



UNIVERSIDAD PONTIFICIA CATÓLICA DE VALPARAÍSO

# Proyecto I

PROCESAMIENTO DIGITAL MULTIMEDIA – EIE401

Profesor: Jorge Cárdenas

## 1. LIGO-VIRGO Procesamiento de Señal

Uno de los avances más importantes en el estudio del universo, ha sido la detección de ondas gravitacionales. Esto se logró por la colaboración entre dos experimentos LIGO y VIRGO. Las ondas gravitacionales son señales resultantes de eventos astronómicos relacionados con cuerpos a alta aceleración, por ejemplo, la colisión de agujeros negros, supernovas o estrellas binarias, las que producen ondulaciones en el campo gravitacional, las que se propagan por todo el universo. Esas señales se propagan por millones de años, y como es de esperar, la perturbación que producen en nuestro campo gravitacional es tan bajo, que su detección tuvo que esperar décadas para desarrollar la tecnología correspondiente[2].

Los observatorios tienen el instrumental para hacer detecciones de estas señales usando interferometría con configuraciones de láseres aislados mecánicamente y eléctricamente, de tal forma que un cambio en nuestro campo gravitacional pueda ser detectado. Pero a pesar de todos los esfuerzos, la señal de interés está “enterrada” en una gran cantidad de ruido, que debe ser procesado para encontrar la señal que se conoce como un *chirp*[1]. La colaboración LIGO-VIRGO esta conformada por tres instrumentos de observación llamados Livingston, Hanford y Virgo, los cuales aportan mediciones para contrastar y verificar los resultados, es por esto que siempre encontrarás los datos provenientes de cada detector marcado con sus iniciales, es decir L1, H1 y V1, correspondientemente [3].

Tu tarea es tomar uno de los archivos de datos originales, principalmente representados como archivos de audio con gran cantidad de ruido en foreground, y procesarlo de tal forma que obtengas la señal de interés. En la Fig. 1 se puede ver los escalogramas de la detección por el experimento Hanford y por Livingston, para el evento GW150914. Allí se nota la señal y el residual (fondo) sin glitches de potencia.

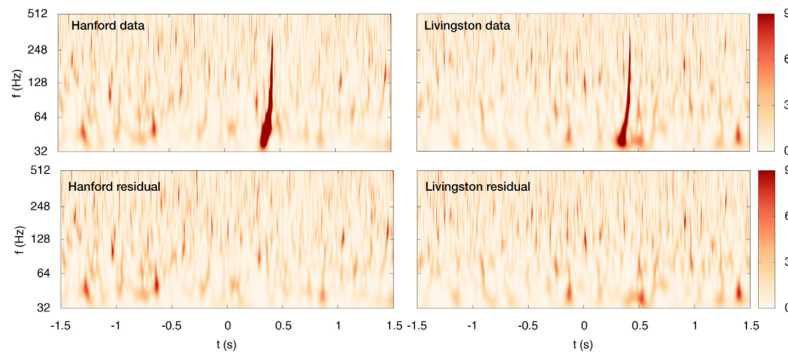


Figura 1: Escalograma para 3 segundos de datos para el evento GW150914.

Para el desarrollo de tu trabajo debes estudiar los documentos que encuentras en las referencias, especialmente [1]. Uno de los objetivos es que puedas identificar el proceso mediante el cual se logra remover el ruido y llegar a identificar una señal como posible detección de ondas gravitacionales.

Así mismo, debes usar el sitio <https://gwosc.org/eventapi/html/GWTC/>, donde encuentras todo el catalogo de observaciones con los datos en diferentes formatos. Debes seleccionar una detección para tu estudio y descargar los datos correspondientes (H5 o TXT), lo que posteriormente deberás tratar de manera digital como audio (serie de tiempo).

*tip:* Te recomiendo tomar la serie de tiempo corta (32 segundos) para facilitar el análisis, y asegurarte de tomar la tasa de muestreo más alta.

*tip:* Asegúrate de tomar un caso cuyo espectrograma de muestra, indique una señal clara y fuerte para facilitar tu trabajo, de otra forma es posible que no logres aislarla lo suficiente.

- **Desarrollo de la solución (70 %):** En el siguiente link encuentras el notebook que te puede servir como guía para el trabajo [https://github.com/Jorgecardenas1/EIE\\_401\\_MULTIMEDIA/tree/main/Proyectos/Proyecto%201](https://github.com/Jorgecardenas1/EIE_401_MULTIMEDIA/tree/main/Proyectos/Proyecto%201)
  - El trabajo debe realizarse en Jupyter Notebook, donde el orden en la presentación, estructura del código, comentarios y explicaciones el funcionamiento serán evaluados (20 %).
  - Debes incluir todos los archivos (audio) para ejecutar tu solución y así comprobar que funcione correctamente. (80 %)
  - La solución debe reposar en tu repositorio personal en GitHub.
  - La hora de entrega será como máximo las 23:59 de la fecha establecida de entrega. Cualquier retraso en la fecha y hora de entrega se sanciona con un 10 % de la nota final del proyecto.
- **Reporte (30 %):** En el mismo enlace encuentras el archivo con el formato para realizar tu informe en Overleaf.
  - Debe realizar un informe de tu trabajo en formato de paper IEEE. Se valora la calidad del texto, la explicación y comprensión del procedimiento y los resultados. (50 %)
  - El informe NO puede ser superior a 2 páginas de contenido (sin incluir referencias). (20 % calificación binaria)
  - El informe debe contener, abstract, introducción, sección de Marco Teórico, Metodología, Resultados y Conclusiones. (20 % calificación binaria)
  - Debe proporcionar por lo menos cuatro (4) referencias para el trabajo. (10 % calificación binaria)
  - El reporte debe ser nombrado Apellido\_Nombre.cédula\_Proyecto#.pdf
  - La hora de entrega será como máximo las 23:59 de la fecha establecida de entrega. Cualquier retraso en la fecha y hora de entrega se sanciona con un 10 % de la nota final del proyecto.

## Referencias

- [1] B. P. Abbott et al. *A guide to LIGO-Virgo detector noise and extraction of transient gravitational-wave signals*. Feb. de 2020. DOI: 10.1088/1361-6382/ab685e.
- [2] Imène Belahcene. “Searching for gravitational waves produced by cosmic strings in LIGO-Virgo data”. En: (2019). URL: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02878783>.
- [3] Akhila Raman. “On the Signal Processing Operations in LIGO signals”. En: (nov. de 2017). DOI: 10.1109/GlobalSIP.2018.8646464. URL: <http://arxiv.org/abs/1711.07421> <http://dx.doi.org/10.1109/GlobalSIP.2018.8646464>.