho Jang, Ignacio Llamas-Garro, Zabdiel Brito-Brito, Jung-Mu Kim, Yong-Kweon Kim, "Novel frequency agile electromagnetic decoupling MEMS device", *The 16th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, TRANSDUCERS*, Beijing, China, June 5-9, 2011 (aceptado).
- [6] Courreges, S.; Yuan Li; Zhiyong Zhao; Kwang Choi; Hunt, A.; Papapolymerou, J.; "A Low Loss X-Band Quasi-Elliptic Ferroelectric Tunable Filter"; *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 19, no. 4, Apr. 2009, pp. 203 - 205.
- [7] Murakami, Y.; Ohgihara, T.; Okamoto, T.; "A 0.5-4.0-GHz Tunable Bandpass Filter Using YIG Film Grown by LPE"; *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 35, no. 12, Dec 1987, pp. 1192 - 1198.
- [8] B.E. Carey-Smith; P.A. Warr; "Broadband-configurable bandstop-filter design employing a composite tuning mechanism", *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, Vol. 1, No. 2, Apr. 2007, pp. 420 - 426.
- [9] J. Benet-Freissinier, Automatización y control de un motor a pasos para la sintonización de filtros de microondas, Proyecto fin de carrera, Universitat Politècnica de Catalunya 2010.

## AUTORES



Josep Benet-Freissinier se licenció como Ingeniero Superior en Telecomunicaciones en la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), España, en 2010. Tras realizar prácticas en diferentes empresas multinacionales y licenciarse, actualmente trabaja en el sector privado.



Zabdiel Brito-Brito recibió los grados de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica y el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por parte del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, en 2001 y 2003 respectivamente; y recibió el grado de Doctor en Teoría de la Señal y Comunicaciones (PhD) por parte de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Barcelona España, en 2010. El Dr. Brito-Brito se unió al departamento de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica (ICE) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, en 2003. Sus principales líneas de investigación son filtros reconfigurables que involucran el control de la frecuencia central, ancho de banda y selectividad; usando diodos y RF MEMS.



Ignacio Llamas-Garro obtuvo el título de doctor por la Universidad de Birmingham, Reino Unido en diciembre del 2003, anteriormente se graduó como ingeniero en electrónica y comunicaciones por la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Realizó una estancia post-doctoral en el laboratorio para microsensores y actuadores en la Universidad Nacional de Seúl, Corea, al mismo tiempo fue investigador visitante del centro inter-universitario para los semiconductores en la Universidad Nacional de Seúl de marzo 2004 a marzo 2005. Fue profesor asistente bajo el programa Brain Korea (BK) en la universidad Nacional de Seúl de marzo 2005 a marzo 2006. Fue profesor investigador en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica en México de mayo 2006 a mayo 2007. Fue investigador Juan de la Cierva en el

departamento de teoría de la señal y comunicaciones en la Universitat Politècnica de Catalunya de mayo 2007 a mayo 2010, actualmente se encuentra en el Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya. El Dr. Llamas-Garro es miembro senior del IEEE, y miembro del IET y EuMA.



Rosa M<sup>a</sup> Fernández-Cantí obtuvo el título de Ingeniera Superior en Telecomunicaciones por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), España, en 1994. Actualmente es profesora permanente del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la UPC. Su línea docente y de investigación se centra en la Teoría de Control y Automática en general. Es Member del IEEE y socia de la CEA-IFAC (Comité Español de Automática-International Federation on Automatic Control).

# NOTA INFORMATIVA

## LA IMPORTANCIA DEL ISSN

La aportación de los autores a la revista y, por ende, al público en general, tiene una recompensa final para todos, el ISSN.

### *¿Qué es el ISSN?*

El ISSN (International Standard Serial Number / Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas) es un código numérico reconocido internacionalmente para la identificación de las publicaciones seriadas. El ISSN puede utilizarse siempre que haya que recoger o comunicar información referente a las publicaciones seriadas, evitando el trabajo y posibles errores de transcribir el título o la información bibliográfica pertinente. El ISSN identifica sin ambigüedades ni errores la publicación seriada a la que va asociado. Es el equivalente para las publicaciones seriadas a lo que es el ISBN para los libros.

### *¿Qué ventajas ofrece la posesión de un ISSN?*

· EL ISSN permite identificar en todo el mundo, de una forma unívoca y sin ambigüedades, una publicación seriada, cualquiera que sea el país de edición o la lengua de la misma y sin importar que otras publicaciones seriadas lleven un título igual o parecido. Por ello el ISSN es un elemento básico en todos los procesos de información, comunicación, control y gestión referentes a las publicaciones seriadas.

· Asegura un medio de identificación preciso e inmediato cuando se hace un pedido.

· Permite un método de comunicación rápido y eficaz entre editores, distribuidores, libreros y agencias de suscripción, mejorando los circuitos de venta.

· El ISSN puede servir para la construcción de los códigos de barras de las publicaciones seriadas (que ya se incluye en la contraportada de esta misma revista EAN-13).

· La asignación de un ISSN comporta también la inclusión de los datos de la publicación en la Base de datos internacional del ISSN. Esta base de datos es, por su volumen (alrededor de 750.000 registros en 1996), cobertura (mundial) y fiabilidad de sus datos, un recurso informativo esencial sobre las publicaciones seriadas.

· En las bibliotecas y centros de documentación facilita las operaciones de identificación, adquisición y préstamos. Asimismo, la base de datos del ISSN es la fuente más exhaustiva y autorizada para la catalogación de las publicaciones seriadas.

· Su asignación es completamente gratuita.

· Para los docentes, el hecho de publicar un artículo en una revista que posee un ISSN, les reporta más puntos en su investigación. En definitiva, todos aquellos autores que publican sus artículos en Buran, recibirán más puntos de los que recibían antes.

· Se puede encontrar más información sobre la temática relacionada al número de ISSN y las publicaciones seriadas en al página web de la Biblioteca Nacional: <http://www.bne.es>.

### Direcciones de interés:

<http://www.bne.es>

<http://portal.issn.org/cgi-bin/gw/chameleon>

<http://www.barcodeisland.com/ean13.phtml>

<http://www.issn.org/>

### Y por último recordar:

· Si una revista se relanza y/o retoma con un mismo título y con una misma temática, se puede utilizar, en caso de poseerlo, el ISSN anterior, ya que este sigue siendo válido para las futuras ediciones de la publicación.

# CNR BARCELONA 2012

## Congreso Nacional de Ramas de Estudiantes del IEEE



### MARZO 2012

#### ¿Qué es?

El CNR es un evento que reúne durante unos días a representantes de las diferentes ramas de estudiantes del IEEE de toda España.

A lo largo del congreso, se realizan **charlas, workshops, mesas redondas y visitas** que ayudan a los estudiantes a desarrollar sus habilidades técnicas y personales, y que permiten poner en común y contrastar las actividades realizadas en cada rama de estudiantes durante el curso.



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



# BURAN 27

## CALL FOR PAPERS

**DEADLINE: 28 DE FEBRERO DE 2012**

### Información general:

Buran es la revista de divulgación científica y cultural, editada por la Branca d'Estudiants de l'IEEE de Barcelona, creada en marzo de 1993.

Dirigida tanto a estudiantes como a proyectos, profesores universitarios, personal de investigación o profesionales en general, Buran intenta establecer un canal de comunicación técnico-científico, que permita a cada uno de ellos acceder a un conocimiento, tan aproximado como se pueda, del estado del arte de las tecnologías de la información y comunicación.

El principal objetivo de la revista es la divulgación de opiniones y de los trabajos que se realizan en universidades y empresas, relacionados con cualquiera de las muchas actividades del IEEE o de carácter humanístico.

### Información para los autores:

- Los artículos que se presenten deberán estar escritos en castellano o inglés.
- El formato de entrega de los artículos será primordialmente en archivo de Microsoft Word o de texto, aconsejando a los autores la inclusión de escritos gráficos o fotografías que faciliten la lectura y comprensión del escrito. En el caso de que se incluyan fotografías, se incorporarán en formato TIFF, en un fichero a parte.

- El artículo deberá contener un abstract en el que se haga un pequeño resumen introductorio sobre el tema a tratar y una breve biografía del autor/es.

- Aunque no hay restricción en el número de páginas en que conste el artículo, es recomendable cualquier extensión que comprenda un mínimo de 4 páginas y un máximo de 12.

- Dado que el número de páginas de la revista es limitado, se efectuará un proceso de selección de los artículos recibidos, quedando en archivo para próximos números aquellos que no pudieran ser publicados.

- El autor deberá hacer constar su nombre completo, el departamento al que pertenece (en caso de ser profesor o proyecto), escuela/facultad donde cursa sus estudios (en caso de ser estudiante), o empresa para la cual trabaja, dirección de correo electrónico y una fotografía de tamaño carnet en formato electrónico (preferiblemente en formato TIFF).

- Se recuerda el carácter divulgativo de los artículos.

### Envío de artículos:

Los artículos se podrán enviar mediante correo electrónico o por correo ordinario a nuestro despacho.

### Branca d'Estudiants de l'IEEE

Edifici OMEGA - S105  
Campus Nord UPC  
c/ Jordi Girona 1-3  
08034 Barcelona (Spain)

o

**buran@ieee.upc.edu**

### Fecha límite de entrega:

**30 DE NOVIEMBRE DE 2011**

Para cualquier duda o consulta sobre la recogida de artículos o para comunicar cualquier sugerencia sobre la revista:

email: [ieee@ieee.upc.edu](mailto:ieee@ieee.upc.edu)  
web: <http://ieee.upc.es>

e-burancursos  
robótica  
desarrolloWeb...

ieee.upc.es



Rama de Estudiantes del IEEE Barcelona

Bienvenidos

Después de un año 2003 en el que hemos crecido tanto en nuestras actividades como en la creación de un grupo internacional sobre universidad de imágenes, celebrado en Barcelona en el CIB 2003, la participación en diferentes concursos de Práctica Civil de Barcelona (ICE), la realización de diferentes cursos, y la creación de un año de motores por las principales empresas del sector. Entramos al 2004 con muchas ganas de seguir con nuestras actividades y empresas líderes del mundo.

Para este cuatrimestre, regresamos a nuestro número 20 de Buran, especialmente dedicado a Comunicaciones móviles. Esta primavera se realizará de la 27.ª edición del curso de iniciación a Lenguajes de Programación para la 27.ª edición del curso de Práctica Civil y construcción de un primer curso de diseño visto en PLAKIN.

Todos los ganadores de la fase del análisis de imágenes. 2003. ¡Muchas gracias a todos los participantes! Recuerden que el año pasado se realizó una reunión técnica en la que se presentaron los resultados.



**“Creating  
and Innovating  
the Future”**

Rama de Estudiantes del  
**IEEE de Barcelona**





## Haz crecer tus telecomunicaciones

**abertis telecom** apuesta firmemente por la tecnología digital y los nuevos vehículos de comunicación audiovisual (TDT, DVB-H, internet,etc.). Lidera proyectos internacionales para la convergencia de la televisión con los nuevos soportes digitales, permitiendo nuevas modalidades de entretenimiento y servicios de T-administración. Contribuye a facilitar el acceso de los ciudadanos a la Sociedad de la Información. Por todo ello, radiofusores públicos y privados confían en la experiencia y la capacidad de **abertis telecom**, conscientes de que con **abertis** sus comunicaciones adquieren otra dimensión.