

PROYECTO INTERNO SIN FINANCIAMIENTO PII-DFIS-2021-03
"Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence"

En la ciudad de Quito D.M., a los veintiún días del mes de noviembre de dos mil veintidós, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03 ***"Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence"***, por una parte la ***Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos*** en calidad de ***Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación*** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el ***Dr. Álvaro Dueñas Vidal*** en calidad de ***Director del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03***, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES

- a) Mediante Memorando Nro. EPN-DFIS-2020-0551-M del 20 de octubre del 2020, la Jefatura del Departamento de Física - DFIS, presenta al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, la propuesta del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento titulada ***"Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence"***, del Dr. Álvaro Dueñas.
- b) Mediante Resolución Nro. RCIIV-014-2021 de Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación del 2 de febrero de 2021, se aprobó la propuesta de Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento ***"Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence"*** presentada por el Dr. Álvaro Dueñas.
- c) Con Memorando Nro. EPN-VIIV-2021-0194-M del 9 de febrero de 2021, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica a la Jefatura del Departamento de Física, que el proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento presentado por el Dr. Álvaro Dueñas ha sido aprobado y que se le ha asignado el código PII-DFIS-2021-03, con fecha de inicio el 10 de febrero de 2021 y fecha de fin el 9 de febrero de 2022.
- d) Mediante Memorando Nro. EPN-CIIV-2022-0012-M del 26 de enero de 2022, el Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica al Dr. Álvaro Dueñas la Resolución RCIIV-010-2022 del 25 de enero de 2022, donde se aprueba la prórroga técnica del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03, hasta el 9 de mayo de 2022.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

| | |
|----------------------------------|--|
| Código de Proyecto | PII-DFIS-2021-03 |
| Nombre del Proyecto | Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence |
| Director del Proyecto | ALVARO DUEÑAS VIDAL |
| Unidad Ejecutora | Departamento de Física - DFIS |
| Línea de Investigación | Fundamentos de Física |
| Objetivo | Estudiar la posibilidad de entender la entropía de Bekenstein-Hawking como una entropía de entrelazamiento |
| Duración del Proyecto | <ul style="list-style-type: none">• Fecha de Inicio: 10 de febrero de 2021• Fecha de fin planeado: 9 de febrero de 2022• Prórroga técnica: hasta el 9 de mayo de 2022• Duración total: 15 meses |
| Entrega del Informe Final | 8 de agosto de 2022 |

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DFIS-2022-0441-M del 8 de agosto de 2022, el Dr. Álvaro Dueñas, Director del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03, entrega el Informe Final del proyecto que dirige, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- En el trabajo llevado a cabo se mostró que el formalismo de Jacobi puede ser extendido para el análisis de geodésicas en espacios dinámicos isótropos. Concretamente, se pudo aplicar al estudio de geodésicas en el agujero de Morris-Thorne embebido en un universo FLRW. En particular, una primera integral del sistema fue encontrada sin necesidad de acudir a la ecuación de las geodésicas. Esta primera integral fue la que permitió aplicar el formalismo a cualquier espacio dinámico. El resultado es una familia continua de métricas riemannianas sobre una pila de variedades diferenciables con frontera que encierran la física del espacio-tiempo original.
- El formalismo anterior se pudo utilizar para el cálculo de la entropía de entrelazamiento en soluciones asintóticamente $AdS_3 \times AdS_3$, conectadas por una garganta, y se pudo comprobar que la entropía de entrelazamiento evolucionaba hacia un máximo, coincidiendo con la entropía de Bekenstein-Hawking de una de las bocas en el límite a todo el espacio.
- Aunque se ha forzado la aplicación del formalismo de Jacobi a espacios dinámicos y, al menos para el caso estudiado, la dinámica geodésica es correcta, este punto debe ser considerado en detalle. En particular, se obtiene una familia uniparamétrica de métricas riemannianas, y esto debe ser estudiado en detalle desde un punto de vista matemático. Este es, precisamente, el germen del proyecto de mayor alcance presentado como uno de los productos alcanzados de este proyecto.

PRODUCTOS:

- Artículo enviado para revisión: "*The Jacobi metric approach for dynamical wormholes*"; Óscar Lasso Andino, Álvaro Dueñas Vidal; General Relativity and Gravitation (Indexada en SCOPUS, Q1); ISSN: 00017701, 15729532; agosto 2022.
- Perfil de proyecto de mayor impacto: PII-DFIS-2022-01: "*Jacobi-Eisenhart formalism for dynamic wormhole space-times and geometric flows*"; presentado ante el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación de la Escuela Politécnica Nacional; abril 2022.
- Presentación a la comunidad académica: "*Dynamics in evolving spacetimes*"; Dr. Álvaro Dueñas; Conferencia en la Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional; agosto 2022.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03 no contó con asignación presupuestaria.

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DFIS-2021-03 "*Black hole entropy and entanglement entropy in the framework of the AdS/CFT correspondence*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito D.M., a los veintiún días del mes de noviembre de dos mil veintidós.

Dra. Alexandra Alvarado
**Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Vinculación**

Dr. Álvaro Dueñas
**Director del Proyecto
PII-DFIS-2021-03**

sp/cr