



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA



UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Aniversario de la Facultad de Ingeniería de LUZ (1946-2026).
Desde 1946, siendo referencia nacional en la formación técnica y humana. Son 80 años de trayectoria dedicados a la formación de ingenieros íntegros para la nación.

Holo Composición Geodésica del Campo Geométrico aplicado en Códigos de Modelado de Sistemas Físicos Complejos

Cecilia Esperanza Sandoval Ruiz 

Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Autor de correspondencia: cesandova@gmail.com

<https://doi.org/10.22209/rt.v49a01>

Recepción: 25 mayo 2025. | Aceptación: 07 julio 2025. / Publicación: febrero 2026.

Resumen

El principio holográfico del entrelazamiento geométrico permite enunciar que la interacción entre partículas, flujo geodésico u ondas en una región puede describirse mediante el modelo de operador matemático proyectivo de su superficie límite, considerando el remanente reflejado por el medio. El objetivo es reconocer un operador de campo geométrico, definido por las ecuaciones geodésicas del espacio que permita describir la salida de un sistema en función del estado topológico y memorias de energía, logrando comprimir el modelo a la forma de $n-1$ dimensiones, que se despliegan en un arreglo de composición geométrica-física. Se aplicó como método la inferencia de enunciados teóricos, con base en conceptos de álgebra abstracta. El aporte de la presente investigación es la identificación del codificador de convolución del circuito LFSR como un funcional –objeto matemático–, para el desarrollo de modelos clásico-cuánticos, incorporando la totalidad de parámetros que definen el comportamiento de los sistemas complejos, con aplicaciones en tecnologías emergentes en el sector energético de ERNC y soluciones de ingeniería.

Palabras Clave: Atractor geométrico; campos finitos; funcional LFSR; flujo geodésico; mecánica cuántica; tensor de curvatura.

Holographic geodesic composition of the geometric field applied in modeling codes for complex physical systems

Abstract

The holographic principle of geometric entanglement allows us to state that the interaction between particles, geodesic flow, or waves in a region can be described by the projective mathematical operator model of its boundary surface, considering the remainder reflected by the medium. The objective is to recognize a geometric field operator, defined by the geodesic equations of space, that allows describing the output of a system based on the topological state and energy memories, compressing the model into $n-1$ dimensions, which unfold in a geometric-physical composition arrangement. The method used was the inference of theoretical statements, based on concepts from abstract algebra. The contribution of this research is the identification of the convolution encoder of the LFSR circuit as a functional—mathematical object—for the development of

classical-quantum models, incorporating all the parameters that define the behavior of complex systems, with applications in emerging technologies in the NCRE energy sector and engineering solutions.

Keywords: curvature tensor; finite fields; geodesic flow; Geometric attractor; LFSR functional; quantum mechanics.

Composição Geodésica Holográfica do Campo Geométrico Aplicada a Códigos de Modelagem para Sistemas Físicos Complexos

Resumo

O princípio holográfico do entrelaçamento geométrico permite afirmar que a interação entre partículas, fluxo geodésico ou ondas em uma região, pode ser descrita pelo modelo matemático projetivo de sua superfície de contorno, considerando o remanescente refletido pelo meio. O objetivo é identificar um operador de campo geométrico, definido pelas equações geodésicas do espaço, que permita descrever a saída de um sistema como uma função do estado topológico e das memórias de energia, comprimindo assim o modelo em uma dimensão $n-1$, que se desdobra em um arranjo de composição geométrico-física. O método aplicado foi a inferência de proposições teóricas, baseada em conceitos de álgebra abstrata. A contribuição desta pesquisa é a identificação do codificador de convolução do circuito LFSR como um funcional — um objeto matemático — para o desenvolvimento de modelos clássico-quânticos. Este modelo incorpora todos os parâmetros que definem o comportamento de sistemas complexos, com aplicações em tecnologias emergentes de energias renováveis e soluções de engenharia.

Palavras-chave: Atrator geométrico; campos finitos; fluxo geodésico; funcional LFSR; mecânica quântica; tensor de curvatura.

Introducción

En el marco del año de la ciencia y tecnología cuántica, se ha estudiado el principio de dualidad onda-partícula, del flujo incidente en los captadores de energías renovables, tanto para fotovoltaica como eólica, resultado de extrapolar los conceptos teóricos de codificación convolucional de bloques para el estudio de mecanismos físicos, en las áreas de fluidodinámica y óptica geométrica, bajo un paradigma compatible con física clásica y cuántica, a través de un operador híbrido. Lo que ha permitido incorporar un término de realimentación, para la recuperación de energía residual, entendiendo que el compromiso de la ciencia es el bienestar de todas las especies, así como la conservación y gestión sostenible de los recursos naturales.

La dualidad onda-partícula es uno de los conceptos más fascinantes de la mecánica cuántica, su modelado matemático se ha convertido en un problema de ingeniería. Esta idea sostiene que todas las partículas —no exclusivamente los fotones—, pueden comportarse tanto como ondas como paquetes discretos de energía —codificada—. Esto nos permite inferir que objetos complejos (macroscópicos) también presentan patrones de interferencia —fenómeno que revela su comportamiento ondulatorio—.

Las teorías emergentes evidencian la necesidad de un operador dual para describir la interacción onda-partícula, donde el modelado del sistema se puede simplificar mediante la selección interpretada de los operadores matemáticos geométricos. Allí se considera la convoluta $\pi\tilde{n}a_i$, definida como un atractor en forma de espiral incremental que relaciona la simetría radial (π), axial y fractal, el promedio de la distancia entre n puntos en el espacio al que convergen las trayectorias del sistema y los puntos de prueba en la posición i . De forma extendida se tiene un registro de memoria, que considera los valores pasados $\pi\tilde{n}a_{i-1}$, de manera tal que se alinea en forma coherente, a través de una resonancia de restauración.

Recientes investigaciones (Tyagi y Schmitz, 2025) revelan que los modelos físicos presentan factores ignorados, un ejemplo es el coeficiente de potencia máxima C_p , en función de la relación de velocidad de punta λ , de los sistemas eólicos, por lo que se requiere un abordaje bajo nuevos enfoques matemáticos. En el contexto de la física moderna se plantea la aplicación de recursos geométrico-algebraicos: las geodésicas –línea de mínima longitud en una superficie sobre geometría euclidiana, elíptica e hiperbólica– son curvas de trayectoria que seguiría una partícula sin aceleración –en el plano, líneas rectas; en la esfera, círculos máximos como el ecuador–.

Entonces, las trayectorias del péndulo de Foucault –curva cíclica parametrizable, en función de la latitud, considerando el efecto Coriolis– puede relacionarse con proyecciones de geodésicas, entre el tensor de la masa m del péndulo y el atractor del sistema gravitacional, así se puede estimar la interacción de fuerzas –considerando el fenómeno de interferencia por superposición de radiación solar y otros campos de interacción en el espacio–, en función de las geodésicas.

Interpretado desde la perspectiva de macrosistemas, las energías renovables tienen patrones de incidencia que están directamente relacionados con las líneas geodésicas, cuyas funciones de seguimiento pueden ser definidas por la geometría. En este punto se asocian los conceptos de tenseguridad, equilibrio dinámico y simetría, aplicados al diseño de los convertidores.

En esta investigación se plantea como objetivo una teorización –en algebra abstracta– de las ecuaciones geodésicas: $g(x) = x^i \cdot G(x) \bmod p(x)$, y su concatenación fractal LFSR(n, k), a fin de unificar los campos físicos en un único objeto matemático, describiendo las interacciones de forma generalizada y elegante, y detallar el soporte matemático de los orbitales geodésicos de flujo de energía: $F_G(x) = f(n - i) \cdot G(i) \bmod g(x)$, simplificando la complejidad e incorporando nuevos términos geométricos, previamente desestimados, en un marco más preciso y aplicable para optimizar la eficiencia energética e impacto ambiental de los sistemas.

Teorización matemática del campo geométrico aplicado a la física moderna y ondas

Para el modelado físico del sistema se considera un generador de secuencia holográfico, es decir un operador matemático de codificación de información en la superficie del campo de interacción, a partir del cual se genera un patrón de interferencia, dando lugar a una transformada holográfica de concentración de información, y viceversa. En el contexto de la correspondencia holográfica, las líneas proyectivas se relacionan con las geodésicas, en la construcción del registro tridimensional del patrón de interferencia con una relación de curvatura, desde la geometría proyectiva, debido a la óptica involucrada –condiciones de borde– y la menor distancia entre puntos de la superficie del campo geométrico –que describen las trayectorias óptimas, relacionadas con el concepto geométrico de gravedad–.

En este orden de ideas, se puede interpretar a cualquier sistema físico tanto como una red de difracción, así como una composición de patrones de interferencia de ondas (Sandoval-Ruiz, 2025a), un holograma. Donde el caracterizador –gradiente, divergencia o rotacional– del campo geométrico describe la interacción del sistema, generando un atractor descriptivo del comportamiento para las variables físicas de prueba, mediante un operador matemático híbrido, LFSR de entrelazamiento, por convolución sobre campos finitos (Sandoval-Ruiz, 2025b).

Este operador avanzado contempla un selector de realimentación para reflejar la interacción onda-partícula, –el término de sesgo de los modelos clásicos, que puede ser parametrizado, para modelar su comportamiento como un patrón fractal con condiciones locales, mediante un aproximador selectivo de escala–, que implementa las ecuaciones por capas, líneas geodésicas y dimensiones, en operaciones algebraicas sobre el modelo del sistema complejo de energía. La incorporación de este enfoque hace que los modelos puedan lograr la regeneración de los patrones de entrada, minimizando el impacto ambiental del captador y optimizando la eficiencia energética.

Sobre las base del codificador de flujo de energía, se estudió la relación de geometría de campo y campo extendido (Sandoval-Ruiz, 2021), considerando que (i) las líneas geodésicas describen una guía de interacción onda-partícula, que define el ordenamiento en un *clustering* del espacio, según la densidad de

$$k \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$k \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\phi^{\pm m} r^2}$$

$$k \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(r-1)!}$$

Álgebra exterior Λv
 Álgebra de Galois $\mathbb{F}_p(x)$

Las ecuaciones permiten establecer una relación aproximada del comportamiento de paquetes de energía en función del radio, a escala cuántica $r \ll R$ y escala clásica, y una base de generalización para el ajuste dinámico del tensor de curvatura del campo geométrico.

En el contexto de captadores de energía renovables, se puede definir un tensor –que caracteriza paquetes de energía discretizados– de flujo eólico o irradiación solar, que interactúa con un objeto matemático –el captador de energía comportándose como un atractor geométrico–, que define las propiedades físicas y probabilidad de distribución en un patrón de ordenamiento geométrico a la salida del sistema, o viceversa, *siendo una relación conmutativa del operador matemático de convolución*. El modelo algebraico se desarrolla mediante un código generatriz que contiene la relación de interacción entre la red de difracción proyectiva (lente captador de energía) y la función de la variable de energía discretizada. Así, se establece una interacción una red cristalina con ondas de energía, definiendo los coeficientes de captación, el efecto del captador sobre el patrón de flujo de energía y regeneración.

Un reto corresponde a manejar los términos multi geométricos de la ecuación, por lo que se aplica un selector de curvatura –a través del multiplexor externo de realimentación– para la transformada de las ecuaciones geodésicas en un campo físico compatible. El método de análisis lógico diferencial permite estudiar varias teorías y conceptos (ver Tabla 2), considerando su evolución dinámica para desarrollar un postulado unificado entre los principios de teoría de campos cuánticos, fractalidad, campos geométricos multidimensionales, teoría de cuerdas, etc.

Tabla 2. Convergencia de teorías del modelado de sistemas complejos.

Conceptos de Análisis	Descripción de conceptos relacionados con los postulados teóricos
Teoría de campos cuánticos	La relación de las propiedades geométricas y los estados cuánticos, a través de un objeto físico TGQ, tensor geométrico cuántico (Kang <i>et al.</i> , 2025) que codifica información completa sobre la geometría del estado cuántico.
LQG: Loop Quantum Gravity	La teoría de gravedad cuántica de bucles (Ferrero <i>et al.</i> , 2025), (Han <i>et al.</i> , 2025), expone una teoría de recursividad.
Efecto Casimir	Fenómeno cuántico que involucra la interacción entre objetos y el vacío cuántico, depende significativamente de la geometría de los objetos.
Geometría de la función de onda	Describe la probabilidad de encontrar una partícula en un estado específico, puede tener características geométricas complejas.
Density functional theory (DFT)	En física, un funcional es un objeto matemático, que mide las propiedades de una función. Un LFSR interpretado como un funcional toma una función de entrada $v(x,t)$ y devuelve una salida $y(x,t)$, como la integral de la función de onda o flujo, considerando las probabilidades de trayectoria en función de la DFT (Maraschin, <i>et al.</i> , 2025).

Hipótesis. Se puede generalizar un operador matemático para la demostración de las teorías físicas.

Requerimientos.

- i. definición de un campo algebraico finito cíclico,
- ii. operador matemático extendido de naturaleza recurrente,
- iii. término de realimentaciones selectiva de calibración de escala -teoría de recalibración de campos de Gauge-, a fin de transformar el conjunto para la evaluación de condiciones límites.

Axioma. Los elementos físicos asignados, tensor y atractor, pueden ser intercambiados por la propiedad conmutativa del LFSR.

Conjetura. El operador convolucional LFSR presenta todas las características compatibles.

Teorema. La implementación de un funcional LFSR, un tensor de curvatura y un atractor del campo físico permitiría evaluar las condiciones de borde en geometría diferencial. **Teoría.** El estudio de sistemas físicos sobre álgebra de campos finitos permite compatibilizar las teorías físicas de entrelazamiento geométrico cuántico.

En previas investigaciones se ha planteado la unificación de la ecuación de modelado de sistemas de energías renovables (Sandoval-Ruiz, 2024a,d), donde se interpretó el concepto de entropía en el modelo de un sistema de captación de energía discretizado, destacando la relación con un codificador Reed Solomon $RS(n,k)$, un operador compatible con la dualidad onda-partícula, que en el caso de los sistemas de energías renovables viene muy acorde para relacionar el estudio de un patrón de flujo incidente (flujo eólico) y una onda incidente (radiación solar), en términos cuánticos, a través del tratamiento discreto de bloques de energía, en una región geométrica difusa de resonancia, que componen una red autoorganizada en una distribución espacial. Además, aparece un concepto interesante como lo es la paradoja variable-operador, puesto que el caracterizador holográfico del campo geométrico es una variable física y a su vez un operador fractal en la composición de un tejido de ondas, donde cada escala contiene 3 dimensiones (ver Figura 2), así se puede tener un número de concatenación de dimensiones en un campo geométrico fractal definido de $GF(2^m)$.

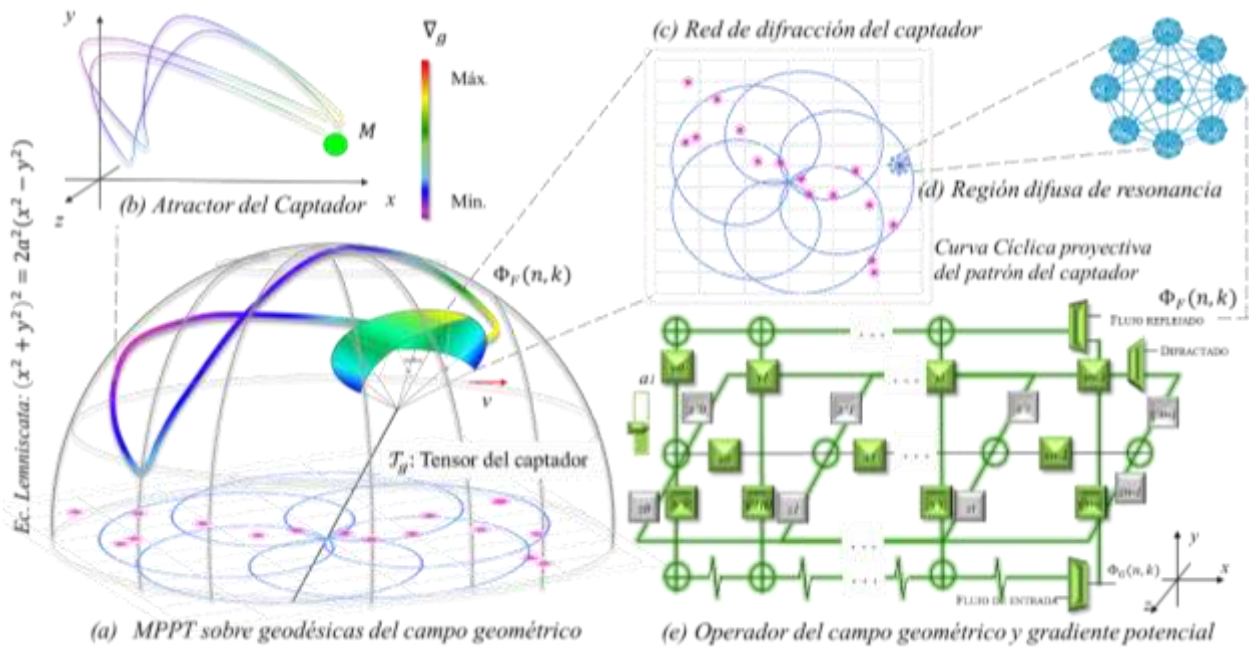


Figura 2. Estudio del patrón cuántico de composición fractal: (a) seguimiento del punto de máxima potencia MPPT sobre geodésicas, (b) geodésicas del atractor de energía y tensor del captador, (c) red de difracción del modelo captador, (d) región difusa de los orbitales de los bloques de energía (e) Estructura matemática $LFSR(n,k)$ de enlazamiento entre las soluciones de las ecuaciones geodésicas y el gradiente de energía.

En este esquema la dualidad onda-partícula es reinterpretada, las partículas son paquetes estructurados –concentraciones semiconfinadas por una superficie gaussiana– de energía, en un espacio o región geométrica difusa de resonancia, en este caso representas mediante una constelación en el sistema octal con simetría radial, que se caracterizan por una función de densidad de energía y propiedades de estado de la partícula, con lo que se define su comportamiento de interacción y patrón de interferencia.

Lo interesante de esto, es que el término independiente que aparece en los modelos físicos puede ser modelado en composición fractal, a través de un ajuste de escala por una constante universal k_u , con exponente de la dimensión seleccionada, los ejes de referencia se posicionan sobre el conjunto de ejes predecesores, en una transformada por simetría radial respecto al número π relacionando los diámetros del patrón de referencia, simetría axial ε o simetría fractal Φ , logrando así una red con un patrón que se alinea en resonancia con una vibración específica del espacio relativo al conjunto. Así, cuando un haz de luz o fotones atraviesan una rendija $LFSR$ –tipo red de difracción–, se produce un patrón de interferencia, creando una composición holográfica.

Desde la teoría de campo unificado geométrico de Weyl (WGUF), TDM (densidad de tiempo-masa), el efecto de la geometría sobre la gravedad y campo electromagnético, la compresión de la información del espacio-tiempo, la interacción de cargas eléctrica o gravitacional, la descripción de los sistemas físicos puede ser abordados como campos con propiedades de enlaces, giros y patrones en el tejido cuántico. En este sentido, se estudia la red de entrelazamiento por convolución LFSR, como mecanismo para generar las conexiones de las estructuras geométricas que se describen como geodésicas directrices de la interacción de las partículas en los campos físicos.

Esta manera de ilustrar conceptos matemáticos con herramientas físicas, desde impresión de líneas de flujo por micropartículas en campos magnéticos auto compensados para definir la configuración óptima de la estructura y la superficie cuantizadas, con el objetivo de lograr un diseño eficiente, totalmente modelado sobre geometría, así como el trabajo presentado por (Heikkilä, 2025), donde una teoría matemática que permite estudiar la forma de los espacios usando el análisis diferencial, con propiedades algebraicas específicas. Todo esto orientado a visualizar estas estructuras matemáticas complejas, donde los paquetes de datos se presentan por puntos del tejido en una estructura definida por el patrón de entrelazamiento del circuito LFSR, como una transformación que lleva el plano a una curva elíptica, mediante un operador geométrico.

Los radios de interacción en física se ven modificados según la base geométrica de la superficie, las líneas sobre un plano que se proyecta en una superficie con curvatura, como puede ser el levantamiento de puntos altos (centrales o vértices), presentan una distancia óptima, de tal manera que las líneas geodésicas representan el patronaje más eficiente en cuanto al consumo de recursos y materiales. Además, se postulan como la función de probabilidad para la generación del campo geométrico cuántico.

Método de análisis de la teoría holo geodésica sobre algebra de campos finitos GF

Se aplicó un conjunto de códigos generativos del campo (polinomio generatriz del código) sobre un circuito LFSR de implementación de álgebra de campos finitos de Galois (Sandoval-Ruiz, 2021) para definir el campo extendido que será interpretado como un campo geométrico de la interacción entre paquetes de energía (representando a nivel clásico partículas constitutivas de masa m), así mismo las masas de prueba definen la curvatura del espacio. De esta manera, se logró validar el enfoque geométrico sobre modelos algebraicos (ver Tabla 3), como soporte fisicomatemático.

Tabla 3. Método de teorización sobre álgebra abstracta.

Inferencia. Si se define una superficie Gaussiana de análisis, sobre esta se presentan los nodos de información del código de entrelazamiento del LFSR y se despliega sobre un arreglo de superficies superpuestas, se logra una composición de enlaces, que definen por completo la dinámica de interacción, donde el término de sesgo será siempre una ecuación estocástica en la dimensión inmediatamente inferior.

Conjetura. El operador de convolución LFSR, es un funcional, es decir un objeto matemático, que permite describir el atractor geométrico de generación de interacción entre los elementos de un sistema, siendo un unificador entre las teorías clásicas y cuánticas.

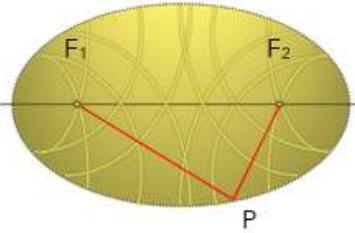

Consideración. Para identificar el comportamiento de un sistema se puede partir del concepto de flujo geodésico: $G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = k\mathcal{T}_{\mu\nu}$, su forma equivalente de propagación de ondas sobre geodésicas: $\Psi(x, t) = \frac{\partial^2 x^\mu}{\partial x^2} - 2^m G^\mu(x, t)$, siendo m la distancia dimensional entre la superficie generatriz y el arreglo holográfico y $\Psi(x, t)$ la función de onda en el espacio, las geodésicas actúan como líneas de flujo o guías de onda, según sea el caso, definiendo mediante ecuaciones generatrices del LFSR, el campo geométrico que establece el comportamiento de una carga de prueba, mediante los coeficientes de densidad de energía, y los patrones de interferencia, donde los modos de coherencia siguen geodésicas estables de *Finsler*.

Teorema. El multiplexor de realimentación externo del LFSR permite un ajuste de escala selectivo (parametrizable), lo que representa un operador extendido para describir la interacción entre sistemas físicos clásicos, ondas y paquetes de energía en mecánica cuántica. El término de realimentación permite un tratamiento fractal por parte del operador del sistema, ajustando parámetros de control desestimados en modelos clásicos.

Corolario. Los patrones de ordenamiento describen trayectorias por líneas de flujo del sistema, en base al conjunto de datos estocásticos del modelo. Este último punto, consiste en identificar el patrón de trayectoria (curvas cíclicas), como aproximador, a fin de modelar el sistema de forma completa, sin el término de sesgo que se obtiene en técnicas convencionales: regresión multilínea, análisis espectral, redes neuronales artificiales, etc., así el término independiente pasa a tener parámetros de densidad probabilística, según un nuevo sistema de referencia de escala.

Si se consideran estados topológicos de una red de energía, sobre geometría elíptica (Tabla 4) los elementos de captación pasan a tener una interpretación diferente a la interpretación clásica, donde las propiedades del material respecto a fenómenos de difracción, reflexión y refracción tendrán incidencia en la eficiencia del convertidor.

Tabla 4. Diseño Sustentable: (a) Geometría, Simetría y Eficiencia (b) Propiedades Físicas.

Interacción de Ondas	Propiedades Geométricas del Óvalo	Consideraciones geodésicas
 <p data-bbox="248 987 592 1039">Relación: $k_1 F_1P + k_2 F_2P = 2d$</p>	<p data-bbox="620 655 1133 1045">El espacio interno refleja la luz y el eco, en círculos concéntricos y expansivos. El frente de onda se mueve en espirales, curvado, adaptándose a la geometría de las paredes. La proyección radial es elíptica, siguiendo el contorno de la curvatura de la superficie, sobre la que se refractan. En los focos, la energía se acumula, concentra y amplifica, en los extremos se atenúa, cada onda se refleja con resonancia definida por la dinámica de propagación de la geometría, a través de patrones de interferencia confinados en el espacio oval. Proporción cte a los focos F_1, F_2 en relación de ondas.</p>	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ <p data-bbox="1234 745 1372 772">Lemniscata:</p>  $(x^2 + y^2)^2 = 2a^2(x^2 - y^2)$ $ F_1P \cdot F_2P = d^2$

Aplicación: Principios ópticos y fluidodinámicos de recirculación de energía para eficiencia energética. Óptica geométrica y geodésica cuántica. La convolución cerrada del caracterizador de campo resume el operador holográfico que comprende el atractor como base del campo (trayectorias de una partícula sin aceleración) y los tensores de las fuerzas sobre la partícula, destacando el multiplexor de realimentación externa que permite seleccionar el comportamiento dual en la interacción onda-partícula, para la descripción total del sistema físico. El operador convolución es un operador que puede actuar sobre campos tensoriales (una generalización geométrica de campos escalares y vectoriales, asignando un tensor a cada punto de un espacio) para producir un vector (o un tensor de orden superior). El operador puede estar relacionado con la dinámica de un sistema: tanto en la velocidad de cambio (gradiente o divergencia), como en la rotación (vórtices) respecto a un punto específico.

Entre los resultados aparece el concepto de ρ densidad de energía en términos de líneas geodésicas del campo geométrico, un enfoque innovador para relacionar el comportamiento de las partículas y ondas en el espacio, desarrollado sobre teorías de soporte (Tabla 5). Además de establecer el soporte teórico de la teoría de campos para los métodos físicos cuánticos, mediante la reconfiguración de enlaces en la estructuración topológica, utilizando una red de geometría interconectada, con uniones por enlaces programables y principios de tensegridad en los sistemas de auto equilibrio que combinan elementos de compresión y elementos de tensión, a fin de optimizar resistencia, estabilidad y eficiencia energética.

Tabla 5. Conceptualización del modelo de campos geométricos de convolución.

Geometrización del campo físico	Operador elíptico $\vec{V} \otimes \vec{B}$ de campos geométricos	Álgebra abstracta
---------------------------------	---	-------------------

Teorías de soporte	Campos Cuánticos (niveles discretos de energía)		Campo extendido $\mathbb{F}_p/f(x)$	Auto generación del tensor de curvatura por realimentación
Conceptos relacionados	ZPE tensor del campo	ZPF atractor del campo	GF(2^m) definición de geodésicas	Niveles cuánticos de energía en orbitales geodésicos <i>mod g(x)</i>

Se relacionan la energía del punto cero –ZPE–, energía residual asociada a componentes cuánticos y termodinámicos, con el gradiente del campo geométrico que es un tensor, que modela la función de la variable de energía, por otra parte, el campo del punto cero –ZPF– es asociado al atractor geométrico, se corresponde con patrones abstractos en el espacio que atraen las trayectorias del sistema y el operador recursivo -de escala ajustable- que modela la interacción onda-partícula.

La teoría del funcional geométrico LFSR, acá propuesta, converge para múltiples trayectorias con memoria energética de la onda codificada. Aportando un sustento algebraico a la teoría del campo unificado, en la que se busca conciliar las fuerzas fundamentales de la naturaleza –fuerza nuclear fuerte, fuerza nuclear débil, electromagnetismo y gravedad– en un marco teórico.

Vale acotar que los conceptos de física de partículas han sido estudiados según los casos específicos y potencial de energías renovables, fotones de luz que interactúan con la red cristalina del captador fotovoltaico, donde los estudios de patrones de interferencia en óptica cuántica (Villas-Boas *et al.*, 2021) se puede aplicar para el modelado de sistemas fotovoltaicos. En este estudio se ha seleccionado modelar la onda de luz incidente como una cascada de fotones, que interactúan con el captador fotovoltaico como un codificador discreto de convolución LFSR.

De forma análoga se considera captadores de energía basadas en las vibraciones de ondas que interactúan con una red cristalina definiendo un patrón de organización, que se pueden describir como partículas polarizadas (vórtices por bloques discretos de energía) responsables de propagar el calor y la energía (eólica) en el medio, tal es el caso de los cristales de arena para almacenamiento de calor y convertidores termoeléctricos; vórtices de flujo que interactúan con el tejido estructurado del captador eólico; fonones, para cosechar energía de ondas mecánicas, como ondas acústicas, vibraciones; y un elemento híbrido, el polaritón, una cuasipartícula de interacción o entrelazamiento entre la luz (fotones) y materia, siendo útil para configuración descrita por modelos de un patrón de ordenamiento por polarización cuántica, con sus procesos reversibles para la recuperación de materiales.

Así el tejido de energía será codificado en una integral de trayectoria continua para la conversión de energía eléctrica y las otras trayectorias probables estarán clasificadas en la energía realimentada, a través del multiplexor externo del funcional LFSR, donde el objeto matemático actúa sobre una función de entrada, en este caso la red de energía en el espacio geométrico.

Hipersuperficies geodésicas y Tejidos topológicos del campo geométrico

Un tejido puede caracterizar una superficie de interacción física, siendo una herramienta matemática del estudio del objeto geométrico y entrelazamientos que definen el modelo del sistema complejo, de lo que se deducen los enunciados de la Tabla 6.

Tabla 6. Construcción del soporte matemático para la universalización del operador de campo.

Postulados	Enunciado del código por geodésicas proyectivas
Funcional LFSR(n, k)	Objeto matemático que permite ensamblar la estructura espacial, mediante el polinomio generatriz del campo geométrico $g(x)$ sobre el que se correlaciona el potencial físico, organización de cargas por densidad de líneas de flujo, interacción y armónicos en resonancia, logrando establecer los patrones de la composición, como un andamiaje base para el desarrollo del sistema clásico-cuántico.
Realimentación fractal	Operador selectivo de resonancia, ya que la composición holográfica permite la superposición multilineal, de forma fractal –por concatenación e interferencia–, sobre multiplexores identificados en el LFSR, una realimentación interna con selectividad de

	escala y una realimentación externa con selectividad de frecuencia y fase, que estima la curvatura geométrica, mediante la onda reflejada.
Campo geométrico	Espacio proyectivo de $n+1$ dimensiones, respecto al polinomio generatriz del campo finito (cíclico), donde las directrices de una dimensión se proyectan en perspectiva sobre las dimensiones compuestas.
Geometría cuántica	Extensión de las ecuaciones geodésicas: $g(x) = x^i \cdot G(x) \text{ mod } p(x)$, aplicadas en teorías clásicas –relatividad general y electromagnetismo–. Las geodésicas $g(x)$ describen trayectorias cuantizados por niveles de energía, en función del polinomio generatriz $\text{mod } p(x)$, no admite residuos, de forma dual se comporta como guías de ondas –confinadas por la geometría–, por lo que se interpretan como orbitales del espacio geométrico, que define la interacción de los bloques de energía.
Convolución	Generalización del modelo clásico ya que permite codificar funciones de probabilidad para desarrollar el campo vectorial, en el dominio cuántico, se tiene una función de probabilidad en lugar de un vector.
Generalización topológica	La proyección de las ecuaciones geodésicas define una composición holográfica, para los k elementos discretos, que generan el campo geométrico de soporte: $F_G(x) = f(n) \cdot G(n - k) \text{ mod } g(x)$.
$\Phi_F(n, k)$	En álgebra abstracta se incluye el efecto del tensor de curvatura como sesgo de las condiciones de borde.
Flujo geodésico	Flujo discretizado sobre las orbitales de energía descritos por las ecuaciones de las geodésicas $\text{mod } g(x)$.

Conjetura.

La Teoría de campos geométricos de código LFSR define la topología (andamiaje) del tejido estructural de líneas de flujo geodésica para circunscribir la respuesta del sistema.

Teorema.

Las ecuaciones geodésicas del espacio geométrico son el andamiaje cuántico sobre el que se definen las trayectorias de flujo de energía $\Phi_G(n, k)$. Puede ser escalado con el gradiente de potencial, a través de un funcional algebraico que estructura la topología del espacio: entrelazamientos, organización, interacción y resonancias, mediante el operador LFSR como soporte matemático para cada escala dimensional en la generación del campo físico (ec. 1).

$$\Phi_G(n, k) = \overline{\nabla}_g \otimes M = \overline{\nabla}_g \cdot M \text{ mod } g(x) = \Lambda_g M \pm \Phi_F(n, k) \tag{1}$$

La ecuación aplica un operador para caracterización del atractor del campo, a fin de generalizar la base geométrica. El flujo reflejado se comporta como un compensador del tensor de curvatura, linealizando la realimentación, según los términos físicos presentados en la Tabla 7.

Tabla 7. Descripción de términos de la teoría de campos geométricos.

Elemento	Descriptor Holográfico	Fractal	Polinomio	Álgebra GF(2 ^m)	Dimensión: $n-1$
$\overline{\nabla}_g$	Campo orbital	Red de Difracción	Geometrización del espacio		Patrón de
	g: gravitacional	Determinística	Continuo	Modelador	Interferencia
	G: Geométrico	Probabilística	Discreto	Híbrido	Constelación
\otimes	Operador elíptico (Rotacional)	Entrelazamiento	Convolución LFSR		Trigonometría
		(Gemelo Cuántico)	Proyección de luz estructurada		Holográfica
M	Flujo discreto de Partículas o energía	Cristales de arena polarizados	Funcionalización de materiales: estructuración		Agrupamiento por interacción
		Ajuste por compensación del tensor de curvatura o factor de correlación cuántico			
$\Phi(n, k)$	π, ϵ : Números trascendentes	Red cuántica (escala fractal)	Proporcionalidad de escala y bucles de realimentación.		ρ : densidad de energía cuántica
		Campo Gravitacional (física clásica)	Flujo geodésico	Tensor de variable	de la Masa (m)

Holográfico	Campo Maxwell	Electromagnético	(Ec. Propagación de ondas	Atractor del campo	Cargas (q)
	Campo cuántica)	Cuántico	(mecánica Dualidad partícula	onda- Rotacional simétrico	Vórtices (Ω)

Para cada etapa fractal: $y_i(t) = \pi \sum_{i=1}^m \frac{(-1)^i}{2^i r_i!} \Psi_i(r, t) dr + \frac{\pi}{\varphi} \sum_{i=1}^m \frac{(-1)^i}{2^i r_i!} \Psi_i(r, t - 1) dr$, siendo $y(t)$ la energía captada por el arreglo debido al flujo geodésico incidente, sobre la red de difracción, que se modela como un conjunto de osciladores acoplados.

Generalización: $\nabla \otimes B = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \mu_0 J$, coincide en la estructura de la ecuación de onda: $i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(r, t) = \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(r, t) + V\Psi(r, t)$.

Aplicaciones de la teoría holo geodésica en el sector energético y ODS

El estudio del efecto cuántico de campos de potencial sobre el flujo geodésico de energía permitió reconocer nuevas aplicaciones para el sector energético, mediante tecnología de captadores de nuevas formas de ERNC, basada en potencial electromagnético. Partiendo de las ecuaciones de interacción electromagnética en geometría algebraica, con un componente de realimentación –memoria de resonancia fractal, de la energía almacenada a nivel cuántico y energía reflejada por los bordes del espacio geométrico–. A partir de una revisión de fenómenos electro atmosféricos, se consideraron modelos de interacción electromagnética del campo extendido. Las auroras polares –boreales y australes, como singularidad global del campo geométrico, formada por las líneas de flujo que guían las partículas con carga eléctrica provenientes del viento solar hacia los polos, al entrar en la magnetosfera terrestre–, y el relámpago del Catatumbo –como singularidad geométrica local, que describe una trayectoria fractal con base a la cuántica de los rayos, resultante de las propiedades microfísicas (Falcón et al., 2025) de la zona–.

Estos fenómenos son compatibles para la relación del comportamiento geomagnético en las variedades geométricas de las capas atmosféricas por concentración de energía potencial confinada –caso de energía magnética en los polos, calderas geotérmicas, electrostática por fricción entre placas tectónicas, fricción entre masas de aire y propiedades de las rocas en yacimientos de hidrocarburos y minerales–, este planteamiento busca estimar micro efectos de índole geológico sobre fenómenos geomagnéticos y la estructura de la magnetosfera, considerando la formación de singularidades locales o μ -atractores de interacción electromagnética y flujo geodésico –líneas del campo magnético que dan forma a la magnetosfera–, para su aplicación como fuentes potenciales de energías renovables no convencionales. Estos antecedentes permiten extrapolar las bases de las ecuaciones de flujo geodésico en un conjunto de aplicaciones del estudio para el alcance de los objetivos de desarrollo sostenible ODS, como se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Aplicaciones sostenibles mediante líneas geodésicas proyectivas.

Aplicación	Implementación	Interpretación de la aplicación de geodésicas
Arquitectura biomimética	Estructuración de ondas (rejillas de polarización de luz en geometría elípticas)	Desarrollo de superficies por convoluta geométrica, a través de rendijas (<i>rose Windows</i>) como atractores radiales de la dinámica de luz solar incidente en espacios intervenidos. La constitución de la arquitectura se realiza sobre andamiaje de tejidos estructurales y cristalización de carbonato de calcio, a fin de modelar las estructuras, inspirado en los procesos biológicos como arrecifes de coral, estalactitas y estalagmitas. Se incorporan conceptos de superficie electromagnética reconfigurable (Stutz et al., 2025), sobre geodésicas que presentan distancia óptima, en consumo de recursos y materiales.
Conservación de ecosistemas críticos	Filtros selectivo de longitud de onda (flujo geodésico)	Cometas suspendidos a una altura de proyección, como un operador matemático para el filtrado de longitudes de ondas selectivas, mediante funcionalización del material del lente fotocromáticos o prisma óptico, logrando la polarización de onda, para proteger las áreas críticas, como

		<p>bosques y glaciares, del efecto de la radiación solar directa. El seguimiento del flujo geodésico para el modelado y mitigación de incendios forestales con principios de curvas elípticas como los abordados en (Pendás, 2024), para estimar trayectorias probables del frente de fuego y desarrollar soluciones a problemas de ingeniería. Estimación de índice de vegetación de diferencia normalizada en base a técnicas geométricas sobre imágenes multispectrales, que permiten el monitoreo (Pacheco y Zamora, 2020) y remediación de la cobertura vegetal</p>
Seguimiento fotovoltaico MPPT	Propagación de onda infinitesimal	<p>Se define el MPPT sobre el modelo de las líneas geodésicas en la trayectoria de las ondas de radiación solar, focos de concentración y luz reflejada en la atmósfera.</p>
Lentes concentradores	Refracción de flujo en medios cuantizados	<p>Se considera los principios de superposición de ondas en la funcionalización del material fotovoltaico reconfigurable (Sandoval-Ruiz, 2020a), a través de arreglos de filtros de polarización. A medida que la primera capa de material se forma sobre el sustrato, se organiza en una estructura cristalina, dictada por el operador de campo, tratando de encontrar su periodicidad ideal por resonancia, una organización de puntos cuánticos, generada en la red se minimiza con la formación de islas de dimensiones nanométricas, que pueden adquirir diferentes geometrías, como pirámides o secciones elípticas, dependiendo de las condiciones específicas (Rolón y Ulloa, 2009).</p>
Composición de captadores eólicos	<p>Patrón de flujo geodésico</p> <p>Vórtices (rotacional)</p>	<p>Se estudia la dinámica de ondas-flujo para definir los vórtices como atractores y los patrones de viento-plasma en la organización de los paquetes de energía eólica. El elemento captador es interpretado como una red de difracción con realimentación para el diseño de un lente eólico regenerativo, a fin de restaurar el patrón eólico aguas abajo y lograr un máximo rendimiento del sistema.</p>
Síntesis de partículas y reciclaje de materiales	<p>Texturización óptica láser, guías de ondas, ionización estructural, enlaces reconfiguración por campo, FPGA cuántico</p>	<p>Funcionalización de materiales a partir de patrones cimáticos, para la captación de energía acústica, fenómeno fotovoltaico, termoelectrico, vibraciones y ondas mecánicas. Composiciones topológicas separables a través de ondas catalizadoras, como es el caso de ultrasonido, activación por láser o magnetización programable por campo, para el proceso inverso de separación programado para reciclaje, aportando en el modelo circular de recuperación de materiales de forma sostenible. Por métodos físicos de recuperación estructural y configuración de propiedades. Considerando principios clásicos y cuántico, interpretado de forma estocástica por los patrones formados por la incidencia de la onda sobre la superficie formando figuras de <i>Chladni</i> y de forma determinista por la composición fractal (paramétrica) de interacción.</p>
Termodinámica y recuperación de bloques de energía remanente	<p>Control de recirculación por plasma ionizado</p> <p>Gradiente del campo térmico y flujo geodésico</p>	<p>Para sistemas termodinámicos se considera la analogía del gradiente de temperatura, con la aproximación para grandes distancias del elemento emisor de calor de la forma: $\nabla^2 T(r) = 0$, con lo que se logra una aproximación para cualquier sistema. Otro aspecto de análisis son las fuerzas e interacción con las superficies, como líneas de transporte de calor industrial, y flujo externo, de contacto con el perfil del intercambiador de calor, potencial de campo e inducción. Así la realimentación de energía remanente puede ser controlada sobre el modelo interacción de paquetes discretos de energía.</p>
Potencial geomagnético	Interacción electromagnética	<p>Se plantea un nuevo enfoque en la aplicación de mediciones geodésicas de yacimientos en modelos geomecánicos del subsuelo (González et al., 2024),</p>

para caracterizar la recuperación de energía potencial, por interacción con las capas atmosféricas, basado en principios cuánticos.

NOTA: Según la aplicación se seleccionará el operador elíptico, gradiente (campo escalar), divergencia (campo vectorial), rotacional (vórtices), así como la concatenación por etapas en el operador holográfico LFSR.

La validación detallada en el campo de energías renovables ha sido abordada en modelos de interacción eólica (Sandoval-Ruiz, 2024f, g), donde se estimó la relación de realimentación en un 11,8% de energía eólico, por flujo reflejado sobre las redes de difracción dinámicas, estos resultados son válidos para sustentar el almacenamiento de energía basado en eficiencia geométrica de las estructuras y ecuaciones geodésicas para seguimiento solar MPPT (Sandoval-Ruiz, 2020b).

La composición holográfica implica la codificación de flujo y patrones de interferencia, como soluciones a las ecuaciones geodésicas en un espacio geométrico, a través principios teóricos de modelado de información 3D en una superficie bidimensional. Por esto, el estudio se orientó hacia operadores algebraicos aplicados en teoría de códigos, como el producto de convolución LFSR. Así se logró una generalización del producto vectorial, aplicando álgebra abstracta, para funciones que desarrollan un campo vectorial, con sus implicaciones sobre las ecuaciones de campo gravitacional y electromagnético y cuántico, alcanzando un modelo matemáticamente compatible.

Se obtuvo una descripción de un marco teórico coherente para fenómenos diversos, con una dimensión de escala auto ajustable, aportando una interpretación física a la realimentación externa del codificador de convolución LFSR, para el registro y linealización de la realimentación externa, por el tensor de curvatura, mediante el corrimiento de fase del componente de flujo reflejado.

Conclusiones

Gracias al modelado matemático de ecuaciones geodésicas, generatriz del atractor geométrico $p(x)$, directriz de líneas de flujo $g(x)$ y análisis de la propagación infinitesimal de una onda discontinua (en orbitales), se destacan diversas soluciones de ingeniería: remediación ambiental aplicando el concepto de flujos geodésicos, captación de energía eólica, fotovoltaica, regeneración de glaciares y protección de ecosistemas, sobre códigos de convolución de los patrones de interferencia, mediante mecanismos de lentes y prismas, como funcional de campo.

De esta manera, se concluye que las líneas geodésicas del campo geométrico es un parámetro de incidencia sobre la recirculación de energía remanente en el espacio, creando ondas reflejadas que modelan la caracterización y patrones de los cristales producto de la concentración de densidad y organización de enlaces de baja frecuencia. Las ecuaciones conocidas de campos gravitacionales, relacionadas con la geodesia y campos electromagnéticos, son particularizaciones de las ecuaciones geométricas que concilian las teorías físicas. Así se pueden estudiar las trayectorias geodésicas para un espacio proyectado que describen el modelo físico generalizado, como orbitales o regiones difusas que determinan la probabilidad de encontrar una partícula, al evaluar la ecuación geodésica particular, en los límites de las condiciones frontera, se puede obtener el comportamiento del sistema, considerando la dualidad onda-partícula.

Incorpora conceptos de física moderna: estados probables por coherencia cuántica, resultantes de la superposición –en fase conocida– de los patrones de interferencia y el modelo clásico, determinado por la interacción con las condiciones de borde en sistemas complejos, que definen un sesgo –término independiente–, en relación fractal, a través de proporciones de escala. La relación está dada por los números trascendentes π , ε , simetrías geométricas Φ , resonancia y fuerzas restauradoras, así la respuesta del sistema descrita por el funcional de campo geométrico transforma la base geométrica en asimetría y refleja la energía residual de ordenamiento ZPE, codificado sobre las ecuaciones polinomiales –elípticas: estados estacionarios e hiperbólicas: fenómenos dinámicos–, para la caracterización del sistema físico complejo –por diferencia de potencial–.

Otro logro alcanzado es una correlación entre geodésicas, patrones cíclicos, componentes espectrales y órbitas de bloques de energía, en un modelo híbrido compuesto por una etapa clásica y cuántica (partículas discretizadas), que permiten modelar a detalle un sistema físico complejo, aplicado al área de las energías sostenibles, termodinámica y fluidodinámica cuántica, a fin de complementar la propuesta de recuperadores de energía regenerativa de ondas estacionarias, en los campos estructurales.

Se obtuvo así, un marco de ecuaciones basadas en el operador de código de convolución para las ecuaciones que definen el espacio geométrico puede ser concentradas en trayectorias de $n-1$ dimensiones y se despliegan sobre proyecciones formando un arreglo de entrelazamiento geométrico de paquetes de energía, con interacción cuántica, basada en campos geométrico y soluciones matemáticas en algebra de campos finitos, para espacios confinados, sometidos a patrones de interferencia constructiva. Se identificó el funcional LFSR como operador abstracto entre dos vectores, representando el atractor que desarrolla un espacio geométrico, donde la parametrización de la torsión es un coeficiente que representa el grado de curvatura de las geodésicas, dando como resultado un término para la estimación de interacción y compensación simétrica para la optimización de eficiencia, en relación con los parámetros geométricos.

Referencias Bibliográficas

- Falcón, N., Pitter, W., Muñoz, A., Barros, T., Vilorio, A., Nader, D. (2000). Modelo Electroatmosférico del Relámpago sobre el Río Catatumbo. *Ciencia*, 8(2), 155-167.
- Ferrero, R., Han, M., Liu, H. (2025). The one-loop effective action from the coherent state path integral of loop quantum gravity.
- González Freitas, D., Zambrano Mendoza, O. y Barrios, J. (2024). DInSAR para Análisis Geomecánico de Yacimientos – Aplicación al Yacimiento Lagunillas Inferior 07, Lago de Maracaibo, Venezuela, *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia*, 47, p. e244708.
- Han, M., Liu, H., Qu, D., Vidotto, F., Zhang, C. (2025). Cosmological dynamics from covariant loop quantum gravity with scalar matter. *Physical Review D*, 111(8), 086012.
- Heikkilä S., Pankka P. (2025) De Rham algebras of closed quasiregularly elliptic manifolds are Euclidean. *Ann. of Math.* 201 (2) 459-488.
- Kang, M., Kim, S., Qian, Y., Neves, P., Ye, L., Jung, J., ...Comin, R. (2025). Measurements of the quantum geometric tensor in solids. *Nature Physics*, 21(1), 110-117.
- Maraschin, M., Askari, M., Chauhan, V., Feistel, L. H., Olusegun, S., Ortega-Ramos, J., Gauthier, J. A. (2025). Recent developments in modeling the electric double layer with density functional theory. *Current Opinion in Electrochemistry*, 101654.
- Pacheco Gil, H. A. y Zamora Ledezma, E. (2020) Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador, *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia*, 43(2), 12-18.
- Pendás, E. (2024). Zermelo's problem, Finsler spacetimes and applications. Tesis Doctoral, España.
- Rolón, J., y Ulloa, S. (2009). Procesos cuánticos en islas semiconductoras: manipulación óptica y control de estados coherentes. *Rev. Interdisciplinaria nanociencias y nanotecnología*, 2(1), 24-36.
- Sandoval-Ruiz, C. (2025a). Modeling renewable energy systems on convolution codes using interference patterns. *UCT*, 29(126), 111-122.
- Sandoval-Ruiz, C. (2025b). Modeling of Physical Systems by applying convolutional interleaving code. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 47, e20240315.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024a). Unificación de la ecuación de modelado de sistemas de energías renovables. *Ciencia y Tecnología*, 3-16.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024b). e-KiteLab: investigación en física aplicada para mantenimiento y optimización de sistemas de energías renovables. *Investigación & Desarrollo*, 24(1), 95-105.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024c). Operador matemático para caracterización y optimización de etapas de sistemas físicos. *Revista Colegiada de Ciencia*, 5(2), 88-98.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024d). RSE Laboratorio de modelado de sistemas físicos con ciencia aplicada. *Revista Eduweb*, 18(4), 9-25.

- Sandoval-Ruiz, C. (2024e). ZPF para arreglo de proyección de onda: φ -LFSR en modelado $F_p[x]/f(x)$ de Sistemas de energías renovables. *Revista de la Univ. del Zulia*, 15(42), 281-305.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024f). Ω -Vórtices y acoplamientos resonantes en modelo de patrón de flujo toroidal regenerativo mediante física moderna y ondas. *Revista Calibre*, 9(1), 1-20.
- Sandoval-Ruiz, C. (2024g). xyz Modelo de optimización de arreglos de cometas captadoras de energías sostenibles. *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia*, 46(2).
- Sandoval-Ruiz, C. (2021). Fractal mathematical over extended finite fields $F_p[x]/f(x)$. *Proyecciones (Antofagasta)*, 40(3), 731-742.
- Sandoval-Ruiz, C. (2020a). Arreglos fotovoltaicos inteligentes con modelo LFSR-reconfigurable. *Revista Ingeniería Univ. de Costa Rica*, 30(2), 32-61.
- Sandoval-Ruiz, C. (2020b) Smart PV Solar Concentration Arrays for MPPT using FPGA Technology, *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia*, 43(3), 122-133.
- Stutz, A., Schwan, G., Studer, C. (2025). Efficient and Physically Consistent Modeling of Reconfigurable Electromagnetic Structures. *IEEE Open Journal of the Communications Society*.
- Tyagi, D. y Schmitz, S. (2025). Glauert's optimum rotor disk revisited a calculus of variations solution and exact integrals for thrust and bending moment coefficients. *Wind Energy SCI*, 10, 451-460.
- Villas-Boas, C., Máximo, C., De Souza, P., Bachelard, R., Rempe, G. (2021). Bright and dark states of light: The quantum origin of classical interference.

Editor asociado: Dr. José Rafael Fermin Sánchez
Dpto. de Física
Universidad del Zulia-Facultad de Ciencias-Venezuela
jfermin@fec.luz.ve



REVISTA TECNICA

DE LA
FACULTAD DE
INGENIERIA
UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Volumen 49. Año 2026, Edición continua_____

*Esta revista fue editada en formato digital
y publicada en febrero 2026, por el **Fondo
Editorial Serbiluz, Universidad del
Zulia. Maracaibo-Venezuela***

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org