



Instituto de Ciencias Exactas y Naturales  
Facultad de Ciencias

# Renormalización conforme de teorías escalar-tensor de la gravedad

**Por: Mairym Eliana Busnego Barrientos**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Arturo Prat y  
al Instituto de Ciencias Exactas y Naturales y para optar al grado  
académico de Magíster en Ciencias con Mención en Física Teórica.

Marzo 2023

Iquique, Chile

**Directores de tesis: Dr. Cristóbal Corral y Dr. Nelson Merino**

**Comisión:**

© 2023, Mairym Busnego Barrientos

Ninguna parte de esta tesis puede reproducirse o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio o procedimiento, sin permiso por escrito del autor.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

*Now the world can be an unfair place at times  
But your lows will have their compliment of highs  
And if anyone should cheat you  
Take advantage of or beat you raise your head  
And wear your wounds with pride.*

---

## AGRADECIMIENTOS

Sinceramente creo que esta es la sección mas difícil de escribir, así que tratare de hacerlo de la mejor forma posible y no olvidar a nadie en el camino. En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, quienes han sido mi fuente inagotable de amor, apoyo y aliento a lo largo de esta travesía académica. A mis padres, Myriam Barrientos, mejor conocida como la Gordita y Elio Bunsego aka Gordin, quienes me han inculcado valores de perseverancia y dedicación, y me han brindado el respaldo incondicional en cada paso que he dado. A mi hermana, Nathalia por ser mi compañía y preocupación constante y por su confianza en mis capacidades. A Bastian Ayala, mi pareja, eres una inspiración constante para mi y un pilar fundamental en mi vida. Sin su constante apoyo emocional, realmente esta meta y tantas otras no habría sido posible.

Asimismo, quisiera agradecer a mis amigos y compañeros quienes han sido mi red de apoyo y aliento durante los momentos de estrés y desafíos. La lista es enorme, pero quisiera ser enfática también en esas personas que se tomaron el tiempo de enviarme memes y canciones, Gabriel Arenas, Camilo Nuñez, les debo el soundtrack de este logro.

No puedo dejar de reconocer a mis profesores, cuya sabiduría, conocimientos han sido invaluable en el desarrollo de mi tesis. Agradezco especialmente a Cristóbal Corral, Nelson Merino, Ignacio Araya y Giorgos Anastasiou por su dedicación y paciencia al dirigir este proyecto. Sus comentarios y sugerencias críticas han sido fundamentales para enriquecer mi trabajo y llevarlo a un nivel superior. Quisiera mencionar que siento una gratitud inmensa a la familia que se ha formado en Iquique, como primera experiencia de postgrado, Carlangas, Luchito, Luis, los profesores por ustedes fue como sentirse en casa. También me gustaría agradecer a Rodrigo Aros, quien ha sido una guía fundamental desde mi pregrado y sigue creyendo en mi como desde el primer día en que acepto ser mi tutor en la licenciatura en física.

Además, quiero dar las gracias a las personas que me brindaron su apoyo en los cálculos e interpretaciones de este trabajo. Agradezco a Nicolás Cáceres, Gonzalo Barriga, Francisco Colipí, Rodrigo Olea, Leonardo Sanhueza y Kristiansen Lara, por su asesoramiento y su disposición para responder mis preguntas y su habilidad para simplificar conceptos complejos fueron esenciales para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, deseo agradecer a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a este logro. A aquellos que he conocido en escuelas, conferencias y workshops,

es lindo saber que la comunidad de la física teórica se esta formando con gente tan dedicada, amable y unida, donde todos se ayudan a crecer como académicos y personas.

## Resumen

En esta tesis, estudiamos el método de renormalización conforme aplicado en teorías con grados de libertad más allá de los métricos. Específicamente, revisamos este método en presencia de un campo escalar. Para ello, a modo de revisión, repasamos el principio de acción de Relatividad General y las ecuaciones de Einstein, además de visitar las condiciones para que esta teoría tenga un principio variacional bien definido cuando imponemos condiciones de borde tipo Dirichlet. Luego, examinamos diversos métodos para calcular cargas conservadas en espacios asintóticamente planos. En espacios asintóticamente anti-de Sitter, estudiamos dos esquemas de renormalización los cuales son relevantes para este trabajo. Con el fin de motivar el método aquí empleado, veremos que la teoría de Gravedad Conforme es finita para espacios que son asintóticamente anti-de Sitter, tal como se demostró en [1]; un principio guía que nos da una pista de cómo la simetría conforme estaría relacionada con la renormalización en espacio-tiempos con dicha asíntota. La base de esta construcción es la extensión de un tensor covariante bajo rescalamientos de Weyl compuesto de la métrica y del campo escalar propuesto en la [2]. Esta extensión hace que el peso conforme de dicho tensor sea igual al del tensor de Weyl. Extendemos esta realización revisando teorías tensor-escalar que gozan de simetría conforme, acopladas con la acción de Einstein-AdS escrita en la forma de MacDowell-Mansouri. A pesar de que el sector de Einstein-AdS rompe la simetría conforme, mostramos que la teoría completa aún puede ser renormalizada si el campo escalar tiene un decaimiento adecuado cuando se consideran soluciones asintóticamente anti-de Sitter. Finalmente, estudiamos las soluciones tipo agujero negro, calculando su temperatura de Hawking y la acción Euclídea on-shell, mostrando explícitamente que esta última es finita para espacios asintóticamente anti-de Sitter.

## Abstract

In this thesis, we investigate the method of conformal renormalization applied to theories with degrees of freedom beyond the metric ones. Specifically, we examine this method in the presence of a scalar field. To do this, as part of a review, we revisit the action principle of General Relativity and Einstein's equations, in addition to re-examining the conditions for this theory to have a well-defined variational principle when Dirichlet boundary conditions are imposed. We then explore various methods for calculating conserved charges in asymptotically flat spaces. In asymptotically anti-de Sitter spaces, we study two renormalization schemes that are relevant to this work. To motivate the method used here, we observe that Conformal Gravity is finite for spaces that are asymptotically anti-de Sitter, as demonstrated in [1]. This guiding principle gives us a clue as to how conformal symmetry may be related to renormalization in spacetimes with such asymptotics. The basis of this construction is the extension of a covariant tensor under Weyl rescalings composed of the metric and the scalar field as proposed in [2]. This extension ensures that the conformal weight of this tensor is equal to that of the Weyl tensor. We extend this realization by considering tensor-scalar theories with conformal symmetry, coupled with the Einstein-AdS action written in the MacDowell-Mansouri form. Despite the fact that the Einstein-AdS sector breaks conformal symmetry, we show that the entire theory can still be renormalized if the scalar field has an appropriate decay when considering asymptotically anti-de Sitter solutions. Finally, we study black hole-type solutions, calculating their Hawking temperature and the Euclidean on-shell action, explicitly demonstrating that the latter is finite for asymptotically anti-de Sitter spaces.

**Keywords** – General Relativity, Master Thesis, Black Holes, Renormalization

# Índice general

|                 |     |
|-----------------|-----|
| AGRADECIMIENTOS | I   |
| Resumen         | III |
| Abstract        | IV  |
| Referencias     | 2   |



---

blablabla

## Bibliografía

- [1] Daniel Grumiller, Maria Irakleidou, Iva Lovrekovic, and Robert McNees. Conformal gravity holography in four dimensions. *Physical Review Letters*, 112(11), mar 2014.
- [2] Julio Oliva and Sourya Ray. Conformal couplings of a scalar field to higher curvature terms. *Class. Quant. Grav.*, 29:205008, 2012.