



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

DR. JUAN MORALES CORONA

Jefe del Departamento de Física

CdMx a 3 de octubre de 2025.

DR. ROMAN LINARES ROMERO
Presidente del Consejo Divisional de
Ciencias Básicas en Ingeniería
P R E S E N T E.

Después de haber revisado el informe de actividades realizadas por el **Dr. Hugo Morales Técotl**, durante su periodo sabático, me permito informarle a usted que, a mi juicio, los objetivos se cumplieron de forma satisfactoria.

De esta manera pongo a su consideración que se incluya en la orden del día de la próxima sesión del Consejo Divisional que usted preside la presentación del informe.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.



ATENTAMENTE
"CASA ABIERTA AL TIEMPO"



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

CONSEJO DIVISIONAL DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERIA

INFORME DE PERÍODO SABÁTICO

DATOS GENERALES

Nombre del profesor: Hugo Aurelio Morales Técotl Nº empleado: 14922
Departamento: Física Área: Gravitación y cosmología
Teléfono particular: [REDACTED] Extensión UAM-I: [REDACTED] E-mail: [REDACTED]@xanum.uam.mx

DATOS DEL PERÍODO SABÁTICO SOLICITADO

Nº meses solicitados: 16 Fecha de inicio: 26/02/2024 Fecha de terminación: 25/04/2025
Institución donde se realizará: UAMI
Depto., Laboratorio, etc.: Física
Domicilio de la institución: Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, Núm. 186, Col. Leyes de Reforma 1 A Sección, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México
Teléfono: 5558044600 [REDACTED] Fax: 558044611 E-mail: [REDACTED]@xanum.uam.mx

OBJETIVOS DEL PERÍODO SABÁTICO

Los objetivos del periodo sabático fueron: (i) investigar las consecuencias de la estructura del espaciotiempo en la gravitación y la materia, (ii) formar recursos humanos especializados a nivel licenciatura y posgrado, (iii) difundir y divulgar los avances y perspectivas en eventos especializados, así como para el público en general.

METAS ALCANZADAS EN EL PERÍODO SABÁTICO

☐ Memorias in extenso en libro de resúmenes* ☒ Artículos de investigación en revista indexada* ☐ Presentaciones en congresos
☐ Libros o capítulos de libros ☐ Grado ☐ % Avance de estudios de posgrado
☒ Otros (especifique): Conclusión de dirección de tesis de posgrado. Programa de divulgación de la Ciencia y la Tecnología.

* Indicar en anexo si se trata de trabajo publicado, aceptado o sometido

TIPO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DESARROLLADAS

(Indique aquellas relacionadas con las actividades desarrolladas)



Investigación



Docencia



Difusión



Formación académica



Formación profesional



Entrenamiento técnico



Otros (especifique): Dirección de tesis de posgrado.

RESUMEN DEL PLAN DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DESARROLLADAS

(El llenado de esta sección no sustituye el informe detallado de actividades)

(i) En investigación, 2 artículos publicados en revistas internacionales reconocidas y arbitradas, (ii) en formación de recursos humanos, conclusión de 5 proyectos de posgrado en UAMI y 2 en IPN; adicionalmente 2 en proceso en UAMI, (iii) en divulgación, organización de 1 evento de divulgación mensual y 2 ediciones anuales de un evento especializado, e (iv) en docencia, impartición de una UEA en 25P.

PARA USO DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Después de haber evaluado el informe detallado de actividades del periodo sabático del interesado según los lineamientos establecidos para tal efecto; informo al Consejo Divisional que:



Los objetivos SE cumplieron satisfactoriamente



Los objetivos SE cumplieron parcialmente



Los objetivos NO se cumplieron



NO se cumplió el propósito del sabático

Firma del Jefe de Departamento

25-Sep-2025

Fecha

PARA USO DEL CONSEJO DIVISIONAL

El Consejo Divisional, en su Sesión No. _____ del _____ sobre el Período sabático del interesado acordó que:



Los objetivos SE cumplieron satisfactoriamente



Los objetivos SE cumplieron parcialmente



Los objetivos NO se cumplieron



NO se cumplió el propósito del sabático

Secretario del Consejo Divisional

*Además de este formato-resumen, el interesado deberá entregar su Informe detallado de actividades junto con la documentación probatoria correspondiente.

INFORME

PERIODO SABÁTICO (Febrero 26, 2024 – Junio 25, 2025)

Dr. HUGO AURELIO MORALES TÉCOTL

OBJETIVOS PLANTEADOS

- (i) Investigar las consecuencias de la estructura del espacio tiempo en al ámbito de la gravitación y la materia.
- (ii) Formar recursos humanos especializados a nivel licenciatura y posgrado.
- (iii) Difundir y divulgar los avances y perspectivas en eventos especializados, así como para el público en general.

RESUMEN DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS DESARROLLADAS

- (i) En investigación, 2 artículos publicados en revistas internacionales reconocidas y arbitradas.
- (ii) En formación de recursos humanos, conclusión de 5 proyectos de posgrado UAMI y 2 en IPN; adicionalmente 2 en proceso en UAMI.
- (iii) En divulgación, organización de 1 evento mensual de divulgación y 2 ediciones anuales de un evento especializado.
- (iv) En docencia, impartición de 1 UEA en 25-P.

ARTÍCULOS PUBLICADOS

1. Testing general covariance in effective models motivated by loop quantum gravity
Juan Carlos Del Águila and Hugo A. Morales-Técotl
Class.Quant.Grav. 42 (2025) 10, 105002.
2. Unitary evolution and cosmic acceleration in Loop Quantum Cosmology
Omar Gallegos, Tonatiuh Matos and Hugo A. Morales-Técotl
Phys.Lett.B 864 (2025) 139419.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los siguientes alumnos del Posgrado en Física de UAMI han trabajado bajo mi dirección.

	Nombre	Nivel	Estado
1	Benjamín García Contreras (Coasesoría con Dr. Isaac Pérez Castillo)	Maestría	Presentó examen de grado
2	Ángel Joel Sanjuán García	Maestría	En espera de fecha de examen
3	Leonardo Saúl Rubio Vázquez	Maestría	Presentó examen de grado
4	Juan Carlos Ruelas Vázquez	Doctorado	Presentó examen de grado
5	Gustavo Alejandro Sánchez Herrera (Coasesoría con Dr. Héctor H Hernández)	Doctorado	En proceso

	Hernández de UA-Chihuahua)		
6	Juan Carlos del Águila Ramírez	Postdoctorante	Concluyó proyecto y continúa con un segundo proyecto
7	Francisco Campos Oliden	Maestría (Tutoría)	En proceso

Los siguientes alumnos del Posgrado en Física de IPN han trabajado bajo mi dirección.

	Nombre	Nivel	Estado
1	Saúl Guzmán Coca (Coasesoría con Dr. Francisco Javier Turrubiates Saldivar de IPN)	Maestría	Presentó examen de grado
2	Mario Rivera Ortega (Coasesoría con Dr. Francisco Javier Turrubiates Saldivar de IPN)	Doctorado	Presentó examen de grado

DIVULGACIÓN

1. Organización del Instituto Manuel Sandoval Vallarta, Programa de Divulgación de la Ciencia y la Ingeniería, de la DCBI de UAMI. Evento para todo público realizado una sábado de cada mes en la Casa de la Primera Imprenta de América de UAM. Inició en el otoño del 2024 y se realizará todo el 2025. Miembro del Comité Organizador junto con los Dres. Carlos Escobar Ruiz, Adrián Mauricio Escobar Ruiz, Luis Hernández Rosas, Héctor Hernández Hernández (UA-Chihuahua) y Octavio Pimentel Rico.
2. “¿Cómo atrapan luz los agujeros negros?” Plática dentro del Instituto Manuel Sandoval Vallarta, Programa de Divulgación de la Ciencia y la Ingeniería, de la DCBI de UAMI.
3. MEXILAZOS 2024 y 2025. Evento nacional anual especializado en gravitación cuántica. Miembro del Comité Organizador Científico.

DOCENCIA

Se impartió la UEA Mecánica Elemental I en el trimestre 25-P; el inicio del curso fue un mes antes del término del periodo sabático.

NB Los documentos probatorios se comparten en enlace compartido vía correo-e con la Oficina Técnica del Consejo DCBI.



Dr. Hugo A. Morales Técotl
Profesor del Departamento de Física

Testing general covariance in effective models motivated by loop quantum gravity

Juan Carlos Del Águila*  and Hugo A Morales-Técotl 

Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, CP 09340 Ciudad de México, México

E-mail: jcdelaguila@xanum.uam.mx and hugo@xanum.uam.mx

Received 23 December 2024; revised 11 April 2025

Accepted for publication 24 April 2025

Published 8 May 2025



CrossMark

Abstract

In this work we introduce a criterion for testing general covariance in effective quantum gravity theories. It adapts the analysis of invariance under general spacetime diffeomorphisms of the Einstein–Hilbert action to the case of effective canonical models. While the main purpose is to test models obtained in loop quantum gravity, the criterion is not limited to those physical systems and may be applied to any canonically formulated modified theory of gravity. The approach here is hence not that of finding an effective model, but rather to examine a given one represented by a quantum corrected Hamiltonian. Specifically, we will apply the criterion to spherically symmetric spacetimes in vacuum with inverse triad and holonomy modifications that arise as a consequence of the loop quantization procedure. It is found that, in addition to the initial modifications of the Hamiltonian, quantum corrections of the classical metric itself are needed as well in order to obtain generally covariant models. A comparison with recent alternative criteria is included in the discussion.

Keywords: loop quantum gravity, spherically symmetric spacetimes, effective quantum gravity models, general covariance

* Author to whom any correspondence should be addressed.



Original Content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 licence. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.



Letter

Unitary evolution and cosmic acceleration in Loop Quantum Cosmology

Omar Gallegos^{a,*,}, Tonatiuh Matos^{b,}, Hugo A. Morales-Técotl^{c,}
^a Centro de Ciencias Matemáticas, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM-Campus Morelia, A. Postal 61-3, Morelia, Michoacán C.P. 58090, Mexico

^b Departamento de Física, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, A.P. 14-740, 07000 CDMX, Mexico

^c Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, Núm. 186, Col. Leyes de Reforma 1 A Sección, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México, Mexico

ARTICLE INFO

Editor: G. Mandal

ABSTRACT

Loop quantum cosmology was shown to interpolate between de Sitter and FLRW Universe phases through a bounce by including Euclidean and Lorentzian terms of the Hamiltonian constraint with weight one -that corresponding to classical General Relativity. Unitary evolution required self-adjoint extensions of the constraint and a Planckian cosmological constant was obtained. Independent work took a positive weight to get a cosmological constant with the observed value, without considering unitarity. In this work we address the unitary evolution of the model for arbitrary weight. For non positive weight parameter unitary holds but for positive values self-adjoint extensions are required. To encompass observations the extensions here provided are mandatory. These are implemented in a propagator. Finally, we discuss our results and perspectives.

1. Introduction

The observational evidence [1,2] in favor of a, possibly depending on time [3], accelerated expansion of our universe takes us back to the question as to what is its origin [4]. In its simplest form this amounts to the so-called cosmological constant problem. However, as it is well known, a simple minded combination of field theory and gravity leads to a value for this parameter 120 orders of magnitude off the current observations. Given this state of affairs the possibility has been considered to find a solution for this challenge within quantum gravity. Amongst different proposals, Loop Quantum Gravity (LQG) stands forward in regard to the inclusion of a background independent discrete structure [5,6], that has succeeded in the study of black holes [7] and cosmological models [8–13], in, for instance, replacing classical singularities by quantum bounces.

Using LQG for homogeneous models is dubbed Loop Quantum Cosmology (LQC) [8]. In this case the two terms entering the Hamiltonian constraint: Euclidean and Lorentzian, turn out to be proportional classically, and quantization originally focused on the former [8–20]. Nevertheless, the possibility of quantizing the Lorentzian term along the lines of LQG [6] was pursued [21–25] yielding interpolation between a de Sitter and FLRW phases; effectively a cosmological constant. Either one or the other of the following unappealing features hold for these models: (i) the scale of the cosmological constant is Planckian, or, (ii) no unitary evolution is ensured since its generator is not self-adjoint.

The cosmological constant issue has been examined within LQC, by adopting a Friedman-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) model, which describes a homogeneous and isotropic Universe with a massless scalar field ϕ as a clock. At first an explicit cosmological constant was considered in the Hamiltonian constraint, with only the Euclidean term [12–17]. Here the Hamiltonian operator is not self-adjoint, but admits self-adjoint extensions [13,15]. On the other hand, some works [22–25] concentrated on a flat FLRW cosmological model including both terms in the Hamiltonian constraint without cosmological constant. In this case the inclusion of the Lorentzian term yields an effective Planckian cosmological constant [23,24]. To get an effective cosmological constant with the observable value, it was proposed to include a parameter λ weighting differently the Euclidean and Lorentzian terms of the Hamiltonian constraint [22].

The de Sitter branch emerging from the bounce is described asymptotically by the acceleration equation

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G C_\gamma}{3}(\rho + 3P) + \frac{\Lambda_{\text{eff}}}{3}, \quad (1)$$

with $C_\gamma = \left(\frac{1-5\lambda\gamma^2}{1+\lambda\gamma^2}\right)$ and $\Lambda_{\text{eff}} = \frac{3\lambda}{(1+\lambda\gamma^2)^2\Delta}$, the effective cosmological constant. a is the scale factor, dot derivative w.r.t. t , the cosmic time, $\gamma = 0.2375$ is the Barbero-Immirzi parameter [26–29] and ρ and P are energy density and pressure of matter. Δ is the gap of area in LQG of order ℓ_P^2 , with ℓ_P Planck's length. In the regime dominated by Λ_{eff} the

* Corresponding author.

E-mail addresses: ogallegos@matmor.unam.mx (O. Gallegos), tonatiuh.matos@cinvestav.mx (T. Matos), hugo@xanum.uam.mx (H.A. Morales-Técotl).