



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Bert Janssen
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Departamento de Física Teórica y del Cosmos
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	

<b>Título del Trabajo:</b> Agujeros negros en 2+1 dimensiones					
<b>Tipología del Trabajo:</b> (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica	X	4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

### Breve descripción del trabajo:

Gravedad en 2+1 dimensiones es muy distinta a gravedad en 3+1. Dado que en  $D=2+1$  el tensor de Riemann tiene el mismo número de componentes independientes que el tensor de Ricci, la curvatura del espaciotiempo está completamente determinada por las ecuaciones de Einstein. Esto se manifiesta en que no existen soluciones dinámicas (como ondas gravitacionales) o soluciones con constantes de integración no-triviales (como la solución de Schwarzschild, de Kerr, ...). En particular eso implica que no existen soluciones de agujeros negros, tan características de gravedad en dimensiones más altas. Sin embargo, en 1992, Bañados, Teitelboim y Zanelli descubrieron que en presencia de una constante cosmológica negativa se puede construir lo que llegó a llamarse el agujero negro BTZ: una solución tridimensional con una singularidad y un horizonte. El agujero negro de BTZ causó mucho revuelo, porque aunque no es una solución realista, es un modelo de juguete muy sencillo para comprobar física de agujeros negros, como la fórmula de la entropía y la correspondencia AdS/CFT. En este proyecto el estudiante estudiará soluciones esféricamente simétricas y estáticas en gravedad 3-dimensional. En una primera fase entenderá las diferencias dinámicas entre gravedad en 3 y 4 dimensiones y estudiará por qué es necesario la presencia de una constante cosmológica negativa para la existencia de una solución tipo agujero negro. En una segunda fase se intentará generalizar ese agujero negro, incluyendo la presencia de un campo electromagnético, un campo escalar o momento angular no-trivial.

### Objetivos planteados:

- Entender las propiedades dinámicas de gravedad en 2+1 y 3+1 dimensiones.
- Derivar y comprender la existencia del agujero negro BTZ.
- Generalizar el agujero negro de BTZ, incluyendo un campo electromagnético, escalar o momento angular.

### Metodología:

- Estudio bibliográfico
- Cálculos propios del alumno

### Bibliografía:

- M. Bañados, C. Teitelboim, J. Zanelli, Phys.Rev.Lett. 69 (1992) 1849-1851, [arXiv:hep-th/9204099](https://arxiv.org/abs/hep-th/9204099)
- Bert Janssen, *Teoría de la Relatividad General*, Universidad de Granada (versión de junio 2020).
- E. Poisson, *A Relativist's Toolkit*, Cambridge University Press, 2004.
- R. Wald, *General Relativity*, Chicago University Press, 1984.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

*A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG*

*Alumno/a propuesto/a:* Elisa Vicente Escobar

Granada, de 2020

Sello del Departamento

Campus  
Fuentenueva  
Avda. Fuentenueva  
s/n  
18071 Granada  
Tfno. +34-958242902  
físicas@ugr.es

**Comisión Docente de Físicas**  
Facultad de Ciencias