

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

PROYECTO DE GRADO

---

—

---

*Autor:*

Juan BARBOSA

*Director:*

Jaime FORERO, Dr.Sc.

*Proyecto de Grado para optar por el título de Físico*

Departamento de Física

20 de octubre de 2018



## 1. Introducción

La Teoría de la Relatividad General de Albert Einstein fue publicada en 1916, de dicha teoría surgen las ondas gravitacionales como una entre varias predicciones. El término “ondas gravitacionales” fue introducido por primera vez en una publicación de Henri Poincaré, 10 años antes, donde proponía la primera ecuación para el campo gravitacional que fuera invariante ante transformaciones de Lorentz [1, 2].

Si bien, cuales quiera dos objetos con masa al orbitar generan ondas gravitacionales, la mayoría de campos gravitacionales en el universo son débiles, entre las pocas excepciones se encuentran los campos cercanos a cuerpos extremadamente masivos, como agujeros negros y estrellas de neutrones, razón por la cual en la práctica solo las ondas gravitacionales provenientes de objetos extremadamente masivos son detectables [1]. Esto restringe las fuentes a sistemas binarios de estrellas, agujeros negros y supernovas (siempre que la explosión no sea simétrica). En el caso de los agujeros negros las ondas gravitacionales constituyen una herramienta muy poderosa para su estudio, pues a excepción de su gravedad, y su tamaño, un agujero negro es muy similar a cualquier otro objeto en el universo, bien sea una estrella o un planeta [3]. Dada la magnitud de la gravedad generada, no es posible que la luz escape de él. Esto da lugar a una superficie invisible, en el caso de encontrarse cerca, es posible detectar un agujero negro pues el paso de este por el firmamento ocultaría las estrellas del fondo. Pero a largas distancias, no es posible observarlos por un instrumento como un telescopio. Por otro lado, cuando la distancia entre el observador y un agujero negro es muy grande, sus efectos gravitacionales son poco distintos a los presentados por un objeto con la misma masa, pero un volumen considerablemente superior, pues a largas distancias ambas serán aproximadamente masas puntuales [3].

Los esfuerzos por detectar ondas gravitacionales empezaron con el uso de barras resonantes por el físico estadounidense Joe Weber en 1965 [2, 4]. Por varias décadas, la tecnología y la sensibilidad y la extensión de las barras de Weber mejoró, a tal punto de formar la primera red de observación global ondas gravitacionales. Sin embargo el acoplamiento entre materia y ondas es tan pequeño, que en el caso de la detección de ondas gravitacionales existen factores que en otros contextos no serían tan relevantes, como es el caso de las fuentes de ruido, como térmico, sísmico, *shot noise*, así como su frecuencia [2]. Si bien los detectores de interferometría no estaban exentos de estas fuentes de ruido, presentan mayor sensibilidad que las barras resonantes, por lo cual hoy en día son los más usados. Siendo los dos más representativos LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* por sus siglas en inglés) y Virgo, en Estados Unidos y Europa, correspondientemente [2, 5, 6].

Las ondas gravitacionales, como cualquier tipo de onda, llevan energía y momento lineal [7]. Esto ocasiona que en el caso de los sistemas binarios, poco a poco la órbita decaiga y los dos objetos se fusionen en un único cuerpo. En el momento en que tiene lugar la fusión de los cuerpos la amplitud de la onda aumenta considerablemente, y con ella el momento lineal, esto implica que el nuevo cuerpo, al concentrar el centro de masa se mueva en dirección opuesta

[illegible]

# Referencias

- (1) Straumann, N., *General relativity*; Springer Science & Business Media: 2012.
- (2) Bassan, M. *Astrophysics and Space Science Library* **2014**, 404, 275-290.
- (3) Meier, D. L., *Black hole astrophysics: the engine paradigm*; Springer Science & Business Media: 2012.
- (4) Weber, J. *Physical Review Letters* **1967**, 18, 498.
- (5) Abbott, B.; Abbott, R; Adhikari, R; Ajith, P; Allen, B.; Allen, G; Amin, R.; Anderson, S.; Anderson, W.; Arain, M. y col. *Reports on Progress in Physics* **2009**, 72, 076901.
- (6) Acernese, F.; Alshourbagy, M.; Amico, P.; Antonucci, F.; Aoudia, S; Astone, P; Avino, S.; Baggio, L; Ballardin, G; Barone, F. y col. *Classical and Quantum Gravity* **2008**, 25, 114045.
- (7) Hughes, S. A.; Favata, M. y Holz, D. E. en *Growing Black Holes: Accretion in a Cosmological Context*; Springer: 2005, págs. 333-339.
- (8) Bonnor, W. y Rotenberg, M. *Proc. R. Soc. Lond. A* **1966**, 289, 247-274.