

# **CURSO DE DATA ANALYSIS Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES**

**DR. MALIK RAKHMANOV**

University of Texas Rio Grande Valley

**DR. JAVIER M. ANTELIS**

Tecnológico de Monterrey en Guadalajara

## **CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS**

**DIVISION DE INGENIERIA ELECTRONICA Y COMPUTACIÓN**

Del 08 al 10 de noviembre en el salón 9 del módulo Beta

Hace 50 años, los primeros detectores de OG basados en interferometría laser fueron propuestos, sin embargo la sensibilidad suficiente para detectar OG no había sido lograda aún. El interferómetro de tierra LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) fue sujeto a múltiples mejoras y reajustes, y el 12 de septiembre de 2015 se convirtió en el primer detector en comenzar observaciones con la suficiente sensibilidad para detectar OG de orígenes astrofísicos. Dos días después de ser puesto a funcionar, LIGO detectó la primera OG, y para finales del mismo año, el 26 de diciembre una segunda OG fue también observada. Finalmente el 01 de junio y el 14 de agosto de 2017 una tercera y cuarta detección fueron anunciadas; estas señales, llamadas GW150914, GW151226, GW170104 y GW170814 fueron producidas por la coalición de dos agujeros negros; y finalmente la señal GW170817 fue producida por un sistema binario de estrellas de neutrones. El premio Nobel de Física 2017 fue otorgado a la detección de Ondas Gravitacionales generadas por sistemas binarios de hoyos negros, ha sido un logro multidisciplinario de 1167 participantes de 103 instituciones de 18 países los cuales conforman la colaboración LIGO.

### **Objetivo**

Formar un grupo de estudiantes que realicen investigación en la extracción y caracterización de las ondas gravitacionales detectadas por el interferómetro avanzado LIGO.

### **Descripción**

Se empezará con una introducción a los principios básicos de las ondas gravitacionales, enfocándose en aquellas generadas por sistemas binarios compactos como hoyos negros. Después, se presentaran los principios de funcionamiento del detector LIGO y se mostrará la relevancia del análisis y procesamiento de señales para poder detectar OG y localizar la fuente que las genera. Posteriormente el curso se enfocará a estudiar y aplicar métodos y técnicas fundamentales de procesamiento de señales, caracterización de ruido, filtrado lineal, análisis espectral basado en transformada de Fourier y espectrograma, y finalmente se presentaran modelos de detección de señales y estimación de parámetros.

### **Público objetivo**

Estudiantes de pregrado y posgrados, profesores e investigadores de las ciencias exactas (físicos y matemáticos) y de la ingeniería (computación, electrónica, y afines) interesados en temas de análisis de datos para la detección de ondas gravitacionales.

### **Metodología**

Tiempo total: 30 horas, dos sesiones de 5 horas cada una durante 3 días.

El curso se realizará haciendo uso de Matlab.

## **Programa (en ingles)**

### **Part 1:**

1. Time Series (sampling theorem, aliasing, etc.)
2. Analysis and Visualization of Time-domain Signals with Noise
3. FFT and Power Spectrum Density (Nyquist frequency, Parseval's theorem, etc.)
4. Linear Filtering in Fourier Domain (examples of linear filters, optimal filter)
5. Dynamics of Linear System (physical examples)
6. Statistical Analysis of Data (maximum likelihood, efficiency and ROC curves)

### **Part 2:**

1. Exploring LIGO data (download data, plot strain signals and compute sensitivity curves)
2. Obtaining synthetic GW from compact binaries injected in the LIGO science runs
3. Using cross-correlation to detect GW150914: the first gravitational wave ever detected
4. Detection of gravitational waves from compact binary black holes: events GW151226, GW170104 and GW170814
5. Gravitational waves from binary neutron stars: detection of the event GW170817