



Desarrollo de un MEC para la comprensión de características temporales de las señales en el área de telecomunicaciones

Development of a MEC to understand the temporal characteristics of signals in the telecommunications area

Alfonso José Giura Marzano
alfonsogiura@gmail.com

Marbellys Alejandra Ramos Guerrero
marbellysrmos3004@gmail.com

Universidad de Carabobo, Venezuela

Artículo recibido mayo 2018 | Arbitrado en junio 2018 | Publicado en septiembre de 2018

RESUMEN

En los últimos años el desarrollo de la tecnología computacional ha generado grandes cambios directamente sobre los métodos de enseñanza y aprendizaje tradicionales en la ingeniería, específicamente en las áreas de estudio con fenómenos intangibles a la vista como es el caso de la ingeniería de telecomunicaciones. Como objetivo principal se desarrolló de un MEC para la comprensión de las características temporales de las señales más frecuentes en el área de las telecomunicaciones. Para ello, se realizó una investigación exhaustiva con el fin de determinar y clasificar las señales más frecuentes en las telecomunicaciones. Seguidamente se elaboró un diseño instruccional como recurso metodológico principal para el desarrollo del software, el cual fue programado en lenguaje Python mediante el uso de librerías de análisis como Numpy y graficadoras como Matplotlib. Se diseñó un MOOC en la plataforma edX como complemento educativo, para acceder al MEC, siendo éste multiplataforma. Para evaluar el impacto académico, se utilizó un instrumento de evaluación para la determinación de la eficiencia de MECSYS.

Palabras clave: Señales; MEC; telecomunicaciones, Python, MOOC

ABSTRACT

In recent years, the development of computational technology has generated great changes directly over traditional teaching and learning methods in engineering, specifically in areas of study with intangible phenomena in sight, such as telecommunications engineering. As a main objective, a MEC was developed to understand the temporal characteristics of the most frequent signals in the telecommunications area. For this, an exhaustive investigation was carried out in order to determine and classify the most frequent signals in telecommunications. Subsequently, an instructional design was prepared as the main methodological resource for the development of the software, which was programmed in the Python language through the use of analysis libraries such as Numpy and graphing machines such as Matplotlib. A MOOC was designed on the edX platform as an educational complement, to access the MEC, being this multiplatform. To evaluate the academic impact, an evaluation instrument was used to determine the efficiency of MECSYS.

Key words: Signals; MEC; telecommunications, Python, MOOC



INTRODUCCIÓN

Los cursos, en el área de la ingeniería de telecomunicaciones, generalmente poseen contenido matemático denso y alto grado de abstracción en los conceptos, resultando difícil la comprensión sobre todo en aquellos que transitan las primeras etapas del proceso de formación. Por ello, las demostraciones ilustrativas pueden ser vitales para la motivación, particularmente si se usan casos que resulten familiares (Sturm, y Gibson, 2005; Katz, y Flynn, 2009). En este sentido, el uso de materiales educativos computarizados alrededor del mundo se ha incrementado drásticamente (Marín, et. al, 2005; Mansurov, y Probert, 2001). Prueba de ello, han sido investigaciones relacionadas con la enseñanza interactiva de cursos a través de computadores en el área de telefonía básica, conceptos de transmisión, entre otros; así como también herramientas gratuitas para el aprendizaje en lo concerniente al procesamiento digital de imágenes (Khader, 1998; Sage, y Unser, 2003).

Generalmente, estos materiales educativos computarizados desarrollados para reforzar el aprendizaje en las telecomunicaciones no involucran de forma directa los aspectos de la parte práctica del área de estudio, siendo estos conocimientos prácticos fundamentales para el ejercicio de la ingeniería de telecomunicaciones (Rahkila, y Karjalainen, 1998)

Por otro lado, en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo se imparte un curso denominado Análisis de Señales y Sistemas Lineales, perteneciente al Departamento de Señales y Sistemas; dicho curso se encuentra ubicado en las primeras etapas de formación, en el cual se manifiestan los obstáculos expuestos anteriormente. De hecho, según las

estadísticas llevadas por la cátedra, se obtuvo un 74.67% de aplazados en el periodo lectivo 2-2014 y un 68% en el 1-2015, lo que evidencia bajo rendimiento del curso. Con las consideraciones anteriores, el Departamento de Señales y Sistemas aplicó una encuesta con el propósito de indagar sobre la necesidad de crear un programa educativo computarizado.

De los encuestados, se obtuvo un resultado de 98% para la creación del método complementario, y a su vez, de la alta aceptación a la idea de desarrollar un material educativo computarizado, se obtuvo un resultado de 47% para la implementación de una interfaz multiplataforma. En base a las estadísticas de la cátedra y los aspectos descritos anteriormente, se evidencia la carencia de un recurso educativo complementario con aplicaciones prácticas en la asignatura, lo que suscita la implementación de técnicas de aprendizaje modernas que sean interactivas y eficientes como una posible solución a los obstáculos planteados.

Durante años de estudio y experiencia pedagógica de distintos autores, se ha manifestado que los estudiantes asimilan mejor los conocimientos sí disponen de demostraciones visuales con las que poder interactuar (Vicente, et al., 2007). Por tal motivo, el diseño de este entorno educativo se justifica desde una dimensión académica a sabiendas que las señales y los sistemas lineales son el fundamento de las telecomunicaciones, por lo que es necesario el dominio, el manejo y su adecuada interpretación. Está enfocado directamente a ser una herramienta educativa que contribuya a resolver las problemáticas que se originan en el proceso de aprendizaje del área de estudio para el estudiante de ingeniería de telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo.



MÉTODO

Procedimiento de investigación

En esta etapa se realizó una investigación profunda y completa para determinar cuáles son las señales más frecuentes utilizadas en el área de las telecomunicaciones y, seguidamente, la creación de un banco de señales para incluir en el MEC. Como criterio principal, la investigación fue realizada únicamente en la biblioteca Marcel Roche del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y en la biblioteca digital IEEE Xplore, siendo todos los documentos en estudio publicados y avalados por la IEEE dentro de la categoría de Journals y Magazines. Otro criterio importante para la investigación fue el estudio de documentos con fecha de publicación actual o de los últimos años para así ofrecer resultados actualizados con un mayor tiempo de vigencia en el área.

Para la selección de las señales más frecuentes se utilizó un estudio estadístico porcentual simple, donde se analizó una cantidad total de artículos para la investigación que pudieran mostrar el uso o aplicación de alguna señal en específico en el área de las telecomunicaciones. A partir de este total, se clasificaron los artículos de acuerdo a la señal de interés mostrada, así como el descarte de los documentos que no incluían ningún uso o aplicación de alguna señal, manteniendo el registro para posteriormente realizar el cálculo en cuanto al porcentaje de aparición de cada señal con respecto a la totalidad de artículos analizados.

El cálculo del porcentaje se hizo mediante la relación entre la cantidad de artículos donde aparece cada señal y la cantidad total de artículos analizados, multiplicando respectivamente por el

factor 100. Una vez seleccionados y clasificados los artículos, se procedió a la cuantificación de las señales con mayor frecuencia de aparición encontradas en los documentos, lo que nos permitió construir un banco de señales que refleje el estudio realizado y así incluirlas en el MEC como material fundamental para su utilización.

RESULTADOS

En esta sección se describen los procedimientos correspondientes con el análisis bibliográfico y la selección del lenguaje de programación, siendo ambos procedimientos indispensables para la realización de este proyecto.

Bibliografía

Una vez obtenidas y clasificadas las señales más frecuentes en el área de las telecomunicaciones, fue necesario su caracterización temporal, puesto que son estas mismas señales con las que experimentará el usuario terminal en el MEC creado. Para ello, se realizó una investigación bibliográfica sobre todos los aspectos temporales de interés para el mismo.

Como fuente bibliográfica principal se extrajo la información requerida del libro titulado Señales y Sistemas. (Oppenheim, Willsky, y Nawab, 1998), así como también del libro con el mismo nombre del autor Roberts, (2005), siendo este par de textos los más acordes al contenido programático actual de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas Lineales de la Universidad de Carabobo.

Selección del Lenguaje de Programación

Seguidamente de obtener toda la información requerida para el desarrollo del contenido que se presentará en el MEC,



como son las diferentes señales y sus características temporales, se procede a la selección del lenguaje de programación. Para poder escoger un lenguaje apropiado y manejable fue necesario documentarse y desarrollar habilidades de programación. Se seleccionó Python como el lenguaje con el cual se va a desarrollar el Material Educativo Computarizado, debido a que es un lenguaje usado en la Escuela de Telecomunicaciones, muy práctico para el desarrollo de interfaces gráficas y cuenta con un catálogo completo de librerías del área de telecomunicaciones.

Es oportuno destacar que fue necesario indagar y buscar librerías acordes con la funcionalidad del MEC, tales como visualización de gráficas, manejo de operaciones y arreglos matemáticos, entre otros. También se debe señalar que para la elección de los paquetes se consideró tomar únicamente aquellos aprobados y recomendados por las comunidades de desarrolladores de Python, para así obtener mejores resultados con respecto a la programación del software.

Diseño y Desarrollo

Llegado a este punto, una vez realizada la exploración bibliográfica y habiendo seleccionado el lenguaje de programación a utilizar para el desarrollo del MEC, se procedió a escoger cuáles son las características y transformaciones temporales sujetas a la Unidad I actual de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas Lineales que se le aplicarán a las señales dentro del software, siendo estas características:

- Desplazamiento en el tiempo
- Escalamiento en el tiempo
- Inversión en el tiempo

Adicionalmente, pese a no ser propiamente una transformación temporal en esencia y debido a su estrecha relación con la transformación por inversión en el tiempo, se añadió al compendio una nueva transformación de utilidad e importancia dentro del contenido de la asignatura en estudio. En efecto, se añadió:

- Transformación Par-Impar

Luego de tener un compendio de características y transformaciones temporales, fue necesario esquematizar la estructura del proceso de desarrollo basado en el modelo de un diseño instruccional.

Diseño Instruccional

Para la elaboración del diseño instruccional se dividió el proceso en cuatro fases según la metodología de trabajo propuesta por Marlene Arias, Ángel López y Honmy Rosario para la creación de un material educativo computarizado.

Diseño Educativo

En esta fase se realizó el análisis correspondiente desde un punto de vista académico, específicamente en cuanto al estudiante y los objetivos de aprendizaje se refieren, incluyendo la selección del contenido.

- Estudio de necesidades: se determinó como necesidad principal el alto índice de estudiantes reprobados en la asignatura, los cuales no han contado con un recurso educativo computarizado como herramienta complementaria.
- Descripción del aprendiz: generalmente, el estudiante promedio en la cátedra posee edades comprendidas entre 19 y 24 años. Además, una cantidad significativa de ellos pertenece a otras



- localidades lo que dificulta en muchos casos recurrir físicamente a la universidad.
- Propósito y objetivos referido al proyecto: el propósito de la realización de este proyecto es reducir la cantidad de aplazados tomando en cuenta el resultado de la encuesta realizada por la cátedra donde se refleja un 68% de estudiantes aplazados para el período lectivo 1-2015.
 - Formulación de objetivos terminales de aprendizaje: como objetivo general se plantea mejorar el rendimiento académico del estudiante disminuyendo a su vez la cantidad de aplazados de la asignatura.
 - Análisis estructural: por medio de recursos prácticos e intuitivos, se desea mejorar la capacidad de comprensión de las características temporales de las señales impartidas por la cátedra, así como su manejo y manipulación, mejorando el rendimiento académico del estudiante.
 - Especificación de los conocimientos previos: la asignatura de Análisis de Señales y Sistemas Lineales pertenece al quinto semestre de la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo según la prensa actual de estudios, siendo la primera materia propia de la escuela de telecomunicaciones a cursar, motivo por el cual el estudiante no posee conocimientos previos del tema y representa la diversificación de contenido en el área.
 - Formulación de objetivos específicos: se plantean los siguientes objetivos específicos:
 - Mejorar la habilidad de comprensión de las características temporales de las señales más frecuentes en el área de las telecomunicaciones mediante un curso digital.
 - Crear un recurso dinámico, didáctico, interactivo y visual para familiarizar al estudiante con los aspectos prácticos de la cátedra.
 - Selección de estrategias instruccionales: para cumplir con los objetivos propuestos se realizó el MEC basado en gráficos, permitiendo la visualización de las señales, así como las características y transformaciones temporales aplicadas. Esto permite que el estudiante aprenda de forma interactiva pudiendo observar los cambios y comportamientos de las señales que no se observan de forma sencilla en clases presenciales. Por otro lado, se desarrolló un MOOC donde se cargó el MEC creado para facilitar el acceso y expandir el alcance del mismo.
 - Contenido: se realizó una investigación exhaustiva para determinar cuáles son las señales más frecuentes utilizadas en el área de las telecomunicaciones, así como una exploración bibliográfica para establecer las características y transformaciones temporales que se incluirían en el MEC, enfocado específicamente en el contenido de la Unidad I de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas Lineales.
 - Selección de estrategias de evaluación: para evaluar el impacto académico se hicieron dos actividades. La primera actividad consta en tomar una muestra de estudiantes de telecomunicaciones para que utilicen el software creado a través de un MOOC y posteriormente responder ciertas preguntas que evaluarán lo aprendido. Como segunda actividad, se impartió contenido teórico sobre la UNIDAD I por los métodos tradicionales (guías, libros de texto) a



otra muestra de estudiantes para luego realizarles las mismas preguntas del grupo anterior. Hecho esto, con la retroalimentación de los estudiantes se elaborará una comparativa entre los métodos de aprendizaje tradicionales y el uso del MOOC, lo que nos brindará resultados con respecto a la eficiencia de la aplicación del MOOC y uso del MEC.

- Determinación de variables técnicas: por último, se establecieron los aspectos visuales como listas de despliegue, botones y cuadros de texto sencillos con palabras clave y conocidas. Además, la visualización de gráficos ocupa un espacio considerable en pantalla para que las modificaciones aplicadas a las señales se observen fácil y detalladamente. Se muestra también en pantalla el código Python de cada

señal lo que permite que el usuario pueda disponer libremente de él si así lo desea. Por otra parte, se añadió una sección de ayuda con lecturas sugeridas incluidas que contienen información técnica y teórica sobre las señales y transformaciones presentadas en el MEC.

Producción

En la fase de producción se desarrollaron los denominados guiones de contenido, didáctico y técnico, fundamentado en la metodología de trabajo seleccionada para el diseño instruccional.

Guión de contenido: se hizo un esquema de la descripción de la audiencia donde se anotó el propósito, se señaló el tema y los objetivos específicos de aprendizaje. En la tabla 1 se observa el esquema elaborado.

Tabla 1. Guión de contenido del diseño instruccional

Descripción de la audiencia	
Usuario	Estudiantes de la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo, específicamente cursantes de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas Lineales
Sexo	Femenino y masculino
Edad	De 19 años en adelante
Nivel socio-económico y cultural	Mixto
Valores más evidentes	Trabajo grupal y colaborativo, comunicación, compañerismo
Estilo de lenguaje a utilizar	Se utilizarán textos simples y clave, así como gráficos e imágenes.
Signos o estereotipos	El usuario terminal del MEC debe tener conocimientos básicos de computación y dominio de los contenidos de las asignaturas previas a Análisis de Señales y Sistemas Lineales.



Descripción de la audiencia

Área de Trabajo

Propósito	Crear un MEC como recurso educativo alternativo y práctico para la comprensión de las características temporales de las señales más frecuentes del área de las telecomunicaciones
Tema	Señales y transformaciones en el tiempo
Contenido	Tipos de señales más frecuentes en el área de las telecomunicaciones y transformaciones temporales
Objetivo General	Mejorar el rendimiento académico del estudiante disminuyendo a su vez la cantidad de aplazados de la asignatura
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none">- Mejorar la habilidad de comprensión de las características temporales de las señales más frecuentes en el área de las telecomunicaciones mediante un curso digital- Crear un recurso dinámico, didáctico, interactivo y visual para familiarizar al estudiante con los aspectos prácticos de la cátedra

- Guión didáctico: se presentó el contenido ya desarrollado de forma cualitativa utilizando como soporte las estrategias instruccionales elaboradas.
- Guión técnico: se determinaron las variables técnicas especificadas en la fase anterior de forma cualitativa, tomando en cuenta los aspectos referidos a la percepción, el uso del color y las zonas de comunicación en pantalla.

Realización

El propósito de esta fase es describir la interfaz del software, para así conocer cómo se encuentran distribuidos los distintos elementos de dicha interfaz y la funcionalidad de los mismos. Se divide en dos secciones:

- Prototipo: en esta sección se muestra el esquema de pantalla del software seccionado de acuerdo a la funcionalidad de cada zona.
- Corrección del prototipo: se dejó abierta la posibilidad de realizar

ajustes y revisiones en pro de ir logrando por aproximaciones sucesivas mejoras hasta obtener el resultado deseado.

Desarrollo y funcionalidad del MEC

- a) Módulo I para la visualización y tratado de las transformaciones temporales de las señales en tiempo continuo y tiempo discreto.

Al obtener toda la información de la investigación exhaustiva que se realizó sobre las señales a incluir en el MEC, se programó cada una de ellas en el lenguaje seleccionado tanto en tiempo continuo como en tiempo discreto, tal como se maneja en la UNIDAD I actual de la asignatura, anexando diferentes señales de audio, creando el banco de señales a utilizar en el software.

Luego de tener este banco de señales se realizó el siguiente procedimiento para generar la interfaz de este módulo:



- Identificación del tipo de señal
 - Identificación de los parámetros de entrada de cada señal
 - Identificación de las transformaciones temporales para las señales
 - En Python:
 - Se generaron los campos para seleccionar el tipo de señal a observar
 - Se generaron los campos para seleccionar el tipo de transformación temporal
 - para aplicar a la señales seleccionada
 - Se generaron los campos para introducir los parámetros de entrada de
 - las señales
 - Se generaron los botones para navegar en la interfaz, regresar a la principal,
 - calcular
 - Se generó la componente de visualización de las señales seleccionadas
 - permitiendo agrandar, mover los ejes, guardar la gráfica, etc.
 - b) Módulo II para las operaciones de suma, resta y producto del banco de señales en tiempo continuo, tiempo discreto y señales de audio
- Se desarrolló el campo para seleccionar los dos tipos de señales a operar
 - Se desarrolló el campo para seleccionar el tipo de operación a aplicar a la señal seleccionada
 - Se generaron los campos para introducir los parámetros de entrada de ambas señales
 - Se generaron los botones para navegar en la interfaz, regresar a la principal y calcular
 - Se creó la componente de visualización de las señales seleccionadas y la señal resultante de la operación permitiendo agrandar, mover los ejes, guardar las gráficas, etc.
- c) Módulo III para el cálculo de energía y potencia de las señales en tiempo continuo, tiempo discreto y señales de audio
- Para crear este módulo se siguieron estos pasos:
 - Se determinaron las ecuaciones pertinentes para la energía y potencia en tiempo continuo y tiempo discreto.
 - Se determinó el tipo de señal
 - Se identificaron los parámetros de entrada de cada señal.
 - En Python:
 - Se desarrolló el campo para seleccionar el tipo de señal para calcular su
 - energía y potencia.
 - Se generaron los campos para introducir los parámetros de entrada de ambas señales.

Para crear este módulo se siguió el siguiente procedimiento:

- Se determinó el tipo de señal
- Se identificaron los parámetros de entrada de cada señal
- Se determinaron las operaciones se suma y producto a aplicar al banco de señales
- En Python:
 - Se desarrolló el campo para seleccionar el tipo de señal para calcular su
 - energía y potencia.
 - Se generaron los campos para introducir los parámetros de entrada de ambas señales.



- Se generaron los botones para navegar en la interfaz, regresar a la principal, graficar y restaurar las gráficas.
 - Se generó el campo para observar los resultados obtenidos del cálculo de la energía y potencia.
 - Se creó la componente de visualización de la señal seleccionada permitiendo agrandar, mover los ejes, guardar las gráficas, etc.
- d) Módulo IV para la descomposición en componentes par e impar de las señales en tiempo continuo y tiempo discreto

Finalmente para la creación de la interfaz que corresponde a la descomposición de todas las señales en componentes par e impar se siguió el siguiente procedimiento:

- Se determinaron las ecuaciones pertinentes para la descomposición en componentes par e impar de las señales.
- Se seleccionó el tipo de señal.
- Se identificaron los parámetros de entrada de cada señal.
- En Python:
 - Se desarrolló el campo para seleccionar el tipo de señal a descomponer
 - Se generaron los campos para introducir los parámetros de entrada de ambas señales
 - Se generaron los botones para navegar en la interfaz, regresar a la principal, graficar y restaurar las gráficas
 - Se creó la componente de visualización de la señal seleccionada y la descomposición de cada señal, permitiendo agrandar, mover los ejes, guardar las gráficas, etc.

Una vez generados todos los módulos descritos anteriormente, se creó una interfaz principal que integra todos estos módulos, permitiendo al usuario interactuar y poder navegar entre cada uno de ellos.

Para ello se realizó el siguiente procedimiento en Python:

- Se desarrolló la interfaz gráfica principal que contiene todos los módulos descritos.
- Se generó una barra de herramientas con los siguientes botones despleables:
 - Contenido: contiene las lecturas de apoyo y el manual de usuario del MEC.
 - Módulos: contiene todas las tareas divididas por módulos.

CONCLUSIONES

El banco de señales obtenido producto de la investigación realizada hasta la fecha del documento referencial más reciente, representa un aporte significativo al gremio de la ingeniería de telecomunicaciones ya que brinda información específica con respecto a la clasificación de las señales según la frecuencia de utilización de cada una en el área de las telecomunicaciones.

En relación a las distintas áreas de las telecomunicaciones, se concluye que en las comunicaciones inalámbricas se encuentra la mayor variedad de señales más usadas, siendo éstas ocho de los nueve tipos contenidos en la investigación.

Debido a la variedad de aplicaciones encontradas en la investigación previa sobre la utilidad de las transformaciones temporales de las señales, se determinó que aquellas de mayor importancia son las transformaciones de desplazamiento, escalamiento e inversión.

En cuanto al diseño y realización del material educativo computarizado, los



paquetes de Python seleccionados cumplieron con los requerimientos esperados, tales como visualización de gráficos de tiempo continuo, visualización de gráficos de tiempo discreto mediante la librería SSD, manejo de operaciones y arreglos matemáticos para poder mostrarlos en la interfaz gráfica de usuario.

Se obtuvo una interfaz gráfica de usuario funcional y multiplataforma, la cual posee una barra de herramientas para la navegación con secciones específicas para cada módulo planteado. De igual manera, MECSYS permite graficar, restablecer los gráficos y acceder a la sección de ayuda por medio de botones de atajo. Además, permite al usuario guardar los gráficos resultantes de las operaciones aplicadas a las señales en formato de archivo de imagen.

En base a los resultados obtenidos por la aplicación del instrumento de recolección de datos, el grupo de estudiantes que hizo uso de MECSYS obtuvo un 50% de aciertos en comparación con el grupo de estudiantes que no lo utilizó, quienes obtuvieron un 34% de aciertos. Por este motivo, se concluye que el uso de MECSYS genera un impacto significativo en los estudiantes de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas Lineales.

REFERENCIAS

- Katz, S., y Flynn, J. (2009, October). Using software defined radio (SDR) to demonstrate concepts in communications and signal processing courses. In 2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference (pp. 1-6). IEEE
- Khader, M. (1998, November). Computer based training telecommunications courseware. In FIE'98. 28th Annual Frontiers in Education Conference. Moving from 'Teacher-Centered' to 'Learner-Centered' Education. Conference Proceedings (Cat. No. 98CH36214) (Vol. 2, pp. 836-840). IEEE
- Mansurov, N. N., y Probert, R. L. (2001). A scenario based approach to the evolution of telecommunications software. IEEE Communications Magazine, 39(10), 94-100.
- Marin, S. T., Garcia, F. B., Torres, R. M., Vázquez, S. G., y Moreno, A. L. (2005). Implementation of a web-based educational tool for digital signal processing teaching using the technological acceptance model. IEEE Transactions on Education, 48(4), 632-641
- Oppenheim, A. V., Willsky, A. S., y Nawab, S. H. (1998). Señales y sistemas. Pearson Educación
- Rahkila, M., y Karjalainen, M. (1998, November). Considerations of computer based education in acoustics and signal processing. In FIE'98. 28th Annual Frontiers in Education Conference. Moving from 'Teacher-Centered' to 'Learner-Centered' Education. Conference Proceedings (Cat. No. 98CH36214) (Vol. 2, pp. 679-684). IEEE
- Roberts, M. J. (2005). Señales y sistemas: análisis mediante métodos de transformada y Matlab (No. TK5102. 9. R63 2005)
- Sage, D., y Unser, M. (2003). Teaching image-processing programming in Java. IEEE Signal Processing Magazine, 20(6), 43-52
- Sturm, B. L., y Gibson, J. D. (2005, October). Signals and systems using MATLAB: An integrated suite of applications for exploring and teaching media signal processing. In Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference (pp. F2E-21). IEEE.
- Vicente, J., García, B., Ruiz, I., Méndez, A., y Lage, O. (2007). EasySP: Nueva Aplicación Para la Enseñanza de Procesado de Señal. IEEE-RITA, 2(1)