



## APRUEBA CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN

Buenos Aires, 25 de octubre de 2012

VISTO la Resolución N° 295/12 del Consejo Directivo de la Facultad Regional San Nicolás, a través de la cual solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Actualización de Posgrado "Procesamiento de señales con la transformada de Hilbert-Huang", y

### CONSIDERANDO:

Que el Curso propuesto responde a la necesidad de brindar a docentes y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados sobre el análisis de señales.

Que la Facultad Regional San Nicolás cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación.

Que la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

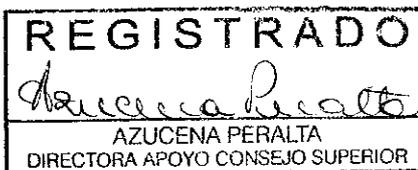
EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:





Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículo del Curso de Actualización de Posgrado "Procesamiento de señales con la transformada de Hilbert-Huang", que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

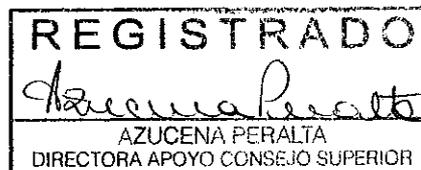
ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado Curso en la Facultad Regional San Nicolás con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1375

Ing. HÉCTOR CARLOS BROTTTO  
RECTOR

A.U.S. RICARDO F. O. SALLER  
Secretario del Consejo Superior



**ORDENANZA N° 1375**

**ANEXO I**

## **CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN**

### **PROCESAMIENTO DE SEÑALES CON LA TRANSFORMADA DE HILBERT - HUANG**

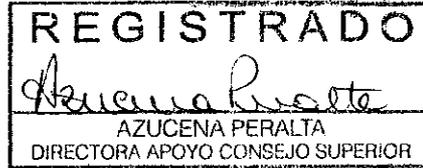
#### **1. FUNDAMENTACIÓN**

En el presente curso se introduce una nueva herramienta de análisis de señales llamada descomposición empírica de modos (EMD) y la transformada de Hilbert-Huang (HHT). Se repasan las limitaciones de las técnicas de análisis de señales ya conocidas y cómo las mismas son superadas por el método de EMD y HHT. Además de los lineamientos teóricos, se explican las implementaciones prácticas de EMD y HHT en programas de computadora aplicados a diversas áreas de estudio.

Con este propósito, resulta de carácter prioritario formar recursos humanos con una creciente capacidad técnica e intelectual, profesionales involucrados con un desarrollo académico actualizado permanentemente con la colaboración de especialistas de reconocida trayectoria en la disciplina.

#### **2. RECORTE DEL CAMPO TEMÁTICO**

Muchas técnicas de medición se basan en el estudio de señales unidimensionales provenientes de equipos digitales utilizados en los experimentos. Dichas señales contienen información del sistema en estudio, como por ejemplo la energía que poseen las componentes de diferente escala temporal o frecuencias. En estos casos, se utiliza la transformada de Fourier o de onditas (wavelets), además de diversas distribuciones energía-tiempo-frecuencia como el espectrograma y escalograma.



Sin embargo, estas herramientas suponen que la señal analizada está compuesta por una combinación lineal de señales elementales, por lo cual el resultado carece de precisión en la mayoría de los casos prácticos.

En el presente curso, se propone una herramienta nueva y simple que supera estas limitaciones. Es de naturaleza adaptativa y descompone la señal de interés en pocas funciones elementales. Dicho método se denomina descomposición empírica de modos (EMD).

Esta herramienta en combinación con la transformada de Hilbert conforman la transformada de Hilbert-Huang (HHT), que permite obtener la distribución energía-tiempo-frecuencia con mayor precisión, transformándolo en un algoritmo simple y potente.

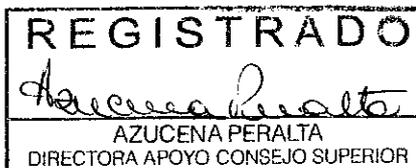
Este curso se propone introducir el método EMD y la transformada HHT, diferentes variantes algorítmicas, ejemplos de aplicación e implementaciones prácticas en diferentes áreas como óptica, acústica y audio digital.

La incorporación del curso permitirá completar los conocimientos adquiridos en la carrera de grado, brindando la posibilidad de actualización a los graduados que se encuentren desarrollando sus actividades en el ámbito académico o industrial.

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo general:

- Adquirir la capacitación para crear, mantener y potenciar programas de investigación y desarrollo tecnológico en el campo del procesamiento de señales.
- Realizar prácticas que les permitan usar herramientas para la resolución de



problemas en el área del procesamiento de señales tanto en el plano empresarial como académico.

- Potenciar el desarrollo adquirido a fin de que puedan transferir el conocimiento a sus alumnos y/o colegas.

**Objetivos específicos:**

- Que el alumno, al finalizar el curso, sea capaz de analizar señales experimentales con el algoritmo de EMD y la transformada de Hilbert-Huang.
- Que sea capaz de elegir el programa óptimo entre el abanico de algoritmos disponibles, y ajustar inmejorablemente los parámetros pertinentes contemplando la velocidad y precisión deseada.

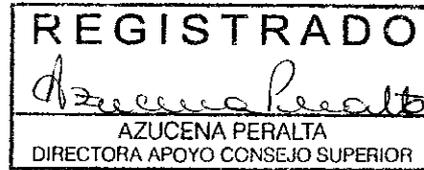
**3. CONTENIDOS MINIMOS**

Descomposición a priori: transformada de Fourier, transformada de wavelet. Completitud, ortogonalidad, linealidad.

Transformada de Hilbert. Definición matemática. Señal analítica. Algoritmo computacional. Ejemplos con funciones monocomponentes: tono puro con diferentes componentes de continua, funciones moduladas en amplitud (AM) y en frecuencia (FM). Amplitud y frecuencia instantánea. Teorema de Bedrosian. Teorema de Nutall. Utilidad de las funciones AM-FM para caracterizar la distribución energía-tiempo-frecuencia del sistema.

Descomposición a posteriori: Algoritmo de EMD. Diagrama de flujo. Función de modo intrínseco (IMF): definición y propiedades. Ejemplos. Convergencia. Propiedades: completitud, ortogonalidad, alinealidad, no unicidad. Trucos para mejor tamizado: agregado de ruido de amplitud infinitesimal.





Algoritmo de EMD: Carga computacional con diferentes longitudes de la señal analizada.

Efectos de la cantidad de iteraciones sobre las funciones IMF. Cantidad S

Óptima de iteraciones para señales de longitud corta (ver artículo A confidence limit for empirical mode decomposition).

Estudio estadístico de ruido blanco analizado con EMD. EMD como banco de filtros diádico recursivo. Propiedades estadísticas de las funciones de modo intrínseco (IMF), de sus amplitudes y sus frecuencias promedio. Diagrama  $\log(T)$  vs  $\log(E)$  y su aplicación para detección de componentes relevantes inmersas en ruido.

Algoritmo de descomposición empírica de modos en conjuntos (EEMD). Definición. Ejemplo y ventajas respecto a EMD (evita mezcla de modos, ayuda a determinar mejor la amplitud y fase instantánea).

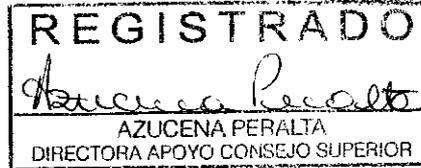
Transformada de Hilbert-Huang (HHT). Definición: transformada de Fourier generalizada. Algoritmo estándar y veloz. Comparación con otras distribuciones energía-tiempo-frecuencia conocidas.

Frecuencia instantánea. Definición. Analogía con velocidad instantánea. Algoritmos: basado en extremos locales y cruces por cero (robusto y veloz), algoritmo clásico, con filtro de mediana, con "instfreq" del TFTB del INRIA, con "spectralpeaks" (versión robusta y precisa).

Amplitud y frecuencia instantánea. Transformada de Hilbert normalizada (NHT). Componente de cuadratura. Operador Teager-Kaiser. Ejemplos de aplicación.

EMD y HHT con preprocesado por banco de filtros. IMF cumplen condición necesaria pero no suficiente: necesidad de determinar señales en banda angosta. Banco de filtros.

Umbralado de IMF relevantes. Distribución HHT. Ejemplos y comparación con algoritmo HHT estándar.



Aplicaciones de EMD. Filtrado de ruido (denoising), determinación de componente de baja resolución temporal (trending). Ejemplos. Codificación de audio con EMD.

#### **4. DURACIÓN**

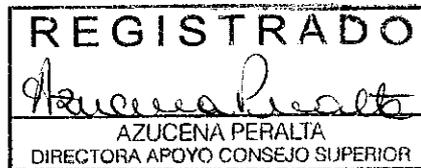
El Curso tendrá una carga horaria de TREINTA (30) horas

#### **5. METODOLOGÍA**

El curso consistirá en clases teórico-prácticas. Se explicarán los lineamientos teóricos necesarios y se los ilustrará con ejemplos prácticos aplicados a señales simuladas y experimentales.

#### **6. EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN**

Además de la asistencia, se requerirá la aprobación de un trabajo práctico con un ejemplo de aplicación de EMD o HHT a una señal experimental de interés para el alumno. El mismo deberá evaluar los resultados obtenidos con esta técnica y analizar sus ventajas en comparación con otros métodos. A partir de la aplicación propuesta, el alumno deberá hacer las observaciones correspondientes y sacar conclusiones útiles para su campo de interés. la aprobación de trabajos prácticos y un examen final teórico-práctico.



ORDENANZA Nº 1375

ANEXO II

**CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN**  
**PROCESAMIENTO DE SEÑALES CON LA TRANSFORMADA DE HILBERT - HUANG**  
**FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS**

**Docentes**

- MARENGO RODRÍGUEZ, Fernando Alberto

Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario

Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de Rosario



-----