

Resuelta la naturaleza del espaciotiempo? (Is the Nature of Spacetime Resolved?)

Alfonso Leon Guillen Gomez

Abstract

En este ensayo el autor supera la contradicción teórica existente entre la Relatividad General que define el campo gravitacional como un aspecto geométrico del espaciotiempo, bien como potencial o curvatura, y la Gravedad Cuántica que lo define como una fuerza de interacción fundamental, con el cambio de la concepción del espaciotiempo de propiedad geométrica estructural del campo gravitacional, a la concepción del espaciotiempo propiedad geométrica estructural de la materia en movimiento.

El espaciotiempo no es continente de la materia (Substancialismo) sino que por el contrario está contenido en la materia en cuanto constituye la estructura geométrica que le da su forma y permite sus cambios, a la cual como espacio le confiere su capacidad de contener y como tiempo su capacidad de devenir. Tampoco, el espaciotiempo es la categoría de las relaciones geométricas de los cuerpos materiales y sus eventos (Relacionismo), puesto que, no es una propiedad relacional de la materia sino la propiedad estructural espacio-temporal geométrica de la materia, a la cual la dota con sus capacidades de auto contenerse y transformarse.

La teoría del autor sobre el espaciotiempo es la de la materia intrínsecamente dinámica, dotada estructuralmente de las cuatro dimensiones de espaciotiempo, autocontenida espacialmente y auto deviniendo temporalmente, puesto, que la materia en su capacidad de contener dinámicamente ésta ensimisma contenida y transformándose.

La partícula-onda, de la materia y del campo, no existe en el espaciotiempo, sino que éste es la propiedad geométrica intrínseca estructural de la partícula-onda, por lo tanto, adherida a su propia naturaleza interna, como su propiedad geométrica dimensional intrínseca, que con fuerza de ley se manifiesta en sus mediciones cuantitativas, bien cuando es tomada la partícula-onda en sí o en relación con otras.

Así, sólo son posibles las teorías sobre la gravedad provenientes de la Gravedad Cuántica, aunque, deben reformularse renunciando a integrarlas con la visión geométrica derivada de las ecuaciones de la llamada “General Relatividad”.

¿Resuelta la naturaleza del espaciotiempo?



Por: Alfonso León Guillén Gómez

aguillen@gmx.net

Colombia, Julio 2020

Tabla de contenido

Resumen

1. Introducción

1.1 Notas

2. Substancialismo y Relacionismo

2.1 Notas

- 3. Tiempo y espacio según Newton.
 - 3.1 Tiempo y espacio continentes
 - 3.2 Independencia entre Espacio y tiempo
 - 3.3 Simultaneidad absoluta
 - 3.4 Espacio euclídeo
 - 3.5 Tiempo y presentismo
 - 3.6 Éter
 - 3.7 La revisión Neo newtoniana
 - 3.8 Eternalismo versus presentismo
 - 3.9 Estructuras inercial, acelerada y gravitatoria
 - 3.10 Notas
- 4. El espaciotiempo según Einstein
 - 4.1 Espaciotiempo de Einstein-Minkowski
 - 4.2 Relatividad entre espacio y tiempo
 - 4.3 Pasado, presente y futuro
 - 4.4 A favor del eternalismo
 - 4.5 A favor del perdurantismo
 - 4.6 Estructura inercial
 - 4.7 A favor del substancialismo
 - 4.8 Notas
- 5. El espaciotiempo propiedad del campo gravitacional
 - 5.1 La gravedad es geométrica
 - 5.2 La interrelación entre espaciotiempo y la masa-energía
 - 5.3 El campo gravitacional y su relación con la energía-masa
 - 5.4 Espaciotiempo y campo gravitacional una unidad inseparable
 - 5.5 Espaciotiempo, campo gravitacional y vacío
 - 5.6 El dinamismo del espaciotiempo
 - 5.7 La Relatividad Especial sólo vale en los eventos de la General Relatividad
 - 5.8 Einstein entre el Relacionismo y el substancialismo
 - 5.9 La Relatividad General es adoptada por el Substancialismo Sofisticado
 - 5.10 Aplicaciones exóticas

- 5.10.1 Agujeros negros
- 5.10.2 Agujeros de gusano
- 5.11 Notas
- 6. Espaciotiempo según Logunov
- 7. Espaciotiempo cuántico y gravedad cuántica
 - 7.1 Hechos cuánticos sobre el vacío y el movimiento establecidos con base experimental
 - 7.2 Previsiones cuánticas acerca del espaciotiempo
 - 7.3 Las teorías cuánticas sobre la gravedad
 - 7.3.1 La teoría M
 - 7.3.2 La teoría “Loop quantum gravity”
 - 7.4 Notas
- 8. Espaciotiempo una fase de la materia
 - 8.1 Notas
- 9. Las dimensiones espaciotiempo intrínsecas del campo-materia
 - 9.1 Materia
 - 9.2 Campo
 - 9.3 Vacío cuántico
 - 9.4 La dualidad partícula-onda
 - 9.5 Las cuatro dimensiones del campo-materia
 - 9.5.1 En cuatro dimensiones como partículas
 - 9.5.2 En cuatro dimensiones como ondas
 - 9.6 Notas
- 10. Conclusiones
 - 10.1 Pero, ¿qué es el espaciotiempo?
 - 10.2 El espaciotiempo posee dos estructuras básicas
 - 10.3 El campo-materia y su movimiento ocurren en el vacío que todo lo contiene y se autocontiene.
 - 10.4 ¿Por qué se curva, contrae o dilata el espacio tiempo y existe arrastre de marco?
 - 10.5 La Relatividad General una visión mala con resultados buenos
 - 10.6 ¿Qué sucede en la desintegración del Protón?

10.7 ¿Las ecuaciones de campo de Einstein realmente que significan?

10.8 La velocidad de la materia durante la inflación

10.9 Prueba de la curvatura del vacío cuántico

10.10 Modelo propuesto del espaciotiempo

10.11 Notas

11. Bibliografía

Resumen

En este ensayo el autor supera la contradicción teórica existente entre la Relatividad General que define el campo gravitacional como un aspecto geométrico del espaciotiempo, bien como potencial o curvatura, y la Gravedad Cuántica que lo define como una fuerza de interacción fundamental, con el cambio de la concepción del espaciotiempo de propiedad geométrica estructural del campo gravitacional, a la concepción del espaciotiempo propiedad geométrica estructural de la materia en movimiento.

El espaciotiempo no es continente de la materia (Substancialismo) sino que por el contrario está contenido en la materia en cuanto constituye la estructura geométrica que le da su forma y permite sus cambios, a la cual como espacio le confiere su capacidad de contener y como tiempo su capacidad de devenir. Tampoco, el espaciotiempo es la categoría de las relaciones geométricas de los cuerpos materiales y sus eventos (Relacionismo), puesto que, no es una propiedad relacional de la materia sino la propiedad estructural espacio-temporal geométrica de la materia, a la cual la dota con sus capacidades de auto contenerse y transformarse.

La teoría del autor sobre el espaciotiempo es la de la materia intrínsecamente dinámica, dotada estructuralmente de las cuatro dimensiones de espaciotiempo, autocontenida espacialmente y auto deviniendo temporalmente, puesto, que la materia en su capacidad de contener dinámicamente ésta ensimisma contenida y transformándose.

La partícula-onda, de la materia y del campo, no existe en el espaciotiempo, sino que éste es la propiedad geométrica intrínseca estructural de la partícula-onda, por lo tanto, adherida a su propia naturaleza interna, como su propiedad geométrica dimensional intrínseca, que con fuerza de ley se manifiesta en sus mediciones cuantitativas, bien cuando es tomada la partícula-onda en sí o en relación con otras.

Así, sólo son posibles las teorías sobre la gravedad provenientes de la Gravedad Cuántica, aunque, deben reformularse renunciando a integrarlas con la visión geométrica derivada de las ecuaciones de la llamada “General Relatividad”.

PACS

04.20.-q Relatividad General clásica

04.60.-m Gravedad cuántica

1. Introducción.

La física es la ciencia del espacio y el tiempo, de la masa y la energía, y del movimiento acerca de su ontología [N:\[1\]](#), sus estructuras, propiedades, y mutuas interacciones, aunque, no de sus reacciones. Por lo tanto, sólo de aquellas interacciones que, aunque, pueden llegar a producir cambio en las propiedades físicas e incluso nuevos elementos, en las transformaciones radiactivas, más nunca cambio en las propiedades químicas, puesto que, en los fenómenos físicos no se generan nuevas sustancias, aunque, puedan producirse nuevos elementos.

Espacio y tiempo, desde su aparición en el pensamiento antiguo, han estado vinculados con la forma (geometría) y el movimiento (física) de los objetos materiales. Como todo cuerpo posee forma y todo movimiento posee una trayectoria (en términos geométricos una curva) la geometría y la física son las herramientas teóricas usadas en la comprensión de espacio y tiempo. Las actualizaciones de la geometría y la física históricamente aparecen conectadas y, por supuesto, con la evolución de los conceptos de espacio y tiempo [Pág 1, 1]. La geometría que, durante su aparición, estuvo estrechamente unida con la forma material, utilizada para medir objetos, al convertirse en una ciencia formal, se divorció de la forma material y paso a regirse por leyes de la razón pura, de la lógica del pensamiento, con lo cual provocó que en la ciencia de la física el espacio y el tiempo adquirieran una existencia propia y abstracta, durante muchas centurias, desconectada de la existencia material, incluso, en la obra de Newton. Fue sólo a la altura de la Relatividad General que el espacio y tiempo, combinado en el espaciotiempo, a partir de un modelo matemático de Minkowski, aunque definido en la geometría de Riemann, como una variedad tetra dimensional de curvatura positiva, alcanzó el estatus de encontrarse estrechamente conectado con la existencia material, por la cual estaría condicionado y a su vez condicionaría; pero, de todas maneras conservando ontológicamente su propia entidad, ya bien como sustancia o como categoría relacional [N:\[2\]](#), puesto que al no estar definido por la Física es la Filosofía que lo hace.

La General Relatividad, es por su parte, una concepción geométrica llamada geometrodinámica [N:\[3\]](#) (Wheeler, 1963) del espaciotiempo, la cual sostiene que no existe vacío y se curva debido a su contenido de materia y energía dinámicas autónomamente, mientras el espaciotiempo por ser cambiante en función de las reconfiguraciones de la energía-materia es dinámico-dependiente, a cuyas partículas componentes de la energía-materia las determina a moverse libremente

dentro de geodésicas causales, `tipo tiempo si son partículas con masa diferente de cero y tipo nulo o luz si son partículas del campo electromagnético' [Pág 17, 2], lo cual causa la gravitación que, por tanto, no es una fuerza sino “un aspecto de la geometría del espaciotiempo” [Pág 2, 3]. La curvatura del espaciotiempo es el campo gravitacional, entidad geométrico-dinámica dependiente de las transformaciones de la energía-materia, y el espaciotiempo propiedad estructural de éste. "El espaciotiempo no reclama una existencia propia, sino que reclama la categoría de calidad estructural del campo gravitacional" (Einstein, 1954).

La Relatividad General resultó de un programa de geometrización de la ciencia de la Física a partir del espaciotiempo, privilegiándolo con respecto a la materia y la energía, dada su transcendencia en el entendimiento del movimiento mecánico delante de la anomalía de la órbita de Mercurio de acuerdo con la mecánica celeste de Newton y de la constancia de la velocidad c de los fotones en el vacío, encontrada en los experimentos de Michelson-Morley y dejando de lado las transformaciones físicas que ocurren entre las formas y estados de la materia y la energía, por lo que al final resultó que el campo gravitacional, por ser un campo métrico, rompe la cadena de transformaciones entre los diferentes campos existentes en la naturaleza.

Minkowski, antiguo profesor de Einstein, introdujo en la Relatividad Especial el método y pensamiento geométrico, quien inspirado en los trabajos de Félix Klein sobre las nuevas geometrías no-euclídeas, en su programa Erlangen los tradicionales instrumentos algebraicos de soporte de la física fueron reemplazados por geométricos. “Minkowski indico que los geómetras se han concentrado sobre la transformación del espacio. Pero ellos han ignorado los grupos de transformación asociados con la mecánica, esos que conectan varios estados inerciales de movimiento. Minkowski procedió a tratar esos grupos en exactamente la misma forma como los grupos geométricos. En particular él construyó la geometría asociada con la transformación de Lorentz. Para empezar, no fue la geometría del espacio, sino del espaciotiempo, y la noción del espaciotiempo fue introducida en Física casi como producto del programa Erlangen. Además, él encontró que el espaciotiempo tiene la estructura hiperbólica ahora asociada al espaciotiempo de Minkowski. Desde esta perspectiva geométrica la formulación de una teoría que satisface el principio de relatividad en sistemas inerciales se vuelve trivial. Sólo se requiere formular la teoría en términos de las entidades geométricas del espaciotiempo efecto de los varios tipos de vectores del espaciotiempo por Minkowski definido y la teoría será automáticamente Lorentz covariante” (Norton, 1993). Posteriormente, en 1915, con la formulación de la General Relatividad, al Einstein adoptar el espaciotiempo con la geometría de Riemann geometrizó la gravedad.

El puente entre la especial y Relatividad General fue la teoría Entwurf. Entre 1905 y 1907, Einstein como Poincaré y Minkowski fracasaron en obtener una teoría relativista de la gravitación, desde la Relatividad Especial debido a la imposibilidad de describir el potencial gravitatorio mediante un 4-vector. A esa altura Einstein desconocía los tensores. RTG, fue lograda, en la década de 1980 en Rusia, por un grupo de matemático-físicos bajo el liderazgo de Anatoli Logunov, aunque desde la relatividad de Poincaré, la teoría Entwurf soportada en el cálculo diferencial absoluto, aunque los tensores aplicados al espaciotiempo de Minkowski guardando identidad con el de Riemann, el cálculo variacional y la teoría gauge.

En 1912, el matemático Marcel Grossmann, quien se había desempeñado como profesor de geometría descriptiva, desde el Cálculo diferencial absoluto, introducido en 1901 por Gregorio Ricci-Curbastro y Tullio Levi-Civita, le presentó a Einstein los tensores, nueva poderosa herramienta matemática, con la potencia de poder integrar los principios de equivalencia y relatividad a la vez, dado su propiedad de covariancia, que podría aplicar en el espaciotiempo de Riemann o en el de Minkowski, caso especial del primero cuando el tensor de curvatura $R^i_{jkl} = 0$. El cálculo diferencial absoluto representa las cantidades como objetos geométricos, como tal es complementario del programa Erlangen.

Einstein eligió los tensores aplicados al espaciotiempo de Minkowski puesto que él, como físico, a esa altura había reconsiderado su idea original de la gravedad como homogénea y la entendía como la gravedad extendida que debía ser un fenómeno de la energía similar al electromagnético y le era indispensable “que las leyes de conservación sean satisfechas por los procesos materiales y el campo gravitacional tomados juntos. Por lo que demandamos la existencia de la expresión $t_{\mu\nu}$ para los flujos del impulso y energía del campo gravitacional, junto con las correspondientes cantidades $T_{\mu\nu}$ de los procesos materiales” (Einstein, 1913). Einstein ideó el argumento del agujero para justificar la covariancia limitada, que ocurre cuando los tensores son aplicados al espaciotiempo de Minkowsky, por su carencia de universalidad que, si posee el espaciotiempo de Riemann, evitando el indeterminismo que resultaría de una covarianza general. Pero, las ecuaciones de la teoría Entwurf fallaron en dar en el límite de la gravedad débil las de Newton y, por otra parte, en astronomía la trayectoria de Mercurio.

La Relatividad General surgió no como el desarrollo ulterior de la teoría Entwurf sino de una profunda crisis personal de Einstein, en la dura competencia con el mejor matemático alemán de la época, David Hilbert, iniciada en julio de 1915, y terminada en noviembre de 1915, cuando primero Hilbert y 5 días después Einstein entregaron las ecuaciones dando los resultados, que las ecuaciones de la teoría Entwurf no pudieron. Einstein se vio obligado a aplicar los tensores al espaciotiempo de Riemann, la otra alternativa que Grossmann le había dado a

Einstein, a costa de renunciar a la materialidad del campo gravitacional, que paso a ser un campo de naturaleza geométrica, carente de realidad física. Para ello, Einstein tuvo que desdecirse del argumento del agujero, para lo cual, con la ayuda del filósofo Moritz Schlick, elaboró "el argumento de la coincidencia punto" con el que el indeterminismo de la covarianza general fue superado. Einstein presentó la general covarianza como la realización del principio general de relatividad. Y sin saber cómo las ecuaciones funcionan.

"Como se señaló hace 90 años por Hilbert (1917), Einstein (1918), Schrodinger (1918) y Bauer (1918) dentro del enfoque de la gravedad geométrica (General Relatividad) no hay características tensoras del impulso-energía para el campo de gravedad" (Baryshev, 2008). Así, al identificar la gravedad con el espaciotiempo la geometría se engullo la Física, la forma al contenido.

La Relatividad General se ha intentado unificar con la Física Cuántica [N:\[4\]](#), que deriva intuitivamente una explicación de la gravedad como el efecto del campo gravitacional material, compuesto de gravitones virtuales, y la recupera como una fuerza de interacción, la más general de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. "En mecánica cuántica, las fuerzas o interacciones entre partículas materiales, se supone que son todas transmitidas por partículas de espín entero" "La fuerza gravitatoria... se atribuye al intercambio de gravitones entre las partículas que forman... cuerpos". "Desde el punto de vista mecano-cuántico de considerar el campo gravitatorio, la fuerza entre dos partículas materiales se representa transmitida por una partícula de espín 2 llamada gravitón" (Hawking, 1988).

Las estrategias de unificación son de dos tipos: desde la General Relatividad, el campo gravitacional explicarlo como material o desde la Física Cuántica, todos los campos explicarlos como geométricos [N:\[5\]](#). Esta ha sido la estrategia mayoritariamente preferida, pero que no logra superar el límite de las bajas energías. Recientemente, Cala y Smeenk (2006) la desafían al elegir y sustentar teóricamente una solución dentro de la primera estrategia.

Con el gravitomagnetismo interno o arrastre de marco, establecido experimentalmente en la Gravity Probe B, realizada por los equipos de Stanford y la NASA, en 2004, y la supuesta detección de las ondas gravitacionales, en 2015, el espaciotiempo sería un ¡campo material! (Guillen, 2016], (Bunge, 2017), (Romero, 2017).

V. G. Turishev (2011) de la NASA y Paul Worden (2012) de la Universidad de Stanford escribieron en artículos independientes: según el "efecto de arrastre de marco: la materia giratoria arrastra el espaciotiempo ("espacio-tiempo como un fluido viscoso")".

No obstante, el tema del espaciotiempo permanece sin resolverse. En 2018, la "Sociedad Internacional para el Estudio Avanzado del Espacio-tiempo", preguntó

¿cuál es la naturaleza del espacio-tiempo? Y respondió: "Permanece abierta"; Entre, el 14 y el 17 de mayo, el "Instituto para Estudios Fundacionales Hermann Minkowski", de Montreal, realizó la "Quinta Conferencia Internacional sobre la Naturaleza y Ontología del Espaciotiempo", en Varna, Bulgaria y, en mayo, en Nature, se escribió: "La gente siempre ha dado por sentado el espacio. Es solo el vacío, después de todo, un telón de fondo para todo lo demás. El tiempo, asimismo, simplemente avanza sin cesar. Pero si los físicos han aprendido algo del largo trabajo para unificar sus teorías, es que el espacio y el tiempo forman un sistema de tal complejidad asombrosa que puede desafiar nuestros esfuerzos más ardientes para comprender" (Musser, 2018). Es que el espaciotiempo es un enigma (Lorente, 2006), porque "realmente no sabemos qué es espaciotiempo" (Odenwald, 2015).

En 1989, Logunov demostró que ondas gravitacionales no pueden derivarse de las ecuaciones de Grossmann-Einstein-Hilbert puesto que un campo gravitacional métrico no puede radiar a pesar de su pretendido dinamismo y a las que Einstein renunció definitivamente en 1938, luego que presionado por Lorentz, premio nobel 1905, tuviera que llamar tal campo éter relativístico confiriéndole de palabra materialidad y al responder ¿cuál era su velocidad?, a solicitud de Born, desde cuando esa era su concepción en la teoría Entwurf, Einstein las introdujo entre 1916 y 1918; fallecido Lorentz y extinguida su influencia en la comunidad científica, Einstein dio fin consecutivamente al éter relativístico y a las ondas gravitacionales. El autor ha formulado que las ondas, detectadas inicialmente por LIGO, en 2016, aunque un nuevo tipo de ondas cuadrupolares, no son ondas gravitacionales (Guillén, 2016). No es extraño tal descubrimiento puesto que, al ser resultado de la utilización de una tecnología de altísima sensibilidad para perturbaciones cuadrupolares debían aparecer aspectos de la energía-materia desconocidos, aunque insuficiente para detectar las verdaderas ondas gravitacionales por su extraordinaria debilidad cuyo gravitón Logunov estima bajo el orden de $4.5 \cdot 10^{-66}$ g.

Esta, hasta ahora, insalvable contradicción entre el campo gravitacional como campo geométrico en el macrocosmos, donde vale la mecánica de la Relatividad General y el campo gravitacional como campo material en la escala de Planck, del microcosmos, donde vale la mecánica cuántica, se examina en este ensayo con el objetivo de superar esta contradicción desde la perspectiva del espaciotiempo de donde estratégicamente se originó.

1.1. Notas.

[N:\[1\]](#) Intersección entre física y filosofía en cuanto ésta tiene como uno de sus principales objetos el ser en cuanto ser.

[N:\[2\]](#) Es impresionante que, en el paso entre el pensamiento precientífico al científico, en términos de Althusser, cuando se elaboró la generalidad uno o cuerpo teórico que en el proceso metodológico de la investigación científica, reemplaza al

objeto real, se produjera, como un efecto verdaderamente indeseable o extravío temprano de la razón, que el espaciotiempo se separará de la materia y adquiriera una existencia autónoma, que ha durado por tantos siglos. E incluso, la General Relatividad, al formular interdependientes el espaciotiempo y la materia sólo logro acercar el espaciotiempo a la materia, de cuya interioridad se desprendió.

[N:\[3\]](#) Evolución de las configuraciones tridimensionales.

[N:\[4\]](#) El lado derecho de las ecuaciones de campo de la Relatividad General describe las fuentes de la materia, cuyo comportamiento se rige por la teoría cuántica. El lado izquierdo de las ecuaciones de campo describe la gravitación como un campo clásico. Si el lado derecho representa la materia cuantificada, entonces las ecuaciones de campo tal como están son inconsistentes (Riggs, 1996).

[N:\[5\]](#) La incompatibilidad conceptual entre la Relatividad General y la Mecánica Cuántica se ve generalmente como una motivación suficiente para el desarrollo de una teoría de la Gravedad Cuántica. Si, así, una argumentación típica, la mecánica cuántica proporciona una base universalmente válida para la descripción del comportamiento dinámico de todos los sistemas naturales, entonces el campo gravitacional debería tener propiedades cuánticas, como todos los demás campos de interacción fundamentales. Y, si la Relatividad General se puede ver como una descripción adecuada de los aspectos clásicos de la gravedad y el espaciotiempo, y su relación mutua, esto lleva, junto con los argumentos bastante convincentes contra las teorías semiclásicas de la gravedad, a una estrategia que requiere una cuantización de la Relatividad General como la vía natural hacia una teoría de la gravedad cuántica. Y, dado que en la Relatividad General el campo gravitacional está representado por la métrica del espaciotiempo, una cuantización del campo gravitacional correspondería en cierto sentido a una cuantización de la geometría. El espaciotiempo tendría propiedades cuánticas. (Reiner Hedrich, 2009).

2. Substancialismo y Relacionismo.

La cuestión del espacio y tiempo surgió, en tiempos de los presocráticos, de las preguntas: ¿El Universo y su devenir en que está contenido? ¿Son el espacio y tiempo su continente? A las que se le adicionaron las preguntas en torno de la inteligibilidad del movimiento local que conllevó a la pregunta: ¿El espacio y tiempo son relaciones?

Platón y Aristóteles, “fondo dependientes”, defendieron que el espacio y tiempo son el fondo fijo que contienen al Universo y su devenir mientras que Heráclito y Demócrito que el espacio y tiempo no son más que relaciones que registran el movimiento entre los cuerpos que componen el Universo y son “fondo independientes” [N:\[6\]](#).

En el siglo XVII, la discusión llegó a Newton y Leibniz: ¿el espacio es real o resulta de la relación entre cuerpos materiales? Bien materia y espacio o materia y relaciones. Este dilema dio lugar a que, incluso hoy día, las relaciones espaciotemporales se vean como relaciones entre puntos en los que los eventos ocurren (substancialitas) o como relaciones entre los propios eventos (relacionalitas).

En Newton la geometría (no como el conjunto de relaciones métricas entre los objetos materiales sino como las características métricas del espacio), la simultaneidad y la estructura inercial son propiedades intrínsecas de un espacio meta físico real absoluto [Pág 200, 5], mientras que, para los relacionalitas dejan de serlo y son estructuras, en las que se codifican relaciones entre objetos materiales, estas son las estructuras relacionales.

En Newton la materia proporciona lo dinámico sobre un fondo fijo. En la dinámica intrínseca (Relacionismo) se suprime ese fondo. La dinámica intrínseca describe la evolución de la materia en el espacio de configuración relativa. Esto es posible porque su elemento principal: las configuraciones instantáneas (campos o partículas), cambian su configuración intrínseca (con relación, asimismo), porque la materia es dinámica [Pág 208, 5].

El Substancialismo de Newton, fue debatido por Leibniz, a quien, en la modernidad, se le atribuye el Relacionismo, al negar la persistencia de los puntos del espacio en el tiempo, con el argumento que, si el mundo estuviera en otra parte o invertido o en movimiento se produciría redundancia ontológica, mientras que las relaciones espaciotemporales entre sus componentes no se alterarían.

Descartes sostuvo que el espacio es idéntico a la extensión que está directamente conectada con los objetos materiales; sin que haya espacio sin objetos ni espacio vacío. Huygens encontró absurdo el movimiento sin relación a objetos materiales y Leibniz encontró que el soporte físico del movimiento debería residir en la materia y sus relaciones. Leibniz concluyó que el espacio, extensible al tiempo, es el conjunto ordenado de relaciones entre los objetos materiales y todo movimiento es relativo, aunque, existe el movimiento absoluto, pero, no respecto al espacio sino cuando la causa del movimiento es intrínseca al objeto que se mueve [N:\[7\]](#).

En el Relacionismo el espacio y tiempo carecerían de realidad física y serían simples categorías que expresan las relaciones dimensionales entre los objetos materiales que poseen volumen y están sujetos a cambio [N:\[8\]](#).

Aunque, Leibniz no especificó las estructuras de soporte del movimiento éstas pueden ser: topológica, geométrica, y causal; ésta con base en la simultaneidad absoluta.

El rechazo de la identidad de los puntos espaciales deja al Relacionismo el problema de la justificación relacionista de la inercia, por lo tanto, al no formularla,

se queda sin estructura inercial. Esto fue lo que le paso a Leibniz que al negar el carácter ontológico de los puntos del espacio no puede explicar la estructura inercial y, por tanto, el movimiento inercial [N:\[9\]](#).

La consecuencia es que, el Substancialismo de Newton perdura debido a la estructura inercial del movimiento, que existe y sería independiente de la materia, aunque, despojado del movimiento absoluto respecto del espacio absoluto y formulado en el contexto de la variedad espaciotiempo (teoría de la General Relatividad) a cambio del espacio.

La variedad espaciotiempo es un objeto geométrico que generaliza el concepto de superficie para cuatro dimensiones; es deformable, o sea, admite multiplicidad de formas debidas a transformaciones topológicas (la estructura global del espaciotiempo) y posee la propiedad que en cada punto (evento puesto que los puntos dejan de representar partículas) es diferenciable en espacios tangentes de Minkowski, que son espacios euclídeos, pero, constreñidos a máximo la velocidad c .

Así, el error de Newton de considerar el movimiento absoluto con relación al espacio absoluto se resuelve, puesto que, el espaciotiempo posee la estructura para definir la aceleración absoluta, sin necesidad del espacio absoluto, debido a que tiene una estructura afin (inercial) a través de todo el espaciotiempo. Esta es una estructura geométrica abstracta cuasi euclídea (espacio de Einstein - Minkowski según la teoría de la Relatividad Especial) que se cuelga a cada punto de la variedad y permite la explicación de las propiedades del movimiento a partir de geodésicas sobre la misma. Esta estructura sirve para determinar cuáles trayectorias son inerciales (geodésicas) y para codificar, la estructura general de la fuerza inercial, que mantiene la aceleración absoluta (el cambio de velocidad, entre distintos sistemas de coordenadas, es absoluto), pero, no el reposo y la velocidad absolutos.

El espaciotiempo en si mismo hace posible establecer la aceleración absoluta respecto a la conexión afin y permite la explicación del movimiento inercial como movimiento geodésico (rectilíneo para el espaciotiempo plano de Newton y Minkowski) y, por lo tanto, la existencia del movimiento absoluto respecto a esta estructura afin o familia de sistemas inerciales ($\Gamma^{\sigma}_{\mu\nu}$), que sería independiente de la presencia de la materia o el campo [Pág 29, 5]. La existencia de la estructura inercial es tomada como una propiedad estructural intrínseca del espaciotiempo, que de esta manera es real (tesis del Substancialismo Sofisticado) [Pág 30, 5].

En el Substancialismo Sofisticado el grupo de transformaciones de Galilei se debe interpretar como diferentes representaciones de una misma realidad física. Estas transformaciones no generan mundos desplazados en el espacio. De este modo, aunque, la identidad de los puntos del espacio es suprimida la redundancia se reemplaza por representaciones posibles. Entonces, la redundancia ontológica de

Leibniz se vuelve las posibles representaciones de una misma realidad física [Pág 30, 5].

Pero, debido a que en la Relatividad General se identifica el espaciotiempo y el campo gravitacional, como dice Rovelli (1997), el debate entre substancialitas y relacionalitas sigue presente, puesto que, en definitiva, no se ha resuelto que es real o propiedad del otro: si el espaciotiempo o el campo gravitacional [Pág 143, 5]. Pero, una vez admitidos el arrastre de marco y las pretendidas ondas gravitacionales, solo es posible el substancialismo.

El Relacionismo y el Substancialismo se identifican en que el espaciotiempo es un objeto geométrico y se diferencian en que para el Relacionismo es un objeto geométrico ideal [N:\[10\]](#), que se formula con relación a la existencia material, mientras que para el Substancialismo es un objeto geométrico real, cuya sustancialidad es entendida como presencia, existente por sí misma, aunque, es presencia no material. Sin embargo, existe un grupo quienes le confieren al Substancialismo realidad material, al que a sus espaldas pertenecen todos los científicos adheridos al arrastre de marco y a las supuestas ondas gravitacionales de LIGO y quienes los siguen.

2.1. Notas

[N:\[6\]](#) “ Desde los griegos, la discusión se ha desatado entre aquellos que creían que el espacio y el tiempo tienen un carácter eterno y absoluto y aquellos que pensaban que el espacio y el tiempo no son más que relaciones entre eventos que ellos mismos evolucionan en el tiempo. Platón, Aristóteles y Newton eran absolutistas. Heráclito, Demócrito, Leibniz, Mach y Einstein (el joven) eran relacionalitas” [Pág 6, 4].

[N:\[7\]](#) ` La visión relacional de Leibniz establece que el espacio es el orden de las cosas coexistentes y el tiempo es el orden de los sucesivos eventos. Leibniz crea tiempo y espacio en relación con eventos materiales en el universo. Sin acontecimientos materiales, el tiempo y el espacio solo pueden ser ideales. En un sentido físico, el tiempo y el espacio se convierten en propiedades relacionales: para que el tiempo y el espacio existan, el Universo debe estar lleno de materia y eventos materiales cambiantes. El tiempo y el espacio se convierten en relaciones entre ubicaciones espacio-temporales´ [Pág 1, 6].

[N:\[8\]](#) ` El relacionismo sostiene que el espacio y el tiempo no existen aislados de la materia. Las relaciones espaciales existen entre los cuerpos materiales, y las relaciones temporales existen entre los eventos físicos. [Pág 1, 7]. ` Los relacionistas negarán que los puntos espacio-temporales disfruten de este tipo robusto de existencia, y aceptarán las relaciones espacio-temporales entre eventos como primitivas´ [Pág 2, 8].

[N:\[9\]](#) ` Leibniz hace que la visión relacional sea demasiado dependiente de la existencia de procesos o entidades materiales en el universo. John Earman caracteriza el relacionismo leibniziano como la visión de que "las relaciones espacio-temporales entre cuerpos y eventos son directas". Es decir, no hay un substrato subyacente de puntos espacio-temporales, que los eventos físicos simplemente ocuparían. Michael Friedman sostiene que el relacionismo leibniziano "desea limitar el dominio sobre el cual los cuantificadores de nuestras teorías se extienden al conjunto de eventos físicos, es decir, el conjunto de puntos espacio-temporales que en realidad están ocupados por objetos y procesos materiales". En la formulación de Friedman, el relacionismo construye relaciones espacio-temporales entre cuerpos como integrables en un espaciotiempo ficticio. Este espaciotiempo ficticio actúa como una representación de las propiedades de los objetos físicos concretos y las relaciones entre ellos" [Pág 2, 6]. `La falta de trayectorias inerciales en el mundo material y la prohibición de marcos inerciales desocupados privan al relacionista de la posibilidad de definir marcos inerciales de referencias. El consenso general es que el espacio-tiempo leibniziano no es más que una topología del tiempo y, por lo tanto, no es compatible con una teoría del movimiento adecuada' [Pág 3, 6].

[N:\[10\]](#) Similar al punto, la línea o al plano cuya existencia es ideal.

3. Tiempo y espacio en Newton.

Originado por la separación en el pensamiento de la forma del contenido, de la geometría de la energía-materia, la lógica de Newton acierta que el movimiento mecánico se descompone: en lo que se mueve (energía-materia), el medio en que el movimiento ocurre y de las relaciones de espacio y tiempo que surgen en el movimiento relativo entre diferentes marcos de referencia, que bien pueden explicarlas el Relacionismo no así el medio por lo cual Newton elige el Substancialismo puesto que el medio sería el espacio y tiempo que, también, muy acorde con la división ideológica, muy influyente en su época, de lo existente en la materia y lo inmaterial, sería un ente metafísico, y ningún otro mejor que el geométrico espacio y tiempo. Este proporcionaría las estructuras geométricas del movimiento, en especial la estructura inercial de la que el Relacionismo carece.

Por supuesto, en Newton, el tiempo y el espacio, como medio universal, son continentes de la materia y su movimiento. La energía-materia está dentro del espacio y el tiempo que la contiene. En esta concepción, conocida como mecanicista, espacio, tiempo y materia son objetivos, absolutos, independientes y reales [Pág 1, 9]. Espacio y tiempo son independientes entre sí y absolutos, en su propia naturaleza sin relación a cualquier cosa externa. Por tanto, también independientes de la energía-materia y del movimiento para todos los marcos de referencia, de donde resulta que si bien a través de la estructura inercial determina

sus trayectorias no afecta sus velocidades y la simultaneidad es absoluta para todos los eventos que son registrados por los observadores.

Las estructuras geométrica e inercial del espacio hacen que las partículas libres de fuerzas se muevan uniforme y rectilíneamente y permiten establecer las otras estructuras del movimiento que son la acelerada y la gravitatoria.

La materia, si se considera desde el punto de vista de su composición discreta, se define como agregaciones de partículas organizadas en los elementos o sustancias; más generalmente, la materia es denominada sustancia. También, la materia puede tratarse como un continuo, siempre que las propiedades de la misma se describan en función de las coordenadas de espacio (x_1, x_2, x_3) y del tiempo (t); en tal caso, la materia fue denominada campo. En consecuencia, en el pasado, para referirse a la materia se tuvo los términos de sustancia y campo.

El espacio y tiempo también paso a contener el éter, introducido con relación a las investigaciones de Faraday y Maxwell, a inicios del siglo XIX, que sería el medio necesario para trasportar las ondas electromagnéticas. En este caso, el campo, con anterioridad restringido únicamente a la descripción de estados intrínsecos de los objetos materiales, también, existiría en el espacio vacío; lo que conllevó que inicialmente el concepto de campo cambio de ser propiedad material y paso a considerarse como un objeto extendido, puesto que, fue considerado como una forma de materia, con propiedades mecánicas. Este campo fue el éter. En consecuencia, los campos electromagnéticos fueron definidos como estados mecánicos del éter.

Debido a la ausencia de interacción, que fue establecida experimentalmente por Michelson-Morley, entre el éter, considerado mecánicamente, y la sustancia material, en la revisión neo newtoniana, hecha a fines del siglo XIX, el éter fue definido como propiedad estructural del espacio, en consecuencia, materializando, y éste fue representado por una abstracción matemático-geométrica (tramado de rejillas) que sirve de soporte (seudo variedad) para darle dirección a los eventos y medir sus separaciones y ángulos (métrica). Esta concepción del éter implica el cambio en el concepto de campo que paso a cualidad del espacio. Sin embargo, hoy día, se mantienen en disputa ambas definiciones de campo, prefiriendo los relacionistas la de “objeto extendido” mientras los substancialistas la de “cualidades del espacio”.

El Universo newtoniano, luego de la revisión realizada con la introducción del electromagnetismo, es infinito e ilimitado y está constituido por partículas extensas y sólidas (materia) y vacío. Cada partícula es capaz de actuar instantáneamente a distancia, en el vacío, y ejercer fuerzas (campos), que se transmiten en el vacío, directamente, sobre otras partículas [Pág 415, 10]. De tal manera, el concepto de sustancia quedo para la materia en todas sus formas y estados y el concepto de campo quedo para las fuerzas electromagnética, débil, fuerte y gravitatoria.

En Newton sobre el tiempo, como respecto al espacio, se tiene una definición matemático geométrica operacional, no física, que la filosofía suple, aunque, como tal no única. En el caso del tiempo, se debate entre el presentismo (sólo el presente es) y el eternalismo (presente, pasado y futuro son). Ambas concepciones filosóficas sobre el tiempo controvertibles, aunque, el presentismo la preferida en Newton.

3.1. Tiempo y espacio continentes.

Espacio y tiempo constituirían el continente (idea originaria presocrática) dentro del cual la materia y el campo, contenidos, se mueven [Pág 1, 13].

El espacio es intuitivo como el continente de los objetos que poseen volumen y el tiempo como el continente-soporte del movimiento de éstos. 'La concepción de Newton es prototípica del modelo contenedor' [Pág 415, 10] [N:\[11\]](#).

Newton sostuvo que espacio y tiempo contenían el Universo con independencia del mismo y del movimiento de los que lo observan y miden, de tal manera que el Universo podía desaparecer y espacio y tiempo existir completamente vacíos, adicionalmente sin sufrir ningún cambio; espacio y tiempo siempre idénticos e inmóviles [Pág 58, 15] [N:\[12\]](#).

La tesis de Newton que el espacio, extensible al tiempo, son un ente contenedor de la materia, lo hace un ente substancial, pero por estar compuesto por puntos, por su puesto, nulidimensionales, metafísico que, no obstante, aloja a la energía-materia. Así, la nada contiene lo material. Por lo cual, también, el espacio y tiempo pueden considerarse en su inmaterialidad una simple categoría del pensamiento, aunque, esta interpretación es excepcional [N:\[13\]](#).

3.2. Independencia entre Espacio y tiempo.

En la mecánica de Newton, espacio y tiempo interactúan entre sí y con la materia a través del movimiento, durante sus interacciones tanto continente como contenido conservan, su carácter absoluto, pero relacionados de acuerdo con las tres leyes de la mecánica (inercia, acción-reacción, fuerza) que determinan en el movimiento la existencia de las estructuras inercial, acelerada y gravitatoria. Pero, el espacio y el tiempo (continente) y la materia y el campo (contenido) son esencialmente distintos. Espacio y tiempo es el fondo inmaterial mientras la materia y el campo lo ocupan.

El espacio y tiempo de Newton es definido, en la geometría de Euclides, por el par (espacio de configuración (R^3, t) , métrica (η_{ij}, t)) que geométrica y gráficamente se representa como un tramado rectangular de rejillas indeformable, que constituiría la gran malla en 4-D contenedora del Universo. El espacio de configuración (R^3, t) lo componen los puntos y la topología, mientras que, la métrica (η_{ij}, t) , la componen la geometría euclídea, la estructura inercial y la causalidad absoluta. La geometría euclídea permite velocidades infinitas.

Cada sistema de referencia (observadores en movimiento relativo) constituye un sistema de coordenadas (geométricamente, tramado particular de rejillas), cuyos puntos son definidos según las coordenadas de espacio (x_1, x_2, x_3) y la coordenada tiempo (t). Estos valores entre sistemas de coordenadas se convierten según el grupo de transformación lineal y ortogonal de Galilei ($x_1' = x_1 + v \cdot t, x_2' = x_2, x_3' = x_3, t' = t$) que relaciona las coordenadas de un sistema de referencia, s' , con las coordenadas de otro sistema de referencia, s , que se encuentre en movimiento rectilíneo uniforme con respecto de éste. El grupo de Galilei no aplica cuando el sistema de referencia en movimiento, s , contiene el campo electromagnético, por tanto, queda éste por fuera del alcance de la mecánica newtoniana.

3.3. Simultaneidad absoluta.

En la mecánica de Newton, en el Universo, se usa un único reloj para medir el tiempo y una única varilla métrica de longitud unitaria para medir el espacio. La conjugación espacio y tiempo permite determinar la simultaneidad en la ocurrencia entre eventos propios de la materia en movimiento, en diferentes sistemas de coordenadas.

La acción a distancia instantánea implica que la simultaneidad es absoluta, es decir, una invariante que constituye la base del grupo de transformación de Galilei.

3.4. Espacio euclídeo.

El espacio es un continuo lineal tridimensional estático de puntos, cuya representación interna es la de tres ejes ortogonales que se interceptan en un punto común, descrito y medido mediante la geometría de líneas rectas de Euclides. Cada punto del espacio se especifica por las coordenadas x_1, x_2, x_3 y el intervalo infinitesimal entre dos puntos, o métrica del espacio, está dado por: $ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2$.

3.5. Tiempo y presentismo.

El tiempo es un continuo lineal, mono dimensional, que fluye en orden y con igual ritmo, desde el presente, pasando al pasado y en dirección al futuro, en todo punto del espacio. Este concepto de tiempo corresponde al tiempo físico y no al evolutivo o histórico de la filosofía, es decir, es el tiempo intuido en el cambio de posición de los objetos, en el espacio, debido a sus movimientos de traslación y/o rotación [N:\[11\]](#).

Al concepto físico de tiempo en Newton corresponde en filosofía al presentismo que declara que sólo el presente existe, privilegio que conlleva a que el ser sólo existe en el presente. Ni el pasado ni el futuro existen.

“ El presentismo sostiene, más o menos, que solo existen las cosas presentes” [Pág 13, 12]. "Esto puede tener cualquiera de los dos significados, lo que resulta en dos desambiguaciones:

- Solo las cosas presentes existen ahora. (Pra)
- Solo las cosas presentes existieron, existen o existirán. (Prb)

(Pra) parece ser cierto, y trivial. (Prb) Parece obviamente falso" [Pág 14, 12].

El presente es todo lo que existe del fenómeno físico en el momento, aunque, lo que existe para el ser cognoscente es siempre detectado indirectamente como información codificada en el presente (Memoria) que siempre corresponde al pasado, siempre que dicha información, de acuerdo con la Relatividad Especial, se ha transmitido con la velocidad c o menor. La única posibilidad, para que el ser cognoscente pueda detectar la realidad en el presente es que ésta se comuniqué con una velocidad infinita, o más bien, tanto que se pueda asumir una conexión instantánea entre el cognoscente y la realidad, tal velocidad es entendida por Newton como la acción instantánea.

El presentismo es compatible con la relatividad de Galileo y la mecánica de Newton ya que el tiempo es independiente del espacio.

3.6. Éter.

Con la introducción de la teoría ondulatoria de la luz, de Hooke y Huygens, el espacio se supuso lleno de "Éter", medio substancial continuo, con propiedades mecánicas [N:\[14\]](#).

Aproximadamente tres siglos después, ante la inutilidad de detectar el éter, Lorentz, lo despojó del carácter mecánico y lo redefinió dinámicamente sólo en cuanto afecta a los cuerpos puesto que se mueven en su interior [Pág 2, 18] [N:\[15\]](#).

Drude y Larmor terminaron de eliminar el éter como sustancia material puesto que el éter sería el propio espacio dotado de propiedades físicas [Pág 2, 18]. Sin embargo, aún se mantuvo como el medio necesario para la propagación de las ondas de luz (campo electromagnético), de acuerdo con las leyes de Maxwell, que no son invariantes (carentes de simetría) con la transformación de Galilei y, por tanto, no cumplen el principio de relatividad de Galilei. Así, el éter se continuó usando como referente inmóvil universal del movimiento. [Pág 18, 1].

3.7. La revisión Neo newtoniana.

Las posiciones que ocupan los objetos en el espacio con el tiempo, permiten representar el movimiento material geoméricamente, mediante curvas llamadas líneas del mundo, en los sistemas de ejes coordenados. La línea del mundo es la historia de la partícula en el espaciotiempo, aunque, en mecánica de Newton no es necesaria la noción de espaciotiempo, tampoco la de evento [Pág 1, 13]. Espaciotiempo es introducido en la revisión neo newtoniana post relativista [N:\[16\]](#).

3.8. Eternalismo versus presentismo.

Acorde con la noción física de espaciotiempo surge filosóficamente la idea de eternalismo según la cual todos los tiempos existen igualmente. El pasado es

memoria, el presente es y el futuro es posibilidad [N:\[17\]](#). El tiempo es una dimensión de la realidad junto con las tres dimensiones espaciales y por ello todos los tiempos: pasado y futuro son igual de reales que el presente.

El eternalismo sólo es un atributo del espaciotiempo y no de los eventos que aloja.

El eternalismo se impone sobre el presentismo puesto que delante del pasado que existe codificado en el presente, a más no poder, el presentismo dice que del ser que ha dejado de existir pueden perdurar algunas de sus propiedades, es decir, propiedades sin ser. "Es incomprendible cómo algo que ni siquiera existe pueda soportar propiedades, etc." [Pág 25, 12].

Los casos críticos contra el presentismo, que se desprenden de la presencia del pasado en el presente, se refieren a que el pasado perdura en forma de memoria, por lo tanto, ontológicamente (por sus contenidos) diferente al presente, pero que en el presentismo debido a que se asumen los tiempos en sí, desconectados de la realidad a la que se refieren, son categorías iguales. Estos casos son:

“1 La verdad pasada. " Creemos, por ejemplo, que Napoleón invadió Rusia. " " Pero si Napoleón ni siquiera existe, ¿qué hace que (ahora) sea cierto que invadió Rusia? " [Pág 23, 12].

2 Referencia a objetos pasados "¿Cómo puedo referirme a lo que no existe? " [Pág 24, 12].

3 Relaciones con objetos pasados. "la mayoría o todas las relaciones causales 'implican 'al menos un relatum inexistente". " los objetos inexistentes pueden tener propiedades " [Pág 24, 12].

No obstante, el eternalismo se contradice cuando se deja de considerar los tiempos como simples categorías del pensamiento y se supone ontológicamente la existencia del futuro diferente respecto a la existencia del pasado y el presente que inexplicablemente asumen tienen una existencia análoga, con ser que el pasado siempre perdura como memoria mientras que el presente se refiere a lo existente. Este problema, mal planteado, del eternalismo condujo al pasado-presentismo, en el cual se declara que "solamente pasado y presente existen; el futuro permanece irreal" [Pág 13, 12] [N:\[18\]](#).

El pasado-presentismo es a su vez debatido por basarse en la idea del determinismo del Universo contra la que se dan las objeciones siguientes:

“- La mecánica clásica no es determinista.

- Si el mundo fuera determinista, seguramente podría haber sido de otra manera. ¿Sería entonces el presentismo falso de tal mundo? ¿O seguiría siendo cierto, pero con muchos menos hechos pasados? Parece imprudente descansar la verdad de hechos pasados en algo tan contingente como el determinismo.

- Suponga por conveniencia una ontología de partículas. La dinámica es (o al menos parece ser) de segundo orden: el estado del mundo en un momento depende de las posiciones y velocidades de sus partículas constituyentes en otro. ¿Y cómo entendemos las velocidades? Por lo general, como límites de cociente: distancia recorrida en el tiempo tomado (ya que este último tiende a cero). Pero eso quiere decir que la velocidad de una partícula depende de hechos sobre dónde estaba (y cuándo). Estos son hechos pasados; son exactamente lo que el presentista está tratando de fundamentar”. [Pág 26, 12].

Por lo tanto, en Newton filosóficamente el tiempo no está claramente concebido puesto que tanto para Newton el presentismo como para el neo newtonismo el eternalismo adolecen de veracidad total y son conceptualmente incompletos.

3.9. Estructuras inercial, acelerada y gravitatoria.

El sistema de coordenadas Euclídeo de espacio y tiempo es un sistema inercial en que en ausencia de fuerzas los objetos rígidos en movimiento, o sea, sin cambio de fase (cambio de estado o de forma material) pero sí de posición con el tiempo, mantendrán su estado relativo de reposo o movimiento rectilíneo uniforme con respecto a otros sistemas de coordenadas (movimiento relativo, que implica el cambio de distancia de un objeto con relación a otros) o respecto al espacio (movimiento absoluto, que es la traslación de un objeto de una posición absoluta a otra). Este carácter inercial del movimiento surge directamente de la geometría euclídea [N:\[19\]](#).

Newton mediante el paso entre sistemas inerciales a no inerciales formuló la existencia del movimiento absoluto. Este se establece porque aparece la fuerza centrífuga (presente durante el movimiento de rotación, que fue supuestamente probada por Newton en los experimentos, tanto, del balde de agua, como, en la tensión de la cuerda que une dos esferas).

En la persistencia o identidad de los puntos del espacio a través del tiempo, atributo exclusivo del substancialismo, tuvo Newton el sistema de referencia universal respecto del que definió sólidamente el movimiento absoluto y los estados de reposo y velocidad absolutos. La persistencia de los puntos del espacio en el tiempo le permitió a Newton ampliar las relaciones simultáneas entre puntos (distancias) a las relaciones en instantes distintos (tiempos). El espacio es concebido en reposo o al menos no acelerado.

Entre el movimiento relativo y el absoluto no existe diferencia dinámica sino con respecto de las causas o efectos (fuerzas) que poseen su manifestación dinámica en los sistemas no inerciales, que son los sujetos a fuerzas. Cuando la fuerza provoca el cambio del momento (impulso) se tiene el sistema acelerado y cuando la fuerza es ejercida a distancia entre las masas de los cuerpos se produce el sistema gravitatorio.

En el espacio y tiempo de Newton rige el principio de Galilei de que todas las leyes de la mecánica son las mismas para todos los observadores en sistemas inerciales.

3.10. Notas

[N:\[11\]](#) 'El espacio, creemos, es donde están las cosas y el tiempo lo que les proporciona el espacio para que estén allí cuando volvemos a mirar ... El espacio es el medio en el que las cosas se mantienen o, según sea el caso, cambian su ubicación el tiempo es el medio en el que deben conservar su identidad para que no desaparezcan como "cosas" y se reduzcan a apariciones momentáneas' [Pág 1, 14].

[N:\[12\]](#) Newton en su obra Principia (1687) dice: " El espacio absoluto en su naturaleza sin relación con nada externo, permanece siempre similar e inamovible". "El tiempo y el espacio eran propiedades absolutas del universo de Newton en el sentido de que no dependían de los eventos materiales que ocurrían en el universo". Newton postuló la existencia de un sustrato de puntos espacio-temporales, que no necesitan ser ocupados por cuerpos materiales' [Pág 2, 6].

[N:\[13\]](#) "Pronto se reconoció que este tipo de "etapa", completamente independiente de la materia, en realidad era solo una categoría metafísica dado el hecho de que ninguna realidad física puede asociarse con ella. Como consecuencia, la mecánica en el espacio y el tiempo absolutos fue reemplazada en la práctica por el uso de sistemas de inercia preferidos, por ejemplo, el definido en términos de las estrellas fijas" [Pág 5, 16].

[N:\[14\]](#) "Huygens introdujo la teoría ondulatoria de la luz. Según su teoría, las ondas de luz se propagan a través de las oscilaciones de un nuevo medio que consiste en partículas muy pequeñas, a las que llamó partículas de éter. Consideró el marco en reposo del éter luminífero como un marco preferido" "El concepto del éter reapareció en la teoría de Maxwell de la electrodinámica clásica. Faraday unificó la teoría de la electricidad de Coulomb con la teoría del magnetismo de Ampere. Maxwell unificó la teoría de Faraday con la teoría ondulatoria de la luz de Huygens, donde en la teoría de Maxwell la luz se considera como una onda electromagnética oscilante que se propaga a través del éter luminífero de Huygens" [Pág 1, 17].

[N:\[15\]](#) "El desarrollo de la teoría del electromagnetismo condujo más tarde al concepto de un medio ubicuo especial, el éter, en el cual las ondas electromagnéticas podrían propagarse, y con Lorentz este éter fue descrito como la encarnación de un espacio absolutamente en reposo" [Pág 5, 16].

[N:\[16\]](#) " En un espacio-tiempo newtoniano, por cada dos eventos existe un hecho en cuanto a las magnitudes tanto de su separación espacial como del intervalo temporal entre ellos. En un espacio-tiempo neo-newtoniano o galileano, hay un intervalo temporal determinado entre dos eventos y, si son simultáneos, también

una distancia determinada. Pero no existe un estándar de reposo absoluto en ese espaciotiempo, y por lo tanto, no es un hecho el hecho de si los eventos en diferentes momentos se ubican conjuntamente, a 10 metros de distancia o a 10 años luz de distancia" [Pág 44, 12].

[N:\[17\]](#) "todas los tiempos, existen por igual; el presente no es ontológicamente privilegiado" [Pág 13, 12].

[N:\[18\]](#) "Una variación adicional es el modelo futuro de ramificación de McCall (1976, 1994) que toma el futuro a consistir en muchas posibilidades reales, pero aún no actualizadas" [Pág 13, 12].

[N:\[19\]](#) "Un marco de inercia es un marco de referencia en el que las partículas libres de fuerza se mueven en líneas rectas y con respecto a las cuales las leyes de la física asumen la misma forma (canónica)" [Pág 43, 12].

4. El espaciotiempo según Einstein.

Einstein conserva la naturaleza geométrica del espacio-tiempo de Newton, aunque sin su claro propósito metafísico característico del medievalismo del siglo XVII.

La relatividad de Einstein comprende las formulaciones de la Relatividad Especial para un espaciotiempo plano, y la de la General Relatividad, para espacios curvos.

En la Relatividad Especial, el espacio y el tiempo no son independientes entre sí, como en Newton, sino que constituyen un nuevo absoluto: el espaciotiempo relativista [Pág 1, 19], lo cual significa que la métrica, ds , del espaciotiempo es invariante para todos los observadores en sistemas inerciales y que el tiempo y el espacio son mutuamente relativos.

Espaciotiempo es un continuo de cuatro dimensiones (tres del espacio más el tiempo que es la cuarta dimensión interrelacionados por la velocidad c e intercambiables de acuerdo a diferentes observadores en movimiento), que existe con independencia tanto de la materia como del campo a los que contiene, puesto que es el 'mero marco para los eventos físicos' [Pág 58, 20].

El evento, determinado por las coordenadas x_1, x_2, x_3, t , es el verdadero elemento del continuo espaciotiempo. Dice Einstein: 'lo que tiene realidad física no es ni el punto en el espacio ni el instante del tiempo en que algo ocurre sino únicamente el acontecimiento mismo' [Pág 84, 21]. De esta manera, en mi opinión, Einstein a esta altura cosifica el punto newtoniano y la realidad física del espaciotiempo es auténticamente material, puesto que, reside en el acontecimiento material. Pero, Einstein no destierra la existencia del punto que, sin realidad física, adquiere carácter metafísico.

Al espaciotiempo de Einstein corresponde la geometría de Minkowski como al espacio de Newton la geometría de Euclides.

El espaciotiempo de Einstein-Minkowski, como el espacio de Newton-Euclides, es el continente inmutable en donde, contenidos, existen materia y campo, asimismo su movimiento físico, sin que espaciotiempo se afecte [Pág 1, 19], que puede existir carente de materia, aunque no de campo. Tanto el campo electromagnético como el gravitatorio representan energía y debido a que la energía posee masa son formas de la existencia material. Sin embargo, el espaciotiempo como estructura inercial constituye una clase de campo no material. El espaciotiempo vacío de materia, por supuesto, también, de electromagnetismo y gravedad, en sí mismo constituye el substrato de la estructura inercial, es decir, constituye un campo geométrico plano, que ya no puede estar constituido por eventos y, por tanto, devuelve a Einstein a los puntos de Newton. En consecuencia, la gravedad definida como curvatura del espaciotiempo, en la General Relatividad, por lo tanto, como campo geométrico curvo, viene a constituir el desenvolvimiento o generalización de la idea de la estructura inercial del espaciotiempo de la Relatividad Especial que, al fin al cabo, proviene de Newton. La contradicción existente en la Relatividad, entre su concepción del espaciotiempo constituido por los eventos materiales y a la vez constituido por puntos como substrato de la inercia, tiene su apoyo en la distinción que se hace del campo entre geométrico (como $\Gamma^{\sigma}_{\mu\nu}$, $g_{\mu\nu}$) y material (el resto).

4.1. Espaciotiempo de Einstein-Minkowski.

El espaciotiempo de Einstein-Minkowski es plano, internamente corresponde a un sistema geométrico compuesto por cuatro ejes ortogonales que se interceptan en un punto común, similar al espacio tridimensional de Euclides o al espaciotiempo newtoniano, en que sus líneas de curvaturas mínimas o geodésicas son rectas, pero que limitan la velocidad de las partículas u objetos a máximo c .

La geometría, que describe el espaciotiempo, es la de Minkowski, quien fue quien la introdujo en 1908. El intervalo entre dos eventos está dado por: $ds^2 = \eta_{uv} dx^u dx^v$, donde las η_{uv} son ecuaciones de líneas rectas, y es un valor invariante que implica $ds^2 = ds'^2$ [20].

El continuo espaciotiempo de Minkowski, posee las estructuras: Eventos, topología, geometría, campo inercial, causalidad. Los eventos y topología son los componentes del espacio de configuración R^4 , mientras que, geometría de Minkowski, campo inercial y causalidad relativa los componentes de la métrica η_{uv} . Además, la geometría de Minkowski está definida de tal manera que c es invariante para todo observador, independientemente de su estado relativo de reposo o movimiento, y el límite máximo de velocidad a la que pueden las partículas u objetos, con masa en reposo, cerradamente aproximarse, pero nunca alcanzarla. Sólo el fotón o partículas carentes de masa en reposo pueden alcanzar c .

Consecuencia lógica, de la geometría de Minkowski, es la unificación entre materia y campo a través de $E=mc^2$, puesto que se requiere de una causa física para que las partículas con masa en reposo no puedan llegar a c y ésta es la que la energía del campo cinético de un objeto, es decir, la energía cinética, no la masa, con el aumento de la velocidad aumenta y al representar masa posee inercia que en la proximidad del umbral c la inercia de la energía cinética tiende a infinito, lo cual imposibilita su ulterior aumento.

Los problemas físicos acerca del movimiento, planteados en el marco de la Relatividad Especial, son tratados como problemas geométricos en el continuo de Minkowski (R^4 , métrica η_{uv}) que, por tanto, son resueltos geoméricamente. [Pág 19, 1].

La gravedad, continúa definida como fuerza, pero, ya no de acción instantánea debido al límite c , además, dentro de la Relatividad Especial, sus problemas carecen de solución, puesto que, la gravedad no posee carácter geométrico. No así las mediciones del campo electromagnético cuyo relativismo, entre sus componentes eléctrico y magnético, respecto de observadores en movimiento relativo, encuentra en el espaciotiempo de Minkowski la geometría adecuada a su naturaleza. El principio de relatividad del movimiento se extiende al campo electromagnético, que queda incluido en la mecánica de la Relatividad Especial.

4.2. Relatividad entre espacio y tiempo.

En la Relatividad Especial, para los diferentes observadores no existe tiempo ni espacio absoluto, sino que dependen del movimiento de quien los mide [Pág 1, 9], es decir dependen del sistema de coordenadas que se elija, por lo tanto, espacio y tiempo son relativos.

¿Cuál es la diferencia entre espacio y espaciotiempo? En el espacio, medidas de longitud y tiempo son fijas. En el espaciotiempo, la longitud y tiempo son relativos, dependiendo de velocidad y lugar en el espacio. La longitud se contrae y el tiempo se extiende desde una perspectiva externa' [Pág 1, 22] [N:\[21\]](#).

El relativismo de los componentes del espaciotiempo, es la consecuencia de la interpretación de Einstein del grupo de transformación de Lorentz [$x_1' = (x_1 + vt)/\sqrt{\alpha}$, $x_2' = x_2$, $x_3' = x_3$, $t' = (t + v/c^2)/\sqrt{\alpha}$] como contracciones relativas de espaciotiempo y no de los cuerpos, como originalmente lo planteó Lorentz. La longitud, dx_1 , y el tiempo, se transforman entre diferentes observadores, en movimiento relativo, de acuerdo con este grupo de transformación de Lorentz, que implica que la longitud se contrae y el tiempo se dilata proporcionalmente al valor $\alpha = (1 - v^2/c^2)$, dado en función de la velocidad del observador con respecto a c , y tienden la longitud del espacio a cero y el segundo del tiempo a infinito, con lo cual tiende el tiempo a detenerse cerradamente a c .

La transformación de Lorentz relaciona el sistema de coordenadas espaciotiempo de un evento con las del mismo evento en otro sistema de coordenadas, en movimiento rectilíneo uniforme con respecto de éste. Esta es la forma general de tiempo y espacio coordinados. El tiempo, dt , fluye con ritmo distinto y la longitud, dx_1 , cambia de patrón en los sistemas de coordenadas animados de movimiento relativo respecto a las correspondientes dimensiones de tiempo y longitud en los sistemas de coordenadas tomados en reposo. Por tanto, la simultaneidad entre eventos se vuelve relativa puesto que eventos simultáneos en un sistema de coordenadas en reposo dejan de serlo respecto de sistemas de coordenadas en movimiento.

Debido al carácter relativo del tiempo y espacio coordinados, se requiere de un reloj para medir el tiempo, dt , y una varilla métrica de longitud unitaria para medir la longitud, dx_1 , en cada sistema de coordenadas inercial existente en el Universo [N:\[22\]](#).

Pero, también, en la forma particular de tiempo propio y espacio propio existen absolutos, invariantes para todos los observadores. El tiempo propio, τ , es el de los eventos que ocurren en el mismo punto espacial, donde la longitud corresponde a: $dx_1=0$, por tanto, es el tiempo medido por un mismo reloj en reposo, colocado en ese punto. El tiempo propio es exactamente $\tau=ds/c$. El espacio propio es el de los eventos que ocurren simultáneos, es decir, cuando $dt=0$, caso en el cual dx_1 es invariante.

4.3. Pasado, presente y futuro.

En el espaciotiempo no existe el presente (como tal) puesto que en Minkowski no hay tiempo [Pág 5, 23] sino que existe el continuo espaciotiempo, en el cual las cuatro dimensiones se entremezclan entre observadores colocados en distintos marcos inerciales (Clifford Jonson, 1999). Esta es la consecuencia de la relatividad de la simultaneidad que implica que eventos simultáneos en un marco de referencia no lo son en otro. "Eso significa que debemos abandonar la clásica comprensión del presente como (al menos) un conjunto simultáneo de acontecimientos. Y que a su vez significa que perdamos nuestra adherencia a la afirmación de que de alguna manera el presente es (existencialmente) privilegiado [Pág 42, 12].

Lo que vale para dos eventos distintos, en todos los marcos de referencia, es que en virtud a que $ds^2 = ds'^2$ estén relacionados como espacio (spacelike), conectados por alguna distancia espacial, si su separación espaciotiempo es mayor que 0 ($ds^2>0$). Estén relacionados como tiempo (timelike), conectados por alguna distancia temporal, si su separación espaciotiempo es menor que 0 ($ds^2<0$). O estén relacionados como luz (lightlike), conectados por alguna señal de luz, si su separación espaciotiempo es cero ($ds^2=0$) [Pág 44, 12].

Todo evento existe en el punto del intercepto entre los conos de luz del pasado absoluto y el futuro absoluto, que se abren hacia fuera y son relativos al mismo. El cono del futuro reúne todos aquellos eventos sobre los cuales puede influir mientras que el cono del pasado reúne todos aquellos que lo pueden influir. Estos dos conos reúnen todos los eventos conectados a un evento de referencia a través de lightlike o timelike. Los demás eventos conectados mediante spacelike quedan excluidos de la posibilidad de causalidad.

4.4. A favor del eternalismo.

El espaciotiempo al reunir todos los eventos del Universo pasados, presentes y futuros adquiere el carácter de que todos los tiempos son, eternalismo, mientras que en Newton sólo el presente es, presentismo.

Según, la relatividad de la simultaneidad, cada punto en el Universo puede contener una determinada red de acontecimientos que componen su actual momento. Para el filósofo Palle Yourgrau, de aquí se sigue que lo que se identifica como el "ahora" relativo a un punto o marco referencial concreto, diferirá del "ahora" en otro marco distinto, siempre que ambos marcos se encuentren en movimiento relativo uno del otro. Por lo tanto, no existe nada equivalente a un estado presente del Universo entero, negándose así el tiempo absoluto que predicaba Newton. Esto se ha utilizado en la discusión de Rietdijk-Putnam para demostrar que la Relatividad predice un Universo de bloque (llamado a veces eternalismo) en el cual los acontecimientos están fijados en cuatro dimensiones inalterables (el futuro, por ejemplo, estaría ya aquí), con arreglo al cual el tiempo de alguna manera no fluye, como contraposición a la visión tradicional de un Universo de tres dimensiones que son moduladas por el paso del tiempo' [Pág 1, 24] [N:\[23\]](#).

4.5. A favor del perdurantismo.

El eternalismo se complementa con la endurancia o con la perdurancia.

La endurancia sostiene que las partículas poseen partes espaciales, pero no temporales, es decir, que existan enteras en todo instante de su existencia (Gibson, 2007). Las partículas persisten a través del tiempo ya que existen completamente en diferentes tiempos. Cada instante de existencia de las partículas corresponde al presente separado del pasado y futuro [N:\[24\]](#).

La endurancia es inconsistente en sí misma debido a que concibe los objetos inmutables, aunque, extendidos espacialmente [N:\[25\]](#).

Para la endurancia la consecuencia de la inmutabilidad de los objetos es, como observa Merricks: "que un objeto duradero puede tener todas sus partes en un lugar, P, y también tener todas sus partes en un lugar distinto no superpuesto, P *". Este absurdo se deriva de la posibilidad de movimiento combinado con

(eternalismo) y la visión de que un objeto está totalmente presente en cada momento en el que existe" [Pág 83, 12]. Lo que viola el principio de Van Inwagen: "Lo que llena exactamente una región del espacio en un momento dado no puede ser lo que llena exactamente una región distinta del espacio en ese momento" [Pág 84, 12]. En consecuencia, el cambio en los objetos ocurre por fuera del tiempo, en los instantes.

De otra parte, la perdurancia sostiene que las partículas u objetos además de las partes espaciales, también, poseen partes temporales (Sider, 2001). Una partícula existe en el tiempo porque posee identidad y existe como una realidad continua; que como un todo se debe considerar en todas sus partes temporales [N:\[26\]](#).

El perdurantismo no es eternalismo puesto que: "Ambos son "tetra dimensionales", pero en uno (eternalismo) se refiere al espaciotiempo, y los otros objetos físicos (perdurantismo). Tampoco hay una vinculación inmediata de uno a otro; prima facie podría existir una variedad cuatridimensional con todos los tiempos y lugares ontológicamente iguales y, sin embargo, los objetos dentro de esa variedad podrían estar en múltiples ubicaciones. Históricamente estas dos doctrinas han sido combinadas" [Pág 83, 12].

La inconsistencia del perdurantismo es sostener que los eventos existen realmente por siempre [N:\[27\]](#).

La Relatividad Especial, según el consenso general, favorece el perdurantismo debido a su concepción de espaciotiempo continuo [N:\[28\]](#).

4.6. Estructura inercial.

En la Relatividad Especial el éter deja de ser propiedad física del espaciotiempo por sí mismo y el éter pasa a ser mediado por la existencia de la estructura inercial del movimiento. Einstein, dice: "consistió en quitarle al éter su última cualidad mecánica, a saber, su inmovilidad" [Pág 2, 18]. Sin embargo, debido a que todos los movimientos no se pueden reducir a relaciones simétricas entre dos sistemas de referencia arbitrarios, como es el caso de los marcos inerciales, se asume que éstos están soportados en el éter inercial del espaciotiempo de fondo [N:\[29\]](#).

Para Einstein, el espaciotiempo, como substrato, está lleno de campo, aunque no de materia puesto que no depende de las coordenadas, es decir, aunque, es un espacio materialmente vacío está lleno de campo geométrico. Y, con el fin de poder describir la materia que ocupa el espacio y es dependiente de las coordenadas, es necesario aceptar la existencia del espaciotiempo vacío como sistema inercial, con sus correspondientes propiedades métricas, que provoca en los cuerpos libres de fuerzas, en movimiento relativo, sigan trayectorias rectilíneas, ya que en otro caso la descripción de lo que llena el espacio carecería de sentido [Pág 1, 26].

Las propiedades del espaciotiempo no dependen ni de la presencia de materia ni de los observadores que midan estas propiedades [Pág 1, 27]. Es decir, el

espaciotiempo, en ausencia de fuerzas, le dice a la materia como moverse, pero la materia no influye sobre el espaciotiempo.

En el espaciotiempo de la Relatividad Especial rige el principio de que todas las leyes de la física (excepto la gravedad) son las mismas para todos los observadores inerciales.

4.7. A favor del substancialismo.

La Relatividad Especial riñe con el Relacionismo de Leibniz debido a que éste se basa en el tiempo universal, que implica la simultaneidad absoluta de la mecánica de Newton, mientras que, el relativismo del espacio y el tiempo en la Relatividad Especial, precisamente, se basa en la simultaneidad relativa, debido a que la conectividad entre los eventos está constreñida a la velocidad c [N:\[30\]](#).

Las dinámicas de la Relatividad Especial y de Newton tienen las mismas estructuras (geometría e inercia) incorporadas a las cualidades del espacio y consideran el campo gravitacional como un campo físico de fondo dependiente. La teoría del espaciotiempo de Newton y la Relatividad Especial son substancialitas; en efecto, el espaciotiempo de Minkowski es el substrato fijo donde está contenida la energía-materia.

Notas

[N:\[20\]](#) “Esta cantidad es invariante; tiene el mismo valor numérico incluso cuando los puntos se vuelven a describir (es decir, se vuelven a coordinar) con respecto a un marco de inercia diferente” [Pág 44, 12]. “Así como el intervalo temporal y la distancia espacial entre eventos distintos son relativos al marco en la Relatividad Espacial, así también en el espaciotiempo de Minkowski no hay ningún hecho sobre la cuestión (la magnitud de) estas cantidades. Pero el espaciotiempo de Minkowski respeta lo que emerge de la Relatividad Especial como absoluto: hay un hecho con respecto a la separación de cualesquiera dos eventos” [Pág 44, 12].

[N:\[21\]](#) “La relatividad nos dice que el tiempo y la distancia cambian dependiendo del movimiento relativo de los observadores” “solo la velocidad de la luz medida por todos los observadores es la misma” [Breve resumen de las Teorías del espaciotiempo].

[N:\[22\]](#) “Según la relatividad especial, cada marco inercial tiene su propio tiempo relativo. Uno puede inferir a través de las transformaciones de Lorentz en el tiempo de los otros marcos inerciales. El espacio y el tiempo absolutos no existen. Además, el espacio es homogéneo e isotrópico, no existe ningún eje de rotación del universo” [Pág 1, 17].

[N:\[23\]](#) “La relatividad favoreció fuertemente el eternalismo sobre el presentismo” [Pág 109, 12]. “considérese una tira de dibujos animados. Se supone que Asterix está totalmente presente en cada cuadro (en el que aparece). Los eternalistas

afirman que ningún marco particular, y ningún conjunto de eventos representados, es ontológicamente privilegiado; todos existen igualmente". "Si alguna teoría del tiempo es compatible con el viaje en el tiempo, el eternalismo seguramente lo es" [Pág 85, 12].

[N:\[24\]](#) La endurancia dice que: "los objetos están totalmente presentes en cada momento de su existencia. Durante esa existencia, se mueven en su totalidad a través del espacio. Están espacialmente extendidos, con partes espaciales; pero no temporalmente extendido, o con partes temporales" [Pág 74, 12]. "Los objetos duraderos están supuestamente presentes en toda su carrera". [Pág 75, 12]. "El endurantismo implica presentismo, la visión de que solo existe el presente (objetos, radiaciones o memorias afectadas ahora, independencia de su causalidad determinista o probabilística, acuerdo con el observador de un determinado marco de referencia, y la Relatividad Especial implica su negación (porque niega la noción del presente absoluto), el endurantismo es inconsistente con la relatividad" [Pág 2-3, 25].

[N:\[25\]](#) "implicaría algo obviamente falso: que los objetos nunca ganan o pierden partes" [Pág 75, 12]. "No creo que sea desastroso formular resistencia en términos de una negación de partes temporalmente apropiadas. Pero tenga en cuenta que esta formulación sería inadecuada si un objeto pudiera extenderse temporalmente sin poseer partes temporales; un objeto así se consideraría como duradero (que sospecho que el endurantismo resistiría mucho) [Pág 76, 12].

[N:\[26\]](#) "Un objeto físico está totalmente presente (con todas sus propiedades existenciales esenciales y no la simple presencia de sus radiaciones o de su memoria soportada de alguna manera existencial) en todo momento en el que existe. " "La ontología perdurantista presenta objetos tetradimensionales extendidos tanto en el tiempo como en el espacio" [Pág 2-3, 25].

[N:\[27\]](#) " Los críticos de la perdurancia enfatizan sus afirmaciones contraintuitivas". "Thomson lo descarta como una metafísica loca (1983)" [Pág 73, 12].

[N:\[28\]](#) "perdurantista cuenta de cómo un objeto persiste en el tiempo: tiene partes temporales siempre que existe. ¿Qué es una parte temporal? Es tentador responder: ¿qué es una parte espacial? El perdurantista sostiene que estos son en gran medida análogos; Si entendemos uno, debemos entender el otro. Sin embargo, hay disponible una respuesta más completa: una parte temporal es una parte incorrecta de su objeto padre como en un momento particular, y existe solo en ese momento" [Pág 72, 12]. "el endurantismo sostiene que uno y el mismo objeto persistente ocupa exactamente múltiples regiones instantáneas de espaciotiempo. Pero, ¿cómo podemos entender lo instantáneo en ausencia de una simultaneidad absoluta?" [Pág 109, 12]. "El argumento central de Balashov es que solo la perdurabilidad es compatible con una interpretación relativista de la convivencia" [Pág 110, 12].

[N:\[29\]](#) “El éter solo había transmutado su carácter de una sustancia mecánica a un espaciotiempo inercial absoluto” [Pág 2, 18]. “Sin embargo, Einstein era consciente del hecho de que su teoría no implicaba en absoluto el rechazo de conceptos como el espacio vacío; en cambio, enfatizó que la principal consecuencia de la Relatividad Especial con respecto al éter era forzar el descarte de la última propiedad que Lorentz le dejó, la inmovilidad. El éter puede existir pero debe ser privado de cualquier propiedad mecánica a priori” [Pág 5, 16]. “Tales marcos de referencia directamente inobservables confieren propiedades físicas al espaciotiempo vacío, y fueron sostenidos por Einstein como una nueva encarnación del éter”. “Un éter es una entidad que no tiene fuentes, por lo tanto, no puede ser influenciado de ninguna manera, y no puede observarse directamente, aunque puede observarse indirectamente a través del comportamiento de las partículas de prueba. Dos construcciones que realizan esta noción son el espacio newtoniano y el espaciotiempo de la Relatividad Especial (caracterizado por el campo métrico constante η). Llamamos a estos éteres inerciales” [Pág 8, 18]. “Este éter de Relatividad Especial no es más que un espaciotiempo inercial de fondo, es decir, una familia infinita de marcos inerciales unidos por transformaciones lorentzianas. Se caracteriza por el campo métrico constante en todas partes η y representa un espacio-tiempo vacío indirectamente observable dotado de propiedades físicas: define los estándares de espacio, tiempo y movimiento para una partícula de prueba en un mundo por lo demás vacío.” [Pág 9, 18].

[N:\[30\]](#) “Leibniz rechazó la idea del espacio y el tiempo absolutos, pero retuvo la idea del tiempo universal.” “Los observadores se dan cuenta de que ya no existe ninguna noción de simultaneidad absoluta. Dos eventos, que son simultáneos para un observador, confinados a un marco de referencia, pueden no ser simultáneos para los observadores en un marco de referencia que se mueve con velocidad constante en relación con el primero. Esto se debe a la velocidad finita e invariante de la luz. Como consecuencia, no hay señales instantáneas entre eventos en un plano de simultaneidad y no hay cuerpos perfectamente rígidos” [Pág 8, 6].

5. El espaciotiempo propiedad del campo gravitacional.

Posterior a la formulación de la Relatividad Especial, en 1905, Einstein recorrió tres etapas hacia la General Relatividad. En la Relatividad Especial logró unificar en la mecánica relativista, las dos mecánicas que habían surgido al final del período Newtoniano: la mecánica del movimiento de la sustancia material, con base en el principio de relatividad de Galileo, restringido al movimiento inercial, como un aspecto geométrico del espacio plano, la geometría de Euclides y el grupo de transformación de coordenadas de Galilei y la mecánica incompleta de Lorentz, por sólo contar con el grupo de transformación de coordenadas espacio y tiempo,

para el fenómeno del campo electromagnético considerado en esos años sin conexión con el substancial.

Einstein en la fundación de la mecánica relativista unió el principio de relatividad con el grupo de transformación de Lorentz, integrando el campo electromagnético con la substancia mediante la equivalencia entre masa (propiedad cualitativa de la substancia material, actualmente, forma fermiónicas de existencia de la materia) y la energía (propiedad cualitativa de los bosones, hoy día, forma bosónicas de existencia de la materia) según $E=mc^2$, originalmente sin una geometría propia que sólo tuvo a partir de 1908, por obra de Minkowski, que unió el espacio y tiempo en espaciotiempo.

El fenómeno de la gravedad, por fuera de la Relatividad Especial, en la primera etapa, (1907-1911), Einstein creyó explicarlo, en 1907, cuando tuvo, en sus palabras: “la idea más feliz de mi vida”, como consecuencia de la generalización del principio de relatividad a toda clase de movimiento: acelerado y gravitacional, explicándolos como aspecto geométrico del espaciotiempo de Minkowski, con base en la equivalencia entre las masas inercial y gravitacional según $m_i=m_g$. Su solución aparentemente admirable en cuanto relativizó toda clase de movimiento, explicándolos como simple efecto de coordenadas, como lo había hecho Galilei con los estados de reposo y movimiento inercial. El resultado obvio es que el movimiento es ilusorio, dependiente de los observadores. Más tarde, desde luego posterior, a su pensamiento más feliz de su vida, Einstein cayó en cuenta que como gravedad sólo explicaba la aceleración más no la atracción por lo cual, con su gran ingenio, la llamó la gravedad homogénea, que debido al espaciotiempo de Minkowski, es precisamente ¡ausencia de gravedad! Además, el principio de equivalencia entre toda clase de movimientos carece de consistencia interna puesto que mientras la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud son físicos en los marcos de referencia sometidos a gravedad o acelerados, en cambio, es un efecto de coordenadas en el movimiento inercial.

Einstein en la segunda etapa, (1912-1913), en la teoría Entwurf, buscó explicar la auténtica gravedad, que llamó gravedad extendida, como un fenómeno de la materia en la forma bosónicas, por lo tanto, de origen similar al electromagnetismo que por limitaciones matemáticas y conceptuales de su tiempo fracasó, seis décadas después resueltas por Logunov y su grupo.

En la tercera etapa, (1914-1915), Einstein sucumbió delante de su competidor Hilbert, gigante de las matemáticas de su tiempo, quién le impuso la aplicación de los tensores en la variedad espaciotiempo de Riemann, que no había admitido delante de su compañero de pregrado, su mismo origen étnico y amigo Marcel Grossmann, por lo cual Einstein renunció al carácter material de la gravedad y la geometrizó, al fin al cabo su destino lo devolvió a su proyecto de la primera etapa.

En la General Relatividad, (1915), derivada de las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, la distribución de la energía-masa del Universo determina la geometría del espaciotiempo, el cual se curva a causa de la tensión que la masa y la energía ejercen sobre el espaciotiempo, no obstante, un ente carente de definición física que la filosofía suple. Este enunciado proviene del principio de Mach, quien originalmente para eliminar el efecto de la geometría del espaciotiempo en el movimiento formuló, en Science of Mechanics (1883), que el movimiento inercial de una partícula material se debe a que se mueve respecto al centro de masas de todo el Universo [Pág 113, 21], lo cual implica la existencia de una fuerza real entre dos objetos relativamente acelerados a cambio de una fuerza ficticia, como Newton lo sostuvo, y que la referencia del movimiento al espacio invisible se sustituye por la referencia del movimiento al Universo material; el espacio se sustituye por un grupo de las estrellas fijas, es decir, como referente del movimiento se cambian los puntos abstractos del espacio, en cuanto no son empíricamente conocidos, por puntos materiales.

Mach planteó que para el Relacionismo era necesario interpretar correctamente la inercia y para ello relativizó la estructura inercial al explicarla como el resultado de la interacción instantánea entre la materia local y la materia estelar muy distante, con lo cual la realidad física del espacio, como substrato de la estructura inercial, se desvaneció y el fundador del empiriocriticismo triunfante reintrodujo el Relacionismo de Leibniz.

Para Mach el espacio es la abstracción geométrica de la relación entre todos los objetos materiales que poseen volumen, el movimiento, incluso el acelerado, es relativo entre objetos materiales y es la totalidad de la materia estelar la que determina la existencia de la estructura inercial, con lo cual Mach buscó responsabilizar a la materia de la inercia de los cuerpos [Pág 32, 5]. Posteriormente, Einstein con su estructura inercial $\Gamma^{\sigma}_{\mu\nu}$ y su métrica $g_{\mu\nu}$, asociada al tensor de energía-momento $T_{\mu\nu}$, avanza en esa dirección, pero distinto a Mach.

El fundamento de la relativización de la inercia y de todo movimiento en Mach es la acción instantánea a distancia de Newton, que fue prohibida en la Relatividad Especial, la que limita la acción a distancia a la velocidad c .

Einstein reinterpretó el principio de Mach, a partir del principio de equivalencia entre las masas inercial y gravitacional. Aunque, Einstein, siguiendo a su mentor Mach, se propuso establecer las fuerzas inerciales como reales, el resultado fue la restauración de las fuerzas ficticias de Newton (Centrípeta, centrífuga, Coriolis, etc.), pero, que Einstein extendió a la fuerza de gravedad, la que sí es una fuerza real para Newton y Mach e incluso para el propio Einstein en la Relatividad Especial y en su etapa de la teoría Entwurf. Pero, en la General Relatividad, la fuerza gravitatoria es ficticia, como en la primera etapa de Einstein, puesto que, para la mayoría de los físicos relativistas de mayor renombre, también, conocida

como Relatividad General Moderna, sólo es el efecto de la curvatura del espaciotiempo, en la trayectoria de las partículas u objetos en movimiento. De tal manera, la fuerza gravitatoria es sustituida por la métrica del espaciotiempo. Sin embargo, Einstein lo que sostuvo fue que la fuerza gravitacional es ficticia debido a que la gravitación es dependiente del observador. Es decir, un sistema gravitacional uniforme puede crearse desde un sistema acelerado uniforme o un sistema inercial crearse desde un sistema gravitacional uniforme por cambiar el marco de referencia del observador.

Einstein, como Mach, relativizó todos los movimientos, e hizo universal la covarianza de las leyes físicas. Pero, Einstein, a diferencia de Mach, se basó en la equivalencia entre las masas inercial y gravitacional para abolir el privilegio del movimiento relativo del sistema inercial y generalizarlo a los sistemas acelerado y gravitatorio. Esta generalización es conocida como la consecuencia del principio de la equivalencia existente entre el sistema gravitatorio y el sistema inercial y del principio de la equivalencia existente entre el sistema acelerado uniformemente y el sistema gravitatorio. Sin embargo, esta relativización general del movimiento no implica la negación de la existencia del espaciotiempo como el substrato de la estructura inercial, puesto que, en las condiciones sobre el límite, donde la materia deja de influir, existiría plenamente el espaciotiempo sustancialmente. Además, desde el principio de equivalencia entre la masa inercial y la gravitatoria, como una aproximación, se puede explicar la gravedad como la inercia generalizada al espaciotiempo curvo según trabajo del autor, en 2017 [N:\[31\]](#), por lo tanto, se debe comprender la gravedad como el efecto de la materia sobre la variedad; esto es, la materia codificada como curvatura en los puntos del espaciotiempo. De otra parte, la independencia de fondo de la Relatividad General no es la del Relacionismo, que niega la existencia de un fondo, sino que se refiere a la independencia de la geometría del espaciotiempo con respecto de una única geometría; no obstante, sin razón, los relacionistas lo destacan como si se tratará del rechazo de la existencia de un fondo, aunque, lo que sí es cierto, es que el mismo no puede ser fijo sino dinámico. Por lo tanto, Einstein al intentar, de otra manera, salvar el Relacionismo, perseguido por Mach, no lo logró y este fracaso fue reiterado siempre que lo intento. En mi opinión, el esfuerzo de Einstein más fuerte fue con la introducción, en su sistema de ecuaciones de campo, de la constante cosmológica que evita las soluciones sin presencia de materia ($T=0$), en las condiciones límites, es decir, en el espaciotiempo plano de Minkowski. Pero, que Einstein tuvo que abandonar, según sus palabras, como su peor error, delante de la solución del Universo en expansión hallada, a sus ecuaciones, por De Sitter. La cuestión es tan paradójica que, en 1998, reintroducida la constante cosmológica, con el supuesto descubrimiento de la expansión acelerada del Universo, aunque nuevas mediciones, que se espera en el 2022 podrían confirmarse e implicarían el derrumbe del actual modelo cosmológico Λ CDM, arrojan más bien una

aceleración constante (Subir Sarkar, 2016), precisamente, se convirtió en un argumento del Substancialismo de que, este fenómeno, no puede explicarse excepto por referencia al espaciotiempo en sí (David J. Baker, 2004). Por supuesto, la constante cosmológica dota de realidad física al vacío, pero no al campo gravitatorio que permanece geométrico.

En la física clásica los sistemas inerciales son los únicos donde las leyes de la mecánica de Newton valen y donde éstas son covariantes. La pretensión de Einstein, en la General Relatividad, de relativizar el movimiento no fue alcanzada, pero, sí que las leyes de la física son covariantes entre todos los sistemas de coordenadas, tanto inerciales como acelerados y gravitatorios [N:\[32\]](#), pero como una propiedad de los tensores, cuando se aplican en la geometría de Riemann. 'El principio de equivalencia obliga a tomar en consideración sistemas de referencia no inerciales y en ese sentido cambios generales de coordenadas. De esta forma las leyes de la física del mundo objetivo deben ser independientes del sistema de coordenadas utilizado' [Pág 7, 28]. Y, puesto que, en el espaciotiempo de la Relatividad General rige el principio de la covarianza general, de que todas las leyes de la física son las mismas para todos los observadores, que los relacionistas, erróneamente, la hacen valer por la supuesta independencia de un fondo fijo de la General Relatividad, y que sólo aciertan en lo de fijo, pero, no en lo que se refiere a la existencia de un fondo.

5.1. La gravedad es geométrica.

En la Relatividad General está presente Mach en cuanto es la distribución de materia, que se representa por el tensor energía-momento, T_{uv} , aunque local, la que determina el movimiento geodésico al curvar el espaciotiempo, descrito por la métrica g_{uv} . 'La gravedad no se trata de ninguna fuerza impuesta sobre un fondo espacio-temporal pasivo; antes bien, consiste en la distorsión del propio espaciotiempo. Un campo gravitacional es una curvatura del espaciotiempo' [Pág 58, 20] [N:\[33\]](#). Y la fuerza que ejerce el campo gravitacional, sobre las partículas, es en realidad una pseudo fuerza, intrínsecamente geométrica, que las partículas experimentan cuando no siguen las líneas geodésicas. Las partículas en movimiento geodésico (en caída libre) no experimentan fuerza alguna [N:\[34\]](#).

Einstein, auxiliado por Grossmann y presionado por Hilbert, con base en los trabajos de Ricci y Levi-Civita, sobre el cálculo diferencial absoluto, y de Lorentz, sobre la variedad diferenciable, adaptó la geometría para espacios curvos de Riemann a la variedad diferenciable de Lorentz, para el tensor métrico η , plano en la Relatividad Especial, del espaciotiempo, volverlo la representación del campo gravitacional g_{uv} , conservando en los espaciotiempos tangentes, en cada evento, la métrica plana de Minkowski η y, a la vez, que cada componente g_{uv} se curva y comporta, para un campo gravitacional débil, como los 10 potenciales gravitatorios de la mecánica clásica, que se describen mediante las 10 ecuaciones diferenciales

parciales de segundo orden de Einstein, puesto que, el tensor métrico g tiene $u \cdot v = 16$ componentes, de los cuales 10 son independientes debido a que este tensor es simétrico ($g_{uv} = g_{vu}$).

Así, Einstein encontró el par (M, g_{uv}) para describir el espaciotiempo, que permite sobre la variedad tetradimensional, M , y métrica curva de Lorentz g_{uv} , representar al campo gravitacional [N:\[35\]](#), en función del tensor de energía-momento T_{uv} , o sea, de la energía-masa [N:\[36\]](#) sobre uv , diferenciable en cada evento en el espaciotiempo tangente de Minkowski η . Por lo que, todos los problemas gravitacionales se resuelven geoméricamente, mediante las 10 ecuaciones de Einstein [N:\[37\]](#) [Pág 20, 1]. La tensión que ejerce T_{uv} curva M , determinando la curvatura (g), que fija una geometría curva determinada y da la geodésica del espaciotiempo y está el movimiento geodésico de la materia. La métrica describe la curvatura (campo gravitacional) de la variedad (espaciotiempo desnudo). La métrica no es única (no hay una sola geometría). Por supuesto, el campo gravitacional se identifica con la métrica del espaciotiempo. Por lo cual, el campo gravitacional es de naturaleza geométrica. “La estructura geométrica del espaciotiempo se rige por los principios de invariancia general, una conexión afín y una métrica” (Schrodinger, 1950).

¿Pero en el par (M, g_{uv}) qué es la variedad M ? Sin duda, la variedad M es el espaciotiempo desnudo, en estado fundamental, sin las cualidades de medición ni direccionamiento. Por su parte, g_{uv} es la geometría correspondiente a la variedad M , puesto que, como geometría tiene necesariamente que corresponder a un espacio de configuración determinado, en este caso a M . Y, puesto que, g_{uv} codifica la geometría curva de M , es g_{uv} el propio campo gravitacional, en cuanto, la gravedad es la curvatura del espaciotiempo. Como puede fácilmente inferirse uv se refiere a un punto de la variedad M ; es decir, a un evento, puesto que los componentes de la variedad M son los eventos. También, se puede fácilmente inferir que existe una unidad indisoluble entre la métrica g y la variedad M , del mismo modo, que existe una unidad indisoluble entre la métrica η_{ij} y el espacio de configuración R^4 de la Relatividad Especial, y entre la métrica (η_{ij}, t) y el espacio de configuración (R^3, t) de Newton, puesto que, si bien, es posible concebir el espacio de configuración desnudo lo contrario si no es posible, es decir, concebir una métrica sin un espacio de configuración. Entonces, ¿cómo se puede sostener que en la Relatividad General existe independencia de fondo? ¿No es por su puesto, en los tres casos, el espaciotiempo desnudo un fondo, aunque, con características geométricas distintas? En el caso, de Minkowski y Newton el fondo obedece a la geometría plana y, de otra parte, es fijo, debido a su independencia con relación a la energía-materia.

En la General Relatividad, hay una gran cantidad de geometrías posibles que dependen de las condiciones iniciales que se establezcan para cada solución exacta de las diez ecuaciones de Einstein. Cada solución de las ecuaciones dependerá de

los supuestos que se asumen. Por ejemplo, homogéneo e isotrópico, a gran escala, del espaciotiempo de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW), homogéneo y anisotrópico del espacio-tiempo de Bianchi, esféricamente simétrico completamente vacío del espaciotiempo de Schwarzschild, simétrico completamente vacío con una constante cosmológica positiva del espaciotiempo De Sitter, simétrico completamente vacío con una constante cosmológica negativa del espaciotiempo anti-De Sitter, generalización de la métrica de Schwarzschild, realizada por Roy Kerr, en 1963, que describe la geometría del espaciotiempo alrededor de un agujero negro simétrico axialmente sin carga con un horizonte de eventos esférico y se conoce como la métrica de Kerr (o vacío de Kerr), estableciendo un movimiento rotativo absoluto, etc. El espaciotiempo de Minkowski sería el caso más simple de las leyes de la naturaleza ya que las funciones métricas (g_{uv}) deben satisfacer la condición de Riemann. Y según la métrica de Schwarzschild debe tender en el infinito a la métrica de Minkowski (η_{ij}), que restaura la estructura inercial del espaciotiempo, más allá del límite en el que la materia deja de actuar sobre él. También, en espaciotiempo tangente en el límite infinitesimal.

5.2. La interrelación entre espaciotiempo y la masa-energía.

La energía-masa no sólo afecta el espacio sino también el tiempo y ambos a la vez. Cuanto mayor es la presencia de la energía-masa en una región del espaciotiempo tanto más éste se curva y, por tanto, más se apartan sus propiedades de la geometría de Euclides [Pág 1, 9].

Son las ecuaciones de campo de Einstein las que describen cómo la energía-materia es influenciada por la curvatura del espaciotiempo y cómo el espaciotiempo se curva intrínsecamente por la energía-materia [Pág 1, 26].

La distribución de la energía-masa determina que la geometría tetradimensional del espaciotiempo, dentro de regiones finitas [Pág 1, 33] se curve intrínsecamente, según $ds^2 = g_{uv} dx^u dx^v$ que corresponde a la métrica (distancias y ángulos) en la geometría de Riemann para continuos curvos tetradimensionales, internamente compuesta de cuatro ejes curvilíneos que se interceptan, donde la suma de los ángulos de un triángulo, inscrito sobre su superficie, es menor de 180 grados.

Así el espaciotiempo no puede existir vacío [Pág 1, 26], sino que es una estructura activa referida al campo-materia a la que da a su curso dirección y no es el fondo fijo pasivo e independiente (representado geoméricamente, por la malla tetradimensional) de Newton sobre el cual se mueve campo-materia.

Espaciotiempo es una estructura continente dinámica cuya forma se curva por la presencia del campo-materia y tuerce debido a su movimiento. Este fenómeno es llamado arrastre de marco o gravitomagnetismo [Pág 1, 22].

Como consecuencia de su curvatura el espaciotiempo pierde el carácter absoluto que tiene en la Relatividad Especial y adquiere el carácter relativo, puesto queda determinado por las condiciones físicas de lo que contiene.

Espaciotiempo curvo implica que la rata del flujo del tiempo y el patrón de longitud es determinada por la tensión del campo gravitacional en cada evento. `La gravedad afecta al tiempo y a la distancia, estrechando el tiempo y contrayendo la distancia´ [Pág 1, 22]. Por su parte, el campo gravitacional cambia en el tiempo y espacio en función de la distribución de la energía-masa [Pág 1, 9]. El espacio y tiempo no cambian independientemente el uno del otro, sino en estrecha conexión.

En proporción directa a la densidad en reposo, o sea de la densidad de la materia, σ , se dilata el tiempo y contrae la longitud. Por lo tanto, el tiempo fluye con una rata propia y existe un patrón de longitud entre cada dos eventos próximos del campo gravitacional, puesto que ds^2 se conoce en función de x_v en intervalos finitos [Pág 152, 21]. Así, la medición del tiempo y la longitud cambia de evento a evento del espaciotiempo [N:\[38\]](#) y se requiere de un reloj en reposo para medir el tiempo, dt , y de una varilla métrica de longitud unitaria en reposo para medir la longitud, dx_1 , en cada evento de un intervalo finito del campo gravitacional. Cuando ds^2 es infinitesimal, σ tiende a cero, y el espaciotiempo tangente, en cada evento del campo gravitacional, es el espaciotiempo de Minkowski donde vale la Relatividad Especial. Por ello, el espaciotiempo en la Relatividad General se denomina variedad de Lorentz o semi riemanniano, esto es, por ser el espaciotiempo curvo en cada evento diferenciable en el espaciotiempo plano. De esta manera, los intervalos infinitesimales del espaciotiempo aparecen planos mientras los efectos de la curvatura son evidentes en los intervalos finitos, pero téngase en cuenta que la curvatura en los eventos no es eliminable, puesto su causa la energía-materia no es eliminable.

5.3. El campo gravitacional y su relación con la energía-masa.

En la General Relatividad, la geometría del espacio y tiempo es dependiente de la materia, mientras que, no lo es en Newton y Euclides. Esta dependencia, desde el punto de vista gnoseológico, constituye el retorno del espaciotiempo a la materia, de la cual, se había independizado, durante el paso del pensamiento precientífico al científico, y es, indudablemente, un gran logro teórico de Einstein.

La relación entre el campo gravitacional y la energía-masa es $G_{uv} = 8 \pi G/c^2 T_{uv}$ que da la curvatura en un evento del espaciotiempo, con relación de la energía-masa en el mismo. `La constante de Newton, G , mide la “rigidez” del propio espaciotiempo, es decir, su resistencia a ser curvado por la presencia de energía´. [Pág 3, 34].

La ecuación de Einstein: $G_{uv} = 8 \pi G/c^2 T_{uv}$ muestra como el flujo de energía y momento a través de un evento del espaciotiempo afecta su curvatura allí, la cual es definida mediante el tensor de segundo orden de Ricci que determina parcialmente la curvatura del espacio-tiempo, ya que solo da la curvatura para tres dimensiones [N:\[39\]](#), R_{uv} , y el escalar de Ricci que en cada punto del espacio-tiempo mide la geometría intrínseca del espacio-tiempo cerca de ese punto [N:\[40\]](#), R , que no aplica para el vacío, es decir, donde no existe una fuente de gravitación, y sólo da información sobre la curvatura para tres dimensiones, pero también el espaciotiempo vacío se curva, asintóticamente respecto al campo gravitacional de una región local, que es descrito mediante el tensor de Weyl, $C_{\beta}^{\alpha}_{uv}$, el cual transporta la información de la curvatura con independencia de la fuente gravitacional y completa la parte de la curvatura de la variedad de cuatro dimensiones del espaciotiempo de Lorentz, no especificada por el tensor de Ricci [Pág 1, 27] [N:\[41\]](#).

El efecto que describe el tensor de Weyl [N:\[42\]](#), definido en términos de Newton como fuerzas de marea, sobre el espaciotiempo vacío [N:\[43\]](#) es que se curva, por lo que, en mi opinión, no se debe entender como un efecto de onda gravitacional, en el sentido, de transporte de energía, puesto que, en este caso, la energía se consume geoméricamente. Es decir, la correcta interpretación del tensor de Weyl, es que completa la descripción del campo gravitatorio estático (g), que del todo no logra el tensor de Ricci [N:\[44\]](#). Mientras que, la onda gravitacional son ondulaciones de la curvatura del espaciotiempo, que transportan energía. El tensor de Weyl describe como se curva el espaciotiempo vacío, es decir, en términos de Newton la fuerza de marea [N:\[45\]](#). Así, el campo gravitacional estático (g) es descrito por los tensores de Ricci y Weyl [N:\[46\]](#). Por, otra parte, la curvatura inducida, que describe el tensor de Weyl, provoca que el espaciotiempo vacío exista como campo gravitacional estático, debido a las fuentes de gravitación de la materia lejanas. El tensor de Weyl, también, conlleva a formular que el espaciotiempo es primitivamente plano y, por tanto, el espaciotiempo primitivamente es independiente de la materia, como lo planteó Newton.

5.4. Espaciotiempo y campo gravitacional una unidad inseparable.

La indivisibilidad entre la métrica g_{uv} y la variedad M del espaciotiempo fue definida por Einstein así: 'En la General Relatividad, el espaciotiempo, por oposición a lo que llena el espacio que depende de las coordenadas, no tiene existencia separada. Es decir, que un campo gravitatorio puro podría haber sido descrito en términos de las g_{uv} , o sea, como funciones de las coordenadas, mediante la solución de las ecuaciones gravitatorias. En efecto, si imaginamos que el campo gravitatorio, es decir, las funciones g_{uv} , se eliminan, ya no quedará un espacio, sino absolutamente nada, ni siquiera un espacio topológico [N:\[47\]](#). Lo anterior se da así, porque las funciones g_{uv} describen no sólo el campo, sino también y al mismo

tiempo las propiedades estructurales topológicas y métricas de la variedad espaciotiempo' [Pág 1, 26]. 'No existe algo que se pueda denominar espacio vacío [N:\[48\]](#), es decir un espacio sin campo. El espaciotiempo no reivindica para sí una existencia propia, sino que reclama la categoría de cualidad estructural del campo gravitacional' [Pág 1, 26]. Luego 'un espacio, analizado desde el punto de vista de la teoría de la General Relatividad, no es un espacio sin un campo, sino un caso especial del campo g_{uv} , para el cual, para el sistema de coordenadas que se haya utilizado que, en sí mismo, no tiene significación objetiva, las funciones g_{uv} tienen valores que no dependen de las coordenadas' [Pág 1, 26].

La imposibilidad, que existe en la General Relatividad, la variedad M con independencia de la métrica, ha sido mal interpretada, por algunos físicos y filósofos que consideran que se trata de una declaración relacionista de Einstein en el sentido que "el campo métrico (o gravitacional) que se parece más a la teoría relacional del espacio de Descartes". De otra parte, debido a que la Relatividad General es una teoría del espaciotiempo dependiente de la materia, por lo tanto, la idea de espaciotiempo 'no existe sin relación a la materia o los campos, la propia topología del mismo surge en esta relación.' [Pág 422, 10], se suele confundir como la reafirmación de Einstein en el Relacionismo, puesto que, se mal interpreta como si se tratará "esta visión "relacionismo de campo métrico": al sostener que todos los campos, incluido el campo métrico, son campos físicos", Aquí con campos físicos se quiere sustentar que no es posible considerar la variedad M desnuda (Ver Rovelli (1997), y Dorato (2000)).

En opinión del autor, la correcta interpretación es, por un lado, de que no es posible la existencia de g_{uv} sin la variedad M del espaciotiempo, ni ésta sin g_{uv} su curvatura, campo gravitacional, siempre que la curvatura del espaciotiempo es la gravedad, por el otro lado, g_{uv} es dependiente de T , campo-materia, puesto que, es ésta la que causa que la métrica del espaciotiempo se curve. Ambas cualidades, tanto, la del campo gravitacional como curvatura y la de la curvatura dependiente de la materia son exclusivas de la General Relatividad. En sí mismas, ni son relacionistas ni substancialitas. Sin embargo, el autor considera que Einstein incurrió en un error al considerar que lo fundamental es la métrica g_{uv} y no la variedad M , cuando define el espaciotiempo como la propiedad estructural del campo gravitacional, puesto que, según la lógica existente en la General Relatividad, la métrica es la cualidad y no el ente que la soporta que sería la variedad, por lo tanto, lo correcto, en los términos de la General Relatividad, es decir, que el campo gravitacional es la propiedad estructural del espaciotiempo. Esta necesaria corrección, a juicio del autor, resulta neutra respecto a la disputa que mantienen substancialitas y relacionistas, puesto que, bien el ente, la variedad M , puede que sea substancial o relacional, según los argumentos de unos y otros.

5.5. Espaciotiempo, campo gravitacional y vacío.

Por tanto, el campo gravitacional se extiende en el vacío. Luego el espaciotiempo en la Relatividad General no existe sin gravedad, como sucede en el espaciotiempo de Minkowski de la Relatividad Especial e independiente de la materia como en el espacio y tiempo de Newton.

Sin embargo, en las posibles interpretaciones físicas del tensor de estrés-energía, T_{uv} , existe una clase que es la de las soluciones para el vacío, $T_{uv} \equiv 0$, para regiones hipotéticas donde no existe materia o campos gravitacionales. Estas soluciones no triviales que como el Doctor Sergei Kopeikin me dijo: 'La Relatividad General establece que puede existir sin ninguna materia, llamadas soluciones de vacío de las ecuaciones de Einstein. Algunos ejemplos son: el agujero negro de Schwarzschild, el agujero negro de Kerr, las soluciones cosmológicas de Friedman-Robertson-Walker y muchos otros. ', E-mail: Mon, 18. Jun 2007 19:07:49 -0500. [N:\[49\]](#)

Las leyes del campo gravitatorio de la Relatividad General permiten suponer que el espaciotiempo de Minkowski es el caso particular más simple de las leyes de la naturaleza, puesto que en, $ds^2 = g_{uv} dx^u dx^v$ las g_{uv} si bien son funciones de las coordenadas, que están determinadas por la transformación elegida arbitrariamente, estas g_{uv} no son funciones arbitrarias de las nuevas coordenadas, sino funciones tales que se puede recuperar $ds^2 = \eta_{ik} dx^i dx^k$ mediante una transformación continua de cuatro coordenadas, para lo que las funciones g_{uv} deben satisfacer la condición de Riemann. También, hace suponer que el espaciotiempo de Einstein no es esencialmente distinto al espaciotiempo de Minkowski, es decir, que existe una identidad primitiva entre ambos, que conspira fuertemente contra la interpretación relacionista que se hace de la General Relatividad, puesto que, la mejor comprensión del espaciotiempo de Minkowski es la substancialita.

Schwarzschild (1916) halló la primera solución a las ecuaciones de Einstein y de paso fundó la cosmología relativista, aunque, para una clase de planeta, estrella o agujero negro teórico como único objeto existente en el Universo, dentro de un espaciotiempo vacío, sin carga eléctrica y rotación (momento angular 0), que Roy Kerr (1963), al resolverlas con la incorporación de la rotación sobre su eje central, lo hizo un astro muy común existente en la naturaleza. Schwarzschild, con base en ésta solución, que es una buena aproximación del campo gravitacional externo de la Tierra o el Sol, describe el campo gravitacional en el vacío (fuera del astro de referencia) e introdujo el supuesto de que la métrica g_{uv} debe tender en el infinito a la métrica η_{ik} de Minkowski, con lo cual restauró la estructura inercial absoluta como propiedad del espaciotiempo, más allá del límite en que la materia deja de actuar sobre éste [N:\[50\]](#) y, en general, en todas las soluciones para un espaciotiempo vacío ($T_{uv} \equiv 0$). Por tanto, el espaciotiempo recuperó su estatus ontológico substancial, al tiempo que se mantiene la indisolubilidad entre la variedad M y la

métrica g_{uv} , defendida por Einstein. De esta forma, el éter puede ser reintroducido, aunque, en la General Relatividad, el éter es claramente el campo geométrico libre de sus fuentes [N:\[51\]](#).

Otra solución, posteriormente hallada, es la De William de Sitter, que encontró una métrica según la cual el Universo debería expandirse, contraerse, u oscilar. La primera de estas posibilidades coincide con el descubrimiento de Edwin Hubble, de que el Universo está en expansión.

5.6. El dinamismo del espaciotiempo.

Los elementos que componen el espaciotiempo son:

1, La variedad tetradimensional en cuyos “puntos” se codifica el conjunto de eventos del Universo y la estructura topológica que comprende las posiciones de los eventos dentro de la variedad y sus cambios de contigüidad respecto a partes de la variedad, elegidos de referencia, por procesos de deformación de la misma (cambio de forma de la variedad) [N:\[52\]](#).

2, La métrica o estructura g_{uv} que, también, comprende los conos de luz o estructura causal que, dentro de la conexión con velocidad c , determina los eventos que pueden causar a otros y éstos cuales son [N:\[53\]](#).

3, La estructura afín o los espacios tangentes definidos en cada evento, como resultado de la diferenciación de la variedad. En cada evento, en el espacio tangente, existen los conos de luz del pasado y futuro. [Pág 18, 35].

El espaciotiempo es en su totalidad (Variedad (Eventos + Topología) + Métrica (Distancias y ángulos + conos causales) + Estructura afín (espacios tangentes)) un objeto geométrico que tiene la peculiaridad que es ¡dinámico!, pero dependiente [N:\[54\]](#), puesto que, debido a su interrelación con la materia, continuamente se reconfigura y, como consecuencia, determina el cambio en su geodésica intrínseca que, a su vez, determina el cambio en el movimiento material geodésico, pero que pueda producir energía-materia es imposible por su carácter métrico-geométrico.

La curvatura del espaciotiempo es algo dinámico, cambiante que aparece codificada en el tensor métrico ($g_{\mu\nu}$), y es identificada con el campo gravitacional. Pero el campo métrico es responsable también por las características de las estructuras del espaciotiempo (estructura casual, distancia). La métrica genera ambos las estructuras del campo gravitacional y la estructura cronométrica. La métrica y por supuesto la geometría del espacio es dinámica. La geometría del espaciotiempo es afectada por la materia de tal forma que diferentes distribuciones de la materia producen diferentes geometrías, característica llamada independencia de fondo' [Pág 1, 37] [N:\[55\]](#), su acoplamiento y las dinámicas son descritas por las 10 ecuaciones de Einstein.

‘Esto nos otorga una visión de un espaciotiempo dinámico, evolutivo. No es un espacio como el de la física galileana o newtoniana, que preexiste a los cuerpos, que permanece inmutable frente a su presencia o sus desplazamientos. Lo que surge de la teoría de la Relatividad General es que el espacio se genera y modifica porque hay masas y éstas lo influyen. La distribución de la materia, sus densidades, su ubicación, sus movimientos, determinan el espacio mismo. El espacio depende de los cuerpos. A su vez, las variaciones del espacio los influyen, actúan sobre ellos, y determinan su distribución y sus movimientos’ [Pág 2, 39] [N:\[56\]](#). El “éter” en la Relatividad General es así dinámico e intrínsecamente métrico de tal manera como el inmaterial substrato geométrico del espaciotiempo [N:\[57\]](#). Bien dijera Einstein no hay “éter” la onda electromagnética se propaga en virtud a que el espacio posee esa propiedad.

El dinamismo de la geometría del espaciotiempo constituye una gran dificultad para entender el campo gravitacional como geométrico y lleva a algunos, desde la perspectiva de la General Relatividad, a verlo como material [N:\[58\]](#). Es que el dinamismo del espaciotiempo no es propio, ya que es dependiente del dinamismo de la materia, el cual si es intrínseco. Si la materia fuera estática el espaciotiempo sería el de Newton, o sea, permanecería inmóvil por siempre.

El campo gravitacional geométrico, sin ser material, cambia su configuración en su interrelación con la materia, la que le da su topología, al transformarse y como consecuencia de su reconfiguración no hay ni consumo ni generación de energía, de acuerdo con las ecuaciones de la Relatividad General [N:\[59\]](#), porque carecen del término t_{uv} en el tensor del impulso-energía T . Por lo tanto:

Reconfiguraciones de $T \rightarrow$ Reconfiguraciones de $g \rightarrow$ No generan onda gravitacional $\rightarrow T$

De esta manera, tal dinamismo del espaciotiempo favorece al Relacionismo, pero es porque el fenómeno de la gravedad (campo gravitatorio estático) es un fenómeno puramente geométrico.

5.7. La Relatividad Especial sólo vale en los eventos de la General Relatividad.

‘Mientras que, en la Relatividad Especial solo se puede hablar de velocidades relativas, en la General Relatividad, no se puede hablar de velocidades relativas, excepto para dos partículas en el mismo evento del espaciotiempo, esto es, en el mismo lugar en el mismo instante. La razón es que, en la General Relatividad, se toma muy seriamente la noción que un vector es una pequeñísima flecha situada en un evento particular en el espaciotiempo. Para comparar vectores en diferentes eventos del espaciotiempo, debemos transportarlos uno sobre el otro. El proceso de transportar un vector a lo largo de un camino sin girarlo o estirarlo es llamado transporte paralelo. Cuando el espaciotiempo es curvo, el resultado del transporte paralelo, desde un evento a otro, depende del camino tomado. En efecto, esto es lo

que significa que el espaciotiempo es curvo. Así, es ambiguo preguntar si dos partículas tienen el mismo vector velocidad a menos que estén en el mismo evento del espaciotiempo' [Pág 2, 43]. Por lo tanto, en los intervalos finitos del espaciotiempo no es posible el movimiento rectilíneo relativo puesto que no existen sistemas de coordenadas ortogonales y desde luego carece de sentido el grupo de transformación de Lorentz, precisamente válido en ellos. Sin embargo, a través de cualquier evento, en cualquier dirección del espaciotiempo, existe solamente una línea del mundo correspondiente al movimiento solamente influenciado por la gravedad, éstas son las geodésicas.

Las partículas libres de fuerzas se mueven con aceleración uniforme, dentro de las geodésicas y, en consecuencia, el movimiento uniformemente acelerado es el movimiento inercial en el espaciotiempo curvo, que es similar al movimiento inercial rectilíneo uniforme en el espaciotiempo plano. Pero, en el espaciotiempo curvo no existen marcos inerciales galileanos, puesto que no es posible establecer movimientos rectilíneos relativos dentro de intervalos finitos, salvo en el mismo evento del espaciotiempo, que se intercepta con los espaciotiempo tangentes de Minkowski, lo cual es otra cosa bien diferente.

No obstante, sin marcos inerciales galileanos, el movimiento inercial uniformemente acelerado de los cuerpos, en el campo gravitacional, dentro de los intervalos finitos, es una propiedad de la geometría curva del espaciotiempo, con lo cual se conserva, en la General Relatividad, el movimiento inercial como propiedad geométrica del espaciotiempo de la Relatividad Especial, aunque, la primera ley de Newton se reemplaza por la ley del movimiento geodésico. Y hay una transformación de coordenadas, para intervalos finitos, que 'luce en mucho como el grupo de transformación de Lorentz' [40]. Por lo tanto, como correctamente lo interpreta la Relatividad General Moderna, es en la geometría curva del espaciotiempo en que se soporta el principio de equivalencia, en regiones finitas, entre un sistema gravitacional uniforme (no la gravedad homogénea) y un sistema en movimiento uniformemente acelerado que al ocurrir en el espaciotiempo curvo sufre cambio en su dirección. Esto implica que mediante un cambio de marco de referencia de un observador desde un sistema acelerado uniformemente se pueda crear un campo gravitacional uniforme, siempre que el sistema acelerado existe en una región finita donde el espaciotiempo tiene curvatura positiva. Si no fuera a partir de la curvatura del espaciotiempo se tendría que este principio de equivalencia no sería aplicable, puesto que, partículas en comovimiento, dentro de un sistema acelerado uniformemente no seguirían las geodésicas, de cuando se encuentran en un campo gravitacional y, por lo tanto, no convergerían en la dirección del centro de gravedad [N:\[60\]](#), sino que seguirían paralelas euclídeas. De acuerdo con el autor, el movimiento acelerado uniformemente es el movimiento inercial, o sea, el movimiento geodésico en el espaciotiempo con curvatura positiva. Además, la gravedad, en la General

Relatividad, es un efecto de la curvatura del espaciotiempo y no la curvatura del espaciotiempo un efecto de la gravedad [Pág 22, 44], como erróneamente pretendió Einstein.

El grupo de transformación no lineal de las cuatro coordenadas, entre un sistema de referencia existente en un intervalo finito del espaciotiempo, animado con aceleración uniforme, bajo la acción del campo gravitacional y un sistema inercial, en el sentido de la Relatividad Especial, existente en un intervalo cuasi vacío de materia del espaciotiempo es realizado mediante una composición de rotación y Lorentz [40]. En esta transformación se relacionan las coordenadas lineales del sistema inercial con las no lineales del acelerado. Por constituir el campo gravitacional la inercia en el espaciotiempo curvo, es decir, la gravitación es inercia, vale que los eventos están codificados en los puntos del substrato inercial.

Es paradójico que la formulación de la Relatividad General se base en el principio de equivalencia entre las masas inercial y gravitacional que en el espaciotiempo curvo sólo es válida en un mismo evento puesto que "A diferencia de cualquier campo inercial el campo gravitacional posee una propiedad única: todos los objetos en movimiento se inclinan hacia un centro. Si se emiten dos rayos perpendicularmente entre dos espejos idealmente paralelos, entonces en un sistema inercial ellos se moverán paralelamente uno al otro infinitamente entre los espejos". "En el campo gravitacional con una orientación análoga de los espejos, los rayos empezarán a acercarse". "El principio de equivalencia de la gravitación y de la aceleración puede tener relación sólo respecto a un punto del espacio, es decir, es irreal esto". "Todas las transformaciones lineales de la Teoría Especial de la Relatividad y la Teoría General de la Relatividad se refieren al espacio vacío ya que los cuerpos reales (incluso en calidad de puntos de referencia) introducen la no-linealidad en las propiedades del espacio. Por eso la diferencia de los fenómenos al pasar a otro sistema de coordenadas se deberá estudiar estrictamente en un mismo punto del espacio y del tiempo. ¿Pero cómo colocar en un mismo punto a dos diferentes observadores?" [Pág 1, 45].

5.8. Einstein entre el Relacionismo y el substancialismo.

La Relatividad General según el consenso mayoritario favorece al Substancialismo, pero Einstein (el joven) persiguió sin conseguirlo que fuera una teoría física relacionista sobre el espaciotiempo con base en el principio de Mach.

Einstein supo bien acerca del espaciotiempo como entidad geométrica (desde la forma) pero ignoró durante toda su vida qué es el espaciotiempo ontológicamente (desde el contenido). Einstein pudo mediante la variedad (M) y el tensor geométrico (g) definir el espaciotiempo como una entidad geométrica abstracta que como tal le permitió definirlo, en el profundo nivel del ser, unas veces como simple categoría del pensamiento y otras como un ente substancial, aunque sin

precisar su real naturaleza. Los primeros esfuerzos de Einstein fueron en definir el espaciotiempo como un ser conceptual y en su progreso como científico, al final de su vida, como un ser real [N:\[61\]](#).

Einstein, se había declarado relacionista, cuando en su juventud, según Alysea Forsee, dijo: `... tiempo y espacio son modos por los cuales pensamos y no condiciones en las que vivimos´ [Pág 1, 29]. No obstante, Einstein (1920) sostuvo que la métrica g_{uv} era el soporte físico de la inercia, similar al espacio absoluto de Newton, al que volvió a llamar éter (aunque, con un significado distinto al de Huygens), con lo que a esa altura rompió a medias con el Relacionismo de Mach puesto que también advirtió: `toda la inercia, esto es, todo el campo g_{uv} está determinado por la materia del Universo y no principalmente por las condiciones límites en el infinito´ [Pág 166, 21]. Aún, ya viejo, de vuelta a su visión de joven, Einstein (1952) afirmó: `evite por completo el vago espacio de palabras del que debemos reconocer honestamente que no podemos formar la más mínima concepción´ [Pág 1, 29]. Pero, finalmente `volvió a la convicción de Newton de que el espacio y el tiempo son cosas, y no simplemente relaciones entre cosas.´ [Pág 6, 7] [N:\[62\]](#).

Unos meses antes de su fallecimiento, Einstein (1954) dijo: `En mi opinión no se debería hablar más del principio de Mach. El viene de un tiempo en que se pensaba que la materia era la única realidad física`, con lo cual Einstein se refiere a que la energía no era considerada materia. “En tal estado del pensamiento científico es inválido pretender que se está ante un principio físico, otro tanto se puede decir de Leibniz respecto a sus bases para su Relacionismo del espaciotiempo”. Así, Einstein termino por decidirse a favor del substancialismo.

En la década de 1960 la interpretación substancialita del espaciotiempo fue mayoritaria, al adoptar la concepción de que la estructura topológica diferencial de la variedad, es una entidad independiente de los objetos materiales. En la actualidad, la formulación relacional de la inercia, buscada por el Relacionismo, no se ha alcanzado, cuestión que se propuso el joven Einstein, quien fracasó, según el consenso general, por lo que predomina el enfoque del Substancialismo Sofisticado, a fin de eliminar el indeterminismo que, en la General Relatividad, introduce el substancialismo, puesto que, la variedad (M) en que el Substancialismo sólo se basa, no tiene las propiedades ni cumple las funciones paradigmáticas del espacio y tiempo de Newton. Para que la variedad alcance el estatus ontológico de espaciotiempo debe por lo menos contar con la estructura métrica g (tesis del Substancialismo Sofisticado).

5.9. La Relatividad General es adoptada por el Substancialismo Sofisticado.

En la Relatividad General básicamente se tiene el espaciotiempo de eventos (variedad, M) y los campos materiales definidos sobre ellos (tensor de energía momento, T).

Las propiedades geométricas que permiten determinar las distancias espaciotemporales y los ángulos entre dos eventos, a lo largo de toda curva que los conecte, es provista por el campo gravitacional g (métrica + conos causales). Este es un campo, aunque geométrico, puesto que la información es de cada evento y existe continuo. Las curvas son las líneas del mundo. Las distancias espaciotemporales, a lo largo de cualquier línea del mundo, se obtiene mediante la suma de las distancias entre sus sucesivos eventos infinitesimalmente próximos.

La covarianza general de la Relatividad General es la libertad para describir la variedad (M) por medio de sistemas de coordenadas elegidos arbitrariamente (covarianza pasiva o difeomorfismo pasivo, en que se renombran, sin ningún significado objetivo, las coordenadas de los eventos de la variedad) que, paradójicamente, es equivalente a propagar el campo métrico (g) sobre la variedad en tantas formas como sistemas de transformación de coordenadas existan llamada covarianza activa, o difeomorfismo activo, que es una transformación de coordenadas que lleva campos métricos y materiales, de unos eventos a otros dentro de las líneas del mundo, deformándolos durante su transporte, aunque, los campos en la salida permanecen iguales que a la entrada y son observablemente indistinguibles, esto es, son invariantes las propiedades intrínsecas a la geometría, materia y dinámicas tales como la curvatura, distancias espaciotemporales, masas en reposo o número de partículas etc. De tal manera, la Relatividad General responde a la estructura (M, g, T) .

Para el Substancialismo primitivo es la variedad (M) la que es el contenedor de los campos métrico (g) y materiales (T) . Y solo los tipos de campos (T) transportan energía y momento.

Si un difeomorfismo activo hace pasar un campo material (T) a través de un agujero (espaciotiempo vacío, esto es, M desprovisto de T) puede ocurrir que el campo material que en la entrada incluía un determinado evento, por ejemplo, E en la salida continúe incluyéndolo o no. Para el Substancialismo el resultado implica dos posibilidades físicas que viola el llamado principio de equivalencia de Leibniz: `Si dos distribuciones de campos materiales están relacionadas por un difeomorfismo activo entonces ellos representan el mismo sistema físico`.

Esto hace que la Relatividad General se vuelva indeterminista, con ser que es una reconocida teoría determinista, aunque, paradójicamente, su propio fundamento, el espaciotiempo ni Einstein, tampoco, sus seguidores y mucho menos quienes la han comprobado hayan estado seguros acerca qué es ontológicamente.

El indeterminismo es la consecuencia del argumento del agujero, que usó Einstein (1913) como paso para elaborar la General Relatividad, bajo la reelaboración de Earman (1986) y Norton (1988, 2003). "el argumento es una directa consecuencia de la general covarianza de GR" [Pág 3, 47] [N:\[63\]](#).

La consecuencia del argumento del agujero para el Substancialismo es que los eventos de la variedad por sí mismos carecen de realidad ontológica, esto es, carecen de identidad primitiva como desde el debate entre Newton y Leibniz se había establecido, y la solución encontrada para salvarlo, manteniendo el determinismo de la General Relatividad, es ligar el campo métrico (g) a la variedad (M), de tal manera, es la dupla (M, g) el contenedor de T (campos materiales), con lo que el Substancialismo afirma la existencia semiindependiente de las estructuras espaciotemporales respecto de la materia puesto que ésta si bien determina su geometría curva (campo gravitacional) no es la causa de que existan pues sin materia, por lo menos, cuando ésta tiende a cero, su geometría es rectilínea (campo inercial de Minkowski). La solución es llamada Substancialismo Sofisticado [Pág 1, 48]. Aunque se niega la persistencia de los puntos que inicialmente soportan el éter aún éste sobrevive como el substrato geométrico de un espaciotiempo no vacío [N:\[64\]](#).

Substancialismo Sofisticado es una doctrina que sostiene que, aunque los puntos de la variedad espaciotemporal no tienen una existencia robusta, ya que carecen de identidad primitiva, el espaciotiempo es una entidad independiente en toda regla. Así, Substancialismo Sofisticado argumenta, que la variedad al carecer de las estructuras espaciotemporales básicas –como geometría e inercia- se debe contar con la dupla variedad + métrica (M, g) como el espaciotiempo independiente [N:\[65\]](#).

Sin embargo, a pesar del Substancialismo Sofisticado [N:\[66\]](#), persiste el dilema, planteado por Rovelli, entre sí `el campo gravitacional es nada pero una distorsión local de la geometría del espaciotiempo (Substancialismo) o la geometría del espaciotiempo es nada pero una manifestación del campo gravitacional (Relacionismo) [Pág 145, 5]. De esta manera, el Relacionismo se mantiene en el debate al defender que el tensor métrico (g) es un campo material (campo gravitacional geométrico + energía-momento). No hay espacio sin materia y las estructuras espaciotiempo, como inercia y geometría, son entidades relacionales.

Miguel Lorente, con base en las ponencias, sobre la Ontología del espaciotiempo, hechas en el II congreso del grupo `Spacetime Society` (2006), realizado en la Universidad Concordia de Montreal, como conclusión, escribió: `El espaciotiempo sigue siendo un enigma para la ciencia y la filosofía`.

5.10. Aplicaciones exóticas.

De las soluciones de las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, a causa de la naturaleza métrico-geométrica que le asignan a la gravedad, como aspecto del espaciotiempo, se obtiene el Big-Bang como origen del Universo y la existencia de agujeros negros y agujeros de gusano, resultados que no corresponden a fenómenos físicos. A cambio del Big-Bang, en la RTG de Anatoli Logunov, M.

Mestvirishvili y otros, el Universo cíclicamente oscila entre de un máximo y un mínimo de densidad de la energía-materia y no hay agujeros negros ni de gusano.

5.10.1. Agujeros negros.

Como consecuencia de la teoría corpuscular de la luz de Newton, sus ecuaciones sobre: el movimiento, la gravedad y la velocidad de escape, en 1783, John Michell formuló la existencia de estrellas, muy masivas, que serían invisibles a causa de que la luz, no podría escapar de la gravedad de ellas. En 1915, Albert Einstein demostró que la luz en efecto está sometida a la gravedad y Karl Schwarzschild, en la aplicación para un cuerpo esférico, que hizo de las ecuaciones de la General Relatividad, confirmó que una estrella con una gran masa y un determinado radio, llamado horizonte de eventos, su gravedad atraparía la luz. En 1930, Subrahmanyan Chandrasekhar determinó la masa crítica en 1,5 veces la del Sol y, en 1939, Robert Oppenheimer descubrió que por encima se podría producir el colapso gravitatorio de la estrella. En 1967, Stephen Hawking y Roger Penrose probaron que cualquier solución de las ecuaciones de la Relatividad General para una estrella colapsada genera una singularidad. En 1969, John Wheeler llamó, a la singularidad, agujero negro.

Sin embargo, en la RTG los teoremas de Hawking y Penrose sobre ocurrencia de singularidades no aplican. De tal manera podrán existir objetos supercompactos, con tal fuerza de gravedad que impidan el escape de las ondas electromagnéticas pero carentes de singularidad, que Logunov los llamó objetos ennegrecidos.

De acuerdo con las ecuaciones de la Relatividad General un agujero negro físicamente se define por las 3 cualidades de: masa, momento y carga eléctrica (teorema de Unicidad o Ausencia de cabello de Carter-Robinson).

El agujero negro (más bien, objeto ennegrecido), según las observaciones astronómicas, se clasifica de acuerdo con su cantidad de masa en:

- Supermasivo, con varios millones de veces la masa del Sol. Este agujero es el centro de las galaxias con forma esférica, elipsoide o espiral y succiona materia en tan gran cantidad que ésta no logra entrar en el agujero y se acumula en un gran disco de acreción (formación de un cuerpo a partir de otros), que por su altísima temperatura se convierte en un cuásar, cuyo núcleo sería el agujero negro, el cual emite una enorme cantidad de radiación y debido al potente campo magnético del agujero produce los dos chorros relativístico (materia a una velocidad cerrada a c), arriba y abajo del disco.
- Estelar, mayor que 1,5 veces la masa del Sol. Este supuesto agujero abundaría en las galaxias.

También, de acuerdo con las observaciones astronómicas existirían agujeros negros binarios en rotación uno alrededor del otro. Por ejemplo, el Agujero Negro binario en 3C 75, compuesto por dos supermasivos, distantes a 25 mil años luz, los

cuales son los núcleos de dos galaxias en fusión, ubicadas en el Abell 400, cúmulo de galaxias (compiladas por George Abell en la década de 1950), que entre ellas están a unos 300 millones de años luz de distancia.

Las soluciones exactas de las ecuaciones de la Relatividad General dan 4 tipos teóricos posibles de agujeros negros. Estos son:

- Schwarzschild que no rota ni tiene carga.
- Kerr que rota y no tiene carga.
- Reissner-Nordstrom que no rota y posee carga (con una baja probabilidad de existir).
- Kerr-Newman que rota y posee carga (con una baja probabilidad de existir).

5.10.2. Los agujeros de gusano.

De la concepción del espaciotiempo como el marco de todos los eventos pasados, presentes y futuros permitió a Goedel probar que la Relatividad General permitía el viaje en el tiempo siempre que el Universo fuera estacionario. La solución de Goedel no representa al Universo puesto que está en expansión. Sin embargo, se han encontrado otras soluciones que permiten el viaje en el tiempo. Una es la de las dos cuerdas cósmicas, en movimiento relativo, a una velocidad cerrada a c . Las cuerdas cósmicas teóricamente han surgido en los intentos de unificar la Física Cuántica con la General Relatividad. Estas serían como cuerdas, en el sentido de que tienen longitud, pero una infinitesimal sección transversal. En realidad, son como bandas elásticas, que se encontrarían bajo una enorme tensión, cerca de cien mil cuatrillones de toneladas. Según, la General Relatividad, estas pudieron surgir en el Universo, muy cerradamente al Big Bang.

Otra solución de viaje en el tiempo, es moverse por encima de c , dentro una posición en el espacio hacia otra, desde un extremo de la galaxia al otro. Así se requiere curvar tanto al espaciotiempo para crear un pequeño tubo o agujero de gusano, similar a como un túnel, en la Tierra, en 3 dimensiones, conecta dos lugares dentro de una menor distancia a la de su enlace a través de la superficie, en dos dimensiones. Estos gusanos, o túneles en las cuatro dimensiones espaciotiempo, podrían conectar dos lados extremos de la galaxia, y actuar como un atajo, para llegar del uno al otro y volver a través de otro agujero antes de haber partido. Sin embargo, al interior de los gusanos se viajaría a una velocidad con límite c . La posible existencia de los agujeros de gusano fue estudiada por Einstein y Rosen (1935), pero ellos encontraron que eran tan inestables que desaparecían casi de inmediato. John Wheeler y Robert Fuller (1962) demostraron que esos agujeros se trozaban tan pronto como la luz incidía sobre ellos. Sin embargo, Kip Thorne (1988), debido a una pregunta de Carl Sagan, encontró que los agujeros de gusano podrían mantenerse abiertos, si en ellos existiera materia con masa negativa que llamó “exótica”. Tal materia exótica podría deberse a una propiedad del

espacio vacío que se conoce como “polarización del vacío”. Estos agujeros son conocidos como Thorne - Morris (uno de sus alumnos con el cual tal idea maduró). Matt Visser (1989) halló que los agujeros de gusano podrían ser estables sin necesidad de estar llenos de materia exótica. Además, dijo que posiblemente los agujeros podrían haberse creado de manera natural desde la creación del Universo. Michael Morris, Ulvi Yurtsever y Kip Thorne (1988) demostraron que, si se creaba y mantenía abierto un agujero de gusano, sería convertido en una máquina del tiempo, para viajar a través del espaciotiempo, y la causalidad podría violarse. Matt Visser, Sayan Kar y Naresh Dadhich (2003) encontraron que es posible la existencia de un agujero de gusano con una cantidad extremadamente pequeña de materia exótica, la cual curva el espaciotiempo negativamente en la forma opuesta a la que lo hace la materia normal que le da una curvatura positiva.

Lo que el Universo de Goedel, el espaciotiempo de las cuerdas cósmicas y los agujeros de gusano tienen en común, es que existen tan distorsionados y curvados que el viaje hacia el pasado es posible.

Por lo tanto, la Relatividad General permite el viaje temporal, consecuencia del perdurantismo de los eventos y del eternalismo del espaciotiempo cuando realmente, como lo plantea el autor, el tiempo se genera en el devenir de la materia, es decir, geoméricamente en la variación externa de las tres dimensiones propias del espacio que es inherente intrínsecamente a ésta y, por tanto, se trata de la sucesión temporal de un ente tridimensional, que siempre existe en tránsito y acerca de su pasado sólo deja su huella en la forma de radiación, por ejemplo, en la Tierra siempre tenemos la presencia de la huella electromagnética del Sol, como éste era aproximadamente 8,3 minutos antes, también, su huella gravitatoria.

El eternalismo de la Relatividad del espaciotiempo conlleva al perdurantismo de que los eventos existen físicamente en la eternidad y, por tanto, podemos volver a ellos por siempre, por ejemplo, encontrarnos con nuestro nacimiento eternamente. Esto es físicamente imposible tanto por la ley de conservación del impulso y la energía como por la ley de la entropía, puesto que la materia cuando deviene en pasado deja de existir como fue y en su forma presente es otra cosa, aunque permanezca la información electromagnética y gravitatoria, y de toda otra radiación producida por la materia, acerca de cómo fue, salvo que la entropía se invirtiera y andará en marcha atrás y, así, la flecha del tiempo, realmente en la cola fuera otro punta. Lo que sí es posible es el viaje en tiempo, que no es viaje en el tiempo.

5.11. Notas

[N:\[31\]](#) Interpretación de la gravedad, de acuerdo con la General Relatividad, que hizo el autor en su ensayo: “In General Relativity, gravity is effect of coordinates with change of geometry of spacetime”, en el 2017.

[N:\[32\]](#) “El formalismo generalmente covariante había sido desarrollado solo en 1901 por Ricci y Levi-Civita, y el primer uso real en física fue la formulación de la Relatividad General de Einstein. Este accidente histórico hizo que fuera natural para las personas (incluido Einstein, al principio) imaginar que la Relatividad General se distingue de otras teorías por su covarianza general, mientras que en realidad la covarianza general era solo un nuevo formalismo matemático y no connota un atributo físico distintivo. Por esta razón, algunas personas han tenido la tentación de concluir que el requisito de covarianza general es realmente vacío” [Pág 1, 31].

[N:\[33\]](#) “En General Relatividad, el campo gravitacional está representado por la métrica del espaciotiempo. La gravedad es idéntica a las propiedades de una geometría dinámica” [Pág 3, 30].

[N:\[34\]](#) “La fuerza de gravedad definida como cambios en el campo gravitacional de un lugar a otro en la mecánica newtoniana, fue reemplazada por cambios en la geometría del espacio de un lugar a otro en el espaciotiempo medido por el grado de curvatura en cada punto” [Pág 1, 29].

[N:\[35\]](#) “La métrica espaciotiempo es el campo. El espaciotiempo juega un doble papel en esta teoría, porque constituye tanto el objeto dinámico como el contexto dentro del cual se define la dinámica. Este aspecto autorreferencial otorga a la Relatividad General ciertas características diferentes de cualquier otra teoría de campo. La calidad autorreferencial de las ecuaciones de campo métrico también se manifiesta en su no linealidad. Según las leyes de la General Relatividad, toda forma de energía de estrés gravita, incluida la gravitación misma. Esto es realmente inevitable para una teoría en la que las relaciones métricas entre entidades determinan las "posiciones" de esas entidades, y esas posiciones a su vez influyen en la métrica. Esta no linealidad plantea cuestiones prácticas y teóricas. Desde un punto de vista práctico, asegura que las soluciones analíticas exactas serán muy difíciles de determinar. Más importante aún, desde un punto de vista conceptual, la no linealidad asegura que el campo en general no pueda definirse de manera única por la distribución de objetos materiales, porque las variaciones en el campo en sí mismo pueden servir como objetos” [Pág 1, 31].

[N:\[36\]](#) “El tensor de energía solo puede considerarse como un medio provisional de representar la materia” [Pág 1, 31].

[N:\[37\]](#) “Algo geométrico, el tensor g_{uv} tiene que ser proporcional a algo no geométrico el tensor T_{uv} ” [Pág 1, 32]

[N:\[38\]](#) Einstein concluyó que "en la teoría general de la relatividad, el espacio y el tiempo no pueden definirse de tal manera que las diferencias de las coordenadas espaciales puedan medirse directamente por la barra de medición unitaria, o las diferencias en la coordenada del tiempo por un reloj estándar ... este requisito ...

quita del espacio y el tiempo el último remanente de objetividad física” [Pág 1, 31].

[N:\[39\]](#) “Determina que el espaciotiempo es curvo, por lo tanto, la aceleración temporal de un volumen tridimensional, que expresa el que, según la teoría de la gravitación universal, una masa esférica de gas con el tiempo reduce su volumen, con una aceleración equivalente a $4G\pi\rho$, como consecuencia de la atracción recíproca de las moléculas del gas” (Wikipedia).

[N:\[40\]](#) “Es la aceleración de la superficie que encierra dicho volumen” (Wikipedia) o curvatura de la superficie del espaciotiempo.

[N:\[41\]](#) “La ecuación de Einstein solo contiene diez datos, aunque necesita 20 para especificar el tensor de curvatura. Por lo tanto, la ecuación de Einstein no le permite reconstruir el tensor de curvatura completo.” “En 4 dimensiones, se necesitan 20 números para especificar la curvatura en cada punto. 10 de estos números son capturados por el tensor de Ricci, mientras que los 10 restantes son capturados por el tensor de Weyl.” “En la General Relatividad, saber todo sobre las fuentes (el tensor de energía de estrés T) no es suficiente para contarle todo sobre la curvatura”. “Hay información adicional en los campos más allá de lo que las fuentes de los campos pueden decirle. (Por ejemplo, en electromagnetismo puede especificar que no se acerquen las ondas electromagnéticas desde el infinito. Eso es suficiente para darle una solución única a los campos dados las fuentes. Para la General Relatividad, puede realizar proezas similares, aunque es técnicamente más complicado)”. “La parte de Weyl de la curvatura tiene que ver con la radiación gravitacional: el tensor de Weyl transporta información sobre el tipo de curvatura que es independiente de la distribución de la fuente, algo así como las ondas electromagnéticas son campos que se propagan independientemente de las fuentes que están alrededor. Cuando estamos en un espacio realmente vacío, no hay curvatura de Ricci. Pero puede haber curvatura de Weyl debido a las ondas gravitacionales, las fuerzas de marea y similares. Las ondas gravitacionales y las fuerzas de marea tienden a estirar las cosas en una dirección mientras las aplastan en la otra.” [Pág 1, 27].

[N:\[42\]](#) Representa el cambio de la forma de un volumen esférico en elipsoide que ocurre en un espaciotiempo curvo.

[N:\[43\]](#) No existe el efecto Ricci pero si el de Weyl.

[N:\[44\]](#) “En un campo esféricamente simétrico, la nube se alargará en la dirección radial y se acortará en las direcciones normales. Esta variación en la forma se caracteriza por el tensor de Weyl, que en general puede ser distinto de cero incluso cuando el tensor de Ricci desaparece” [Pág 1, 31].

[N:\[45\]](#) Según Thorne (1994) “la curvatura espacio-temporal y la gravedad de las mareas son lo mismo expresado en diferentes idiomas, el primero en el lenguaje de la relatividad, el segundo en el lenguaje de la gravedad newtoniana”.

[N:\[46\]](#) “Puede parecer que concebir la gravedad puramente como un efecto de marea ignora lo que suele ser la manifestación de la gravedad más obvia físicamente, a saber, la tendencia de los objetos a "caer", es decir, la aceleración de la geodésica en relación con nuestras coordenadas estáticas habituales cerca de un cuerpo gravitante. Sin embargo, en la mayoría de los casos esto también puede verse como aceleraciones de marea, siempre que tengamos una visión más amplia de los eventos. Por ejemplo, la caída de una sola manzana al suelo en un lugar de la Tierra se puede transformar (localmente) mediante un sistema adecuado de coordenadas aceleradas, pero la caída de manzanas en toda la Tierra no. En efecto, estas manzanas pueden verse como una nube esférica de partículas de polvo, cada una siguiendo un camino geodésico, y esos caminos están convergiendo y el volumen de la nube se está reduciendo a un ritmo acelerado a medida que el caparazón se colapsa hacia la Tierra. La tasa de aceleración (es decir, la segunda derivada con respecto al tiempo) es proporcional a la masa de la Tierra, de acuerdo con las ecuaciones de campo” [Pág 1, 31].

[N:\[47\]](#) “Einstein definió el campo gravitacional como idéntico al llamado tensor métrico”. “Antes de Einstein, el tensor métrico era una cantidad puramente geométrica que expresa cómo determinar las distancias entre los puntos en el espacio”. “La apropiación de Einstein del tensor métrico para que también representara el campo gravitacional condujo a una conclusión inevitable y lógica: si usted elimina el campo gravitacional, esto significaba que g_{uv} estaría en todas partes y para siempre igual a cero, pero también lo sería la métrica para el espaciotiempo. El espaciotiempo perdería su métrica, la distancia entre los puntos en la variedad se desvanecería, y la variedad misma desaparecería en la nada” [Pág 1, 29].

[N:\[48\]](#) “En el espaciotiempo vacío, (donde el término "vacío" significa la ausencia de materia o energía electromagnética, pero obviamente no la ausencia del campo métrico/ gravitacional)” [Pág 1, 31].

[N:\[49\]](#) El Doctor Sergei Kopeikin, en el caso de Friedman, se refiere a su solución de las ecuaciones de Einstein del Universo plano.

[N:\[50\]](#) “La presentación original de Einstein en su famoso artículo "The Foundation of the General Theory of Relativity", que se publicó a principios de 1916. Señala que para el espacio vacío, lejos de cualquier objeto gravitante, esperamos tener un plano (es decir, un espaciotiempo de Minkowski)” [Pág 1, 31].

[N:\[51\]](#) “La necesidad de considerar el espaciotiempo inercial como un éter surgió después de notar que el espacio-tiempo vacío, a pesar de ser inobservable e

inalterable, mostraba propiedades físicas, como proporcionar una referencia para la aceleración a través de su geodésica" [Pág 2, 18]. "Einstein llamó éteres al espacio newtoniano y la métrica de los de la Especial y General Relatividad" [Pág 8, 18]. "El propio Einstein dijo que "el éter de la Relatividad General es un medio que por sí mismo carece de propiedades mecánicas y cinemáticas, pero al mismo tiempo determina los procesos mecánicos (y electromagnéticos)" [Pág 5-6, 16].

“La descripción se realiza mediante los puntos espacio-temporales, ya que estos objetos geométricos realizan la localización de campos, pero no pueden observarse ni influenciarse a sí mismos como lo expresa el postulado de invariancia difeomorfismo de la General Relatividad. Por lo tanto, llamamos a los puntos espacio-temporales el éter geométrico". “No solo la Relatividad General cambió la noción misma de éter, sino también la del espaciotiempo vacío. Es otra característica de $g(x)$ que depende de las coordenadas del espacio-tiempo (hablando geométricamente, en sus puntos), por lo que no puede consistir en un fondo absoluto asociado con el espacio-tiempo vacío como η en la Especial Relatividad. Por el contrario, el campo métrico $g(x)$ constituye un contenido intrínseco del espacio-tiempo". [Pág 11, 18]. "A través de las ecuaciones de Einstein, no solo que la distribución de la materia-energía restringe el espaciotiempo en sí mismo, sino también que las soluciones descritas por el vacío (un tensor nulo de tensión-energía) están dotadas de una estructura geométrica compleja. En cierto sentido, podemos ver ahora que la síntesis entre la materia y el espacio, contenido y contenedor, se logra en el concepto moderno del vacío que es a la vez” [Pág 6, 16].

[N:\[52\]](#) “Las propiedades que posee la variedad en sí son su dimensión y su estructura topológica” [Pág 6, 36].

[N:\[53\]](#) “Las distancias, los intervalos, los volúmenes, el pasado y el futuro son propiedades de la métrica” [Pág 5, 36].

[N:\[54\]](#) “La base de la Relatividad General de Einstein es la audaz idea de que las relaciones métricas del espaciotiempo no solo se desvían de la perfecta planeidad euclidiana, sino que la métrica misma es un objeto dinámico. En cualquier otra teoría de campo, las ecuaciones describen el comportamiento de un campo físico, como el campo eléctrico o magnético, dentro de una arena constante e inmutable de espacio y tiempo, pero las ecuaciones de campo de la relatividad general describen el comportamiento del espacio y el tiempo” [Pág 1, 31].

[N:\[55\]](#) “La ausencia de una geometría prescrita externamente se conoce como el principio de independencia de fondo” [Pág 1, 38].

[N:\[56\]](#) “La materia afecta la dinámica del campo gravitacional y se ve afectada por ella a través de la geometría no trivial que este último define. La relatividad general no es una teoría de campos que se mueven sobre geometría de fondo curva; La

Relatividad General es una teoría de los campos que se mueven uno encima del otro” [Pág 2, 41].

[N:\[57\]](#) “La naturaleza de este nuevo éter sufrió otro cambio con la teoría de la General Relatividad. Según Einstein, el éter era ahora el contenido métrico dinámico e intrínseco del espaciotiempo. Este fue un cambio tan significativo que modificó las ideas mismas del éter y el espaciotiempo vacío. Al alterar el espaciotiempo métrico, en realidad pone fin a su estado como éter genuino. Y al hacer que el campo métrico sea un contenido de espaciotiempo, eliminó el espaciotiempo vacío, ya que ahora desocupar el espaciotiempo significa no quedar nada en absoluto” [Pág 2, 18].

"Librando el espaciotiempo de su geometría, no queda nada más que los puntos en sí mismos del espaciotiempo". "Como se conocen los resultados del llamado argumento del agujero de Einstein: los puntos espaciotiempo tampoco son físicos, por lo que no podrían constituir un espaciotiempo verdaderamente vacío en ningún sentido físico” [Pág 11, 18].

[N:\[58\]](#) Tal implicación, es consecuencia de que el campo gravitacional no posee energía e impulso.

[N:\[59\]](#) De acuerdo con la General Relatividad, el campo gravitacional (g, campo geométrico), aunque dinámico lo es en virtud a su interrelación con la materia (T).

[N:\[60\]](#) “Suponga que deja caer una pequeña bola de café instantáneo cuando hace café por la mañana. Los granos de café más cercanos a la tierra se aceleran un poco más hacia ella, lo que hace que la bola comience a estirarse en dirección vertical. Sin embargo, como todos los granos aceleran hacia el centro de la tierra, la bola también comienza a aplastarse en las dos direcciones horizontales” [Pág 6, 43].

[N:\[61\]](#) “El propio Einstein era un relacionista cuando era joven, un campeón de Leibniz, pero se convirtió cada vez más en un sustancialista, y finalmente admitió, en su vejez, que uno podría olvidarse mejor del principio de Mach” [Pág 6, 7].

[N:\[62\]](#) “Se puede decir que el campo gravitacional en el espacio libre de materia ordinaria, representado por la propia métrica g, tiene una energía y un impulso genuinos, este es un argumento poderoso para adoptar la visión sustancialista del espaciotiempo” [Pág 187, 46]. "El tensor de impulso de energía T_{uv} representa los campos de materia, la única cosa" que realmente existe según el relacionista. Pero si $T_{uv} = 0$ el espacio vacío puede transportar un impulso-energía genuino del campo gravitacional, entonces (el espacio vacío) debería contarse como real también, y el espaciotiempo mismo representado por g_{uv} debería considerarse sustancial y real” [Pág 188, 46].

[N:\[63\]](#) “Según Earman y Norton (1987), el argumento del agujero de Einstein muestra que los sustancialistas del espaciotiempo están comprometidos con una forma radical de indeterminismo. La única forma de salvar la posibilidad del

determinismo es respaldar una interpretación relacionista de la geometría del espaciotiempo. Desde entonces, muchos filósofos no han estado de acuerdo (Brighouse 1994, Butterfield 1989, Hofer 1996, Maidens 1993, Maudlin 1990). Una respuesta frecuente es que uno puede considerar todos los modelos isomórficos de Relatividad General como representando la misma posibilidad física (Equivalencia de Leibniz) y considerar el espacio-tiempo como una entidad básica, sustantiva y concreta” [Pág 1, 8].

[N:\[64\]](#) “De hecho, uno se queda con algo: los puntos espacio-temporales; sin embargo, el argumento de Einstein les había negado la realidad física. Desde este punto de vista, Einstein concluyó que el espaciotiempo vacío no puede poseer ninguna propiedad física, es decir, que el espaciotiempo vacío no existe” [Pág 2, 18] "terminando con su nueva forma de sustrato geométrico inmaterial” [Pág 3, 18].

[N:\[65\]](#) “Un sustancialista moderno considera que el espaciotiempo es un tipo de cosa que, en coherencia con las leyes de la naturaleza, puede existir independientemente de las cosas materiales (materia ordinaria, luz, etc.) y que se describe adecuadamente como teniendo sus propias propiedades, más allá de las propiedades de cualquier cosa material que pueda ocupar partes de ella” [Pág 2, 8].

[N:\[66\]](#) “El sustancialismo sofisticado se defiende como respuesta al argumento del agujero. También se muestra que es una interpretación del espaciotiempo que es compatible con una variedad de enfoques de la gravedad cuántica canónica”. "Recientemente Belot y Earman (2000) han afirmado que esta "forma sofisticada de sustancialismo" carece de una "motivación coherente y plausible" (2000). Sugieren que los filósofos deben tener en cuenta el vínculo entre las diferentes posturas interpretativas hacia el espaciotiempo de la Relatividad General clásica y los distintos enfoques para superar los problemas técnicos y conceptuales de la gravedad cuántica canónica. Afirman que solo el sustancialismo directo y el relacionismo suscriben programas interesantes. Sugiere (Oliver Pooley) que lo contrario es el caso: que varios enfoques distintos de la gravedad cuántica implican una forma de sustancialismo sofisticado. A modo de ilustración, discute los de Julian Barbour y Carlo Rovelli, ambos reñidos por Belot y Earman” [Pág 1, 8].

6. Espaciotiempo según Logunov.

En 1987, en el espíritu de la relatividad especial de Poincaré, la teoría Entwurf y de las teorías de la física cuántica de campos, Logunov, Loskutov, y Mestvirishvili presentaron la teoría relativista de la gravitación, revisada posteriormente, también, con la participación de Gershtein, en los términos siguientes:

“Dentro del marco de SRT (Teoría de la Relatividad Especial), que describe fenómenos en marcos de referencia inerciales y no inerciales, con la ayuda del principio de geometrización que refleja la universalidad de la interacción gravitacional con la materia, y con la introducción de la masa de gravitón, lograremos unificar la idea de Poincaré (1904) del campo gravitatorio como físico en el espíritu de Faraday-Maxwell con la idea de Einstein de la geometría riemanniana del espaciotiempo. Es este principio de geometrización el que nos ayudará a encontrar un grupo gauge sin desplazamientos que nos permitirá construir la densidad lagrangiana del campo gravitatorio adecuado. Todo esto nos ha llevado a la teoría relativista de la gravitación (RTG), 1989, que posee todas las leyes de conservación, como ocurre en todas las teorías físicas.”

“En esta teoría, debido a la geometrización, el tensor total de energía-impulso de la materia y el campo gravitatorio es la fuente del campo gravitatorio, justo lo que Einstein quería al construir la teoría de la gravitación (en la teoría Entwurf). En lo que sigue veremos que los requisitos físicos bastantes generales nos llevan a una construcción inequívoca del sistema completo de ecuaciones para un campo gravitatorio masivo. Las ecuaciones en esta teoría difieren considerablemente de las ecuaciones de Hilbert-Einstein, ya que conserva la noción de que los sistemas de coordenadas inerciales, y las fuerzas gravitacionales difieren del principio de la inercia, ya que son causadas por el campo físico.”

“La teoría relativista de la gravitación con masa del gravitón es una teoría de campo en la misma medida que la electrodinámica clásica, por lo que podría llamarse gravidinámica clásica” (Logunov, 1995).

Einstein no pudo resolver en términos científicos el problema que encontró en la teoría Entwurf con el espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano galileano, por basarse en el principio de relatividad del movimiento de Galilei, que si bien le permitía tratar la gravedad como una fuerza dotada de energía-impulso de manera similar a la fuerza electromagnética de tipo de Lorentz, o sea, efecto del campo gravitacional estático, pero que requería de una geometría de curvatura positiva, de la clase de Riemann, para que las ecuaciones dieran la anomalía de la órbita de Mercurio y la deflexión de la onda electromagnética, propagándose en la inmediaciones del Sol, aunque, a costa de la geometrización de la gravedad, debido a que el espaciotiempo de Riemann no soporta la gravedad con energía-impulso. Es necesario aclarar que el espacio euclídeo es el ortonormal en 3 dimensiones mientras que el de Minkowski ortonormal es pseudo euclídeo por ser en 4 dimensiones.

Fue 7 décadas después que Logunov resolvió el problema de Einstein de la teoría Entwurf, tomando a cambio del espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano galileano, definido por ejes ortogonales, el espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano de Poincaré, por basarse en el principio de

relatividad de Galilei universalizado tanto a marcos inerciales como no inerciales por Poincaré, que dentro de la colección de espacios de Minkowski, por deformación de los ejes, logra identidad con el espaciotiempo de geometría semi riemanniano utilizado por Einstein en la Relatividad General, llamado, en la Relativística teoría de la gravitación, espaciotiempo de Riemann efectivo. “El espacio de Minkowski admite la descripción tanto en el sistema de coordenadas inercial (por ejemplo, las coordenadas galileanas) como el no inercial (acelerado). Desde el punto de vista matemático, es bastante obvio, ya que se puede introducir una amplia clase de sistemas de coordenadas admisibles (incluida la curvilínea) en el espacio de Minkowski” (Logunov, 1995). “Se introduce el principio de geometrización, de acuerdo al cual la interacción de un campo gravitacional con materia se logra, en vista de la universalidad de esta interacción, por añadir el campo gravitacional Φ^{uv} al tensor métrico y^{uv} del espaciotiempo de Minkowski en la densidad del Lagrangiano de materia de acuerdo a la regla siguiente:

$$LM(\hat{y}^{uv}, \Phi_A) \rightarrow LM(\hat{g}^{uv}, \Phi_A)$$

Donde

$$\hat{g}^{uv} = \sqrt{-g} g^{uv} = \sqrt{-y} y^{uv} + \sqrt{-y} \Phi^{uv} \equiv \hat{y}^{uv} + \hat{\Phi}^{uv}$$

y Φ_A son los campos materiales. Por materia entendemos todas sus formas excepto el campo gravitacional. De acuerdo con el principio de geometrización, el movimiento de la materia bajo la acción de un campo gravitacional Φ^{uv} en el espaciotiempo de Minkowski con una métrica y^{uv} es equivalente al movimiento en un efectivo espaciotiempo de Riemann con una métrica g^{uv} . El tensor métrico del espaciotiempo de Minkowski y el tensor del campo gravitacional en este espaciotiempo son conceptos primarios, mientras el espaciotiempo de Riemann y su tensor métrico son conceptos secundarios, debido a su origen al campo gravitatorio y su acción universal sobre la materia a través de Φ_A . El espaciotiempo efectivo de Riemann es literalmente de origen de campo, gracias a la presencia del campo gravitacional. Einstein fue el primero en sugerir que el espaciotiempo es de Riemann en lugar pseudo euclidiano. Identificó la gravitación con el tensor métrico del espaciotiempo de Riemann. Pero esta línea de razonamiento condujo tanto al rechazo del campo gravitacional como al campo físico que posee una densidad de energía-impulso y a la pérdida de las leyes fundamentales de conservación. El principio de geometrización, basado en las nociones del espaciotiempo de Minkowsky y un campo gravitacional físico, introduce el concepto de un espaciotiempo de Riemann efectivo y en esta idea de Einstein de una geometría de Riemann encuentra su reflexión indirecta” (Logunov y Mestvirishvili, 1989).

Logunov distinguió: “Primero el principio de relatividad fue aplicado solamente al fenómeno mecánico. Pero entonces Henry Poincaré lo formuló como el principio universal para todo fenómeno físico” (Logunov y Mestvirishvili, 1985). El espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano galileano

corresponde al principio de relatividad aplicado solamente al fenómeno mecánico mientras el espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano de Poincaré corresponde al principio universal de relatividad para todo fenómeno físico.

Las contribuciones de Poincaré, a la concepción relativista, fueron más universales que las de Einstein, puesto que fue quien introdujo la mecánica relativista, formuló el principio de relatividad para todos los fenómenos físicos y encontró el grupo de transformación de Lorentz, que pudo extenderlo a todas las fuerzas de la naturaleza e introdujo el espaciotiempo con su lapso invariante ds^2 , especificado por Minkowski en el espacio y tiempo relativos, permitiendo deducir que los sistemas de referencia no inerciales pueden existir junto a los inerciales, por lo tanto, como sistemas diferentes, cuestión realizada por Logunov. Ya que al formular: “todos los fenómenos físicos se producen en el espaciotiempo, cuya geometría es pseudo euclidiana” permitió la introducción del tensor métrico $\gamma_{\mu\nu}(x)$ en el espacio de Minkowski en coordenadas arbitrarias e introducir el campo gravitacional, separando las fuerzas de inercia de la gravedad.

En sus escritos Logunov expone su concepción sobre el espaciotiempo de geometría de Minkowski pseudo euclidiano de Poincaré: “Dado que la construcción de la teoría relativista de la gravedad (RTG) se basa en la teoría de la relatividad especial (SRT), trataremos esta última con mayor detalle y, al hacerlo, examinaremos el enfoque de Henri Poincaré y el de Albert Einstein.

Dicho análisis permitirá una comprensión más profunda de la diferencia entre estos enfoques y permitirá formular la esencia de la teoría de la relatividad.

Al analizar las transformaciones de Lorentz, H. Poincaré mostró que estas transformaciones, junto con todas las rotaciones espaciales, forman un grupo que no altera las ecuaciones de la electrodinámica. Richard Feynman escribió lo siguiente sobre esto:

“Precisamente, Poincaré propuso investigar qué se podría hacer con las ecuaciones sin alterar su forma. Fue precisamente su idea prestar atención a las propiedades de simetría de las leyes de la física”.

H. Poincaré no se limitó a estudiar electrodinámica; descubrió las ecuaciones de la mecánica relativista y extendió las transformaciones de Lorentz a todas las fuerzas de la naturaleza. El descubrimiento del grupo, denominado por H. Poincaré el grupo de Lorentz, le permitió introducir el espaciotiempo en cuatro dimensiones con un invariante posteriormente denominado el intervalo:

$$d\sigma^2 = (dX_0)^2 - (dX_1)^2 - (dX_2)^2 - (dX_3)^2 \cdot (\alpha)$$

Precisamente de lo anterior, queda absolutamente claro que el tiempo y la longitud espacial son relativos. Más tarde, Herman Minkowski hizo un desarrollo adicional

en esta dirección, puesto fue quien introdujo los conceptos de intervalos temporales y espaciales.

Siguiendo exactamente a H. Poincaré y H. Minkowski, la esencia de la teoría de la relatividad puede formularse así: todos los fenómenos físicos se producen en el espaciotiempo, cuya geometría es pseudo euclidiana y está determinada por el intervalo (α). Aquí es importante enfatizar, que la geometría del espaciotiempo refleja esas propiedades dinámicas generales, que representan lo que lo hace universal. En el espacio de cuatro dimensiones (espacio de Minkowski) se puede adoptar un marco de referencia bastante arbitrario:

$$X_v = f_v(x_\mu),$$

realizando una correspondencia mutuamente inequívoca con un jacobiano que difiere de cero. Determinando los diferenciales:

$$dX_v = \partial f_v / \partial x_\mu dx_\mu,$$

y sustituyendo estas expresiones en (α) encontramos:

$$d\sigma^2 = \gamma_{\mu\nu}(x) dx_\mu dx_\nu, \text{ donde:}$$

$$\gamma_{\mu\nu}(x) = \eta_{\sigma\tau} \partial f_\sigma / \partial x_\mu \partial f_\tau / \partial x_\nu, \eta_{\sigma\tau} = (1, -1, -1, -1) (\beta)$$

Es bastante evidente que la transición a un sistema de referencia arbitrario no nos llevó más allá de los límites de la geometría pseudo euclidiana. Pero de ahí se deduce que los sistemas de referencia no inerciales también pueden aplicarse en SRT. Las fuerzas de inercia que surgen en la transición a un sistema de referencia acelerado se expresan en términos de los símbolos de Christoffel del espacio de Minkowski. La representación de SRT derivada del trabajo de H. Poincaré y H. Minkowski fue más general y resultó ser extremadamente necesaria para la construcción de RTG, ya que permitió la introducción del tensor métrico $\gamma_{\mu\nu}(x)$ del espacio de Minkowski en coordenadas arbitrarias y así hizo posible introducir de manera covariante el campo gravitacional, al separar las fuerzas de inercia de la gravedad.

Desde el punto de vista de la historia, debe señalarse que en sus trabajos anteriores, “La medición del tiempo” y “El presente y el futuro de la física matemática”, H. Poincaré trató en detalle los problemas de la constancia de la velocidad de la luz, de la simultaneidad de eventos en diferentes puntos del espacio determinados por la sincronización de los relojes con la ayuda de una señal luminosa. Más tarde, sobre la base del principio de relatividad, que formuló en 1904 para todos los fenómenos físicos, así como en el trabajo publicado por H. Lorentz el mismo año, H. Poincaré descubrió un grupo de transformación en 1905 y lo denominó el grupo de Lorentz. Esto le permitió dar la siguiente formulación esencialmente precisa de la teoría de la relatividad: las ecuaciones de los procesos físicos deben ser

invariantes con respecto al grupo de Lorentz. Precisamente dicha formulación fue dada por A. Einstein en 1948:

"Con la ayuda de las transformaciones de Lorentz, el principio especial de relatividad se puede formular de la siguiente manera: Las leyes de la naturaleza son invariantes con respecto a la transformación de Lorentz (es decir, una ley de la naturaleza no debería cambiar si se refiere a un nuevo marco de referencia inercial con la ayuda de la transformación de Lorentz para (x, y, z, t) ").

La existencia de un grupo de transformaciones de coordenadas en el tiempo significa que existe un conjunto infinito de marcos de referencia equivalentes (inerciales) relacionados por las transformaciones de Lorentz.

De la invariancia de las ecuaciones se deduce, de manera trivial, que las ecuaciones físicas en los marcos de referencia x y x' , relacionadas por las transformaciones de Lorentz, son idénticas. Pero esto significa que cualquier fenómeno descrito en los sistemas de referencia x y x' en condiciones idénticas dará resultados idénticos, es decir, el principio de relatividad se satisface de una manera trivial. Ciertos, incluso prominentes, físicos entendieron esto con dificultad no hace mucho tiempo, mientras que otros ni siquiera han podido".

"La investigación detallada realizada por H. Poincaré de los invariantes del grupo de Lorentz resultó en su descubrimiento de la geometría pseudo euclidiana del espaciotiempo. Precisamente sobre esta base, estableció las cuatro dimensiones de las cantidades físicas: fuerza, velocidad, impulso, corriente. El primer trabajo breve de H. Poincaré apareció en los informes de la Academia Francesa de Ciencias antes de que incluso se presentara el trabajo de A. Einstein para su publicación. Ese trabajo contenía una solución precisa y rigurosa del problema de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento y, al mismo tiempo, extendía las transformaciones de Lorentz a todas las fuerzas naturales, de cualquier origen que pudieran ser".

"A. Einstein avanzó hacia la teoría de la relatividad a partir de un análisis de los conceptos de simultaneidad y sincronización para los relojes en diferentes puntos del espacio sobre la base del principio de constancia de la velocidad de la luz. Cada rayo de luz viaja en un marco de referencia en "reposo" con una cierta velocidad V , independientemente de si este rayo de luz es emitido por un cuerpo en reposo o por un cuerpo en movimiento. Pero este punto no puede considerarse un Principio, ya que implica una cierta elección de marco de referencia, mientras que un principio físico claramente no debe depender del método de elección del marco de referencia. En esencia, A. Einstein siguió con precisión los primeros trabajos de H. Poincaré.

Sin embargo, dentro de este enfoque es imposible llegar a marcos de referencia no inerciales, ya que en dichos marcos de referencia es imposible aprovechar la sincronización del reloj, por lo que la noción de simultaneidad pierde sentido y, además, la velocidad de la luz no puede ser considerada constante.

En un marco de referencia en proceso de aceleración el tiempo propio $d\tau$, donde

$$d\sigma^2 = d\tau^2 - s_{ik}dx_i dx_k, \quad d\tau = \gamma_{0\alpha} dx_\alpha / \sqrt{\gamma_{00}}, \quad s_{ik} = -\gamma_{ik} + \gamma_{0i}\gamma_{0k} / \gamma_{00}$$

no es un diferencial completo, por lo que la sincronización de los relojes en diferentes puntos del espacio depende de la ruta de sincronización. Esto significa que tal concepto no se puede aplicar a los marcos de referencia en proceso de aceleración. Se debe enfatizar que las coordenadas en la expresión (β) no tienen significado métrico, por sí mismas. Las cantidades físicamente medibles deben construirse con la ayuda de coordenadas y los coeficientes métricos $\gamma_{\mu\nu}$. Pero todo esto se mantuvo mal entendido durante mucho tiempo en la SRT, ya que era habitual adoptar el enfoque de A. Einstein, en lugar del de H. Poincaré y H. Minkowski. Por lo tanto, los puntos de partida introducidos por A. Einstein eran de naturaleza exclusivamente limitada y parcial, aunque podían crear una ilusión de simplicidad. Fue precisamente por esta razón que incluso en 1913 A. Einstein escribió:

"En la teoría de la relatividad habitual, solo se permiten transformaciones ortogonales lineales".

O algo más tarde, en el mismo año, escribe:

"En la teoría de la relatividad original, la independencia de las ecuaciones físicas de la elección específica del sistema de referencia se basa en postular el invariante fundamental $ds^2 = P dx^{2i}$, mientras que ahora el tema consiste en construir una teoría (la teoría de la relatividad general está implícita), en la que el papel del invariante fundamental se realiza mediante un elemento lineal de la forma general $ds^2 = X_{i,k} g_{ik} dx_i dx_k$ ".

A. Einstein escribió algo similar en 1930:

"En la teoría de la relatividad especial solo se permiten cambios de coordenadas (transformaciones) que proporcionan la cantidad ds^2 (un invariante fundamental) en las nuevas coordenadas que tienen la forma de la suma de los cuadrados diferenciales de las nuevas coordenadas. Tales transformaciones se llaman transformaciones de Lorentz".

Por lo tanto, se ve que el enfoque adoptado por A. Einstein no lo llevó a la noción de espaciotiempo exhibiendo una geometría pseudo euclidiana. Una comparación de los enfoques de H. Poincaré y A. Einstein con la construcción de SRT revela claramente que el enfoque de H. Poincaré es más profundo y general, ya que precisamente H. Poincaré había definido la estructura pseudo euclidiana del

espaciotiempo. El enfoque de A. Einstein esencialmente restringió los límites de la SRT, pero, dado que la exposición de la SRT en la literatura generalmente siguió a A. Einstein, la SRT se consideró válida durante mucho tiempo solo en sistemas de referencia inercial. El espacio de Minkowski fue tratado como una interpretación geométrica útil o como una formulación matemática de los principios de SRT dentro del enfoque de Einstein. Pasemos ahora a la gravedad. En 1905, H. Poincaré escribió:

"... que las fuerzas de cualquier origen, por ejemplo, las fuerzas de la gravedad, se comportan en el caso del movimiento uniforme (o, si lo desea, bajo las transformaciones de Lorentz) precisamente como las fuerzas electromagnéticas".

Este es precisamente el camino que seguiremos. A. Einstein, habiendo notado la igualdad de las masas inercial y gravitacional, estaba convencido de que las fuerzas de inercia y de gravedad están relacionadas, ya que su acción es independiente de la masa de un cuerpo. En 1913 llegó a la conclusión de que, si en la expresión (α)

"... introducimos nuevas coordenadas x_1, x_2, x_3, x_4 , con la ayuda de una sustitución arbitraria, entonces el movimiento de un punto relativo al nuevo marco de referencia se procederá de acuerdo con la ecuación

$$\delta \int ds = 0, \text{ y } ds^2 = X_{\mu,\nu} g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$$

y además señaló:

"El movimiento de un punto material en el nuevo sistema de referencia está determinado por las cantidades $g_{\mu\nu}$, que de acuerdo con los párrafos anteriores deben entenderse como los componentes del campo gravitatorio, tan pronto como decidamos considerar este nuevo sistema como en reposo".

Identificar de esta manera el campo métrico, obtenido de (α) con la ayuda de transformaciones de coordenadas, y el campo gravitatorio es sin fundamentos físicos, ya que las transformaciones de coordenadas no nos llevan más allá del marco de la geometría pseudo euclidiana. Desde nuestro punto de vista, no está permitido considerar un campo métrico como el campo gravitatorio, ya que esto contradice la esencia misma del concepto de campo como realidad física. Por lo tanto, es imposible estar de acuerdo con el siguiente razonamiento de A. Einstein:

"El campo gravitacional "existe" con respecto al sistema K' en el mismo sentido que cualquier otra cantidad física que pueda definirse en un determinado sistema de referencia, aunque no exista en el sistema K. No hay nada extraño aquí, y puede demostrarse fácilmente con el siguiente ejemplo tomado de la mecánica clásica. Nadie duda de la "realidad" de la energía cinética, ya que de lo contrario sería necesario renunciar a la energía en general. Sin embargo, está claro que la energía cinética de los cuerpos depende del estado de movimiento del sistema de referencia: por una

elección apropiada de este último es evidentemente posible proporcionar la energía cinética del movimiento uniforme de un cuerpo determinado para asumir, en un determinado momento, un valor positivo o cero establecido de antemano. En el caso especial, cuando todas las masas tienen igual valor y velocidades igualmente orientadas, es posible, mediante una elección apropiada del sistema de referencia, hacer que la energía cinética total sea igual a cero. En mi opinión la analogía es completa”.

Como vemos, Einstein renunció al concepto de campo clásico, como el campo de Faraday-Maxwell que posee densidad de energía-impulso, en relación con el campo gravitatorio. Precisamente este camino lo llevó a la construcción de GTR, a la energía gravitatoria que no es localizable, a la introducción del pseudo tensor del campo gravitatorio. Si el campo gravitatorio se considera un campo físico, entonces, al igual que todos los demás campos físicos, se caracteriza por el tensor de energía-impulso $t_{\mu\nu}$. Si en algún marco de referencia, por ejemplo, K' , existe un campo gravitatorio, esto significa que ciertos componentes (o todos ellos) del tensor $t_{\mu\nu}$ difieren de cero. El tensor $t_{\mu\nu}$ no puede reducirse a cero por una transformación de coordenadas, es decir, si existe un campo gravitatorio, entonces representa una realidad física, y no puede ser aniquilado por una elección del sistema de referencia. No es correcto comparar tal campo gravitatorio con energía cinética, ya que este último no se caracteriza por una cantidad covariante. Cabe señalar que tal comparación no es admisible, también, en GTR, ya que el campo gravitacional en esta teoría se caracteriza por el tensor de curvatura de Riemann. Si difiere de cero, entonces el campo gravitacional existe, y no puede ser aniquilado por una elección de sistema de referencia, incluso localmente.” (Logunov, 2002).

“A principios de siglo, H. Poincaré escribió en su libro "Ciencia e hipótesis" que:

"la experiencia juega un papel necesario en el origen de la geometría, pero sería un error concluir que la geometría, al menos parcialmente, es una ciencia experimental. Si fuera experimental, tendría solo un significado temporal, aproximado y muy aproximado”.

Luego continuó:

"Los estudios de geometría solo son <<grupos>> particulares de desplazamientos, pero la noción general de grupo existe primero en nuestras mentes, al menos en forma de posibilidad".

"Bajo esta elección, el experimento nos da una dirección, sin embargo, no lo hace obligatorio; muestra qué geometría es más conveniente para nosotros en lugar de qué geometría es la más correcta".

Si seguimos esta corriente de pensamientos de Poincaré, luego guiados por los principios físicos fundamentales, como las leyes de conservación de la energía-

impulso y el impulso angular, debemos usar como base la geometría pseudo euclidiana del espaciotiempo. Esta elección no solo es conveniente, sino que es realmente única hasta el impulso en que se cumplen las leyes de conservación. En 1921, A. Einstein escribió en su libro "Geometría y Experimento":

"La pregunta de si este continuo tiene Euclidiana, Riemanniana o cualquier otra estructura es una pregunta física y la respuesta puede ser dada por un experimento, en lugar de por un acuerdo de elección sobre la base de pura conveniencia".

En principio, es cierto, sin embargo, surge una pregunta: ¿qué hechos experimentales se necesitan para que podamos caracterizar la geometría sin ambigüedades? En nuestra opinión, las leyes fundamentales de conservación de energía-impulso e impulso angular pueden tomarse como tales hechos, ya que reflejan propiedades dinámicas generales de la materia. Esto nos lleva a la geometría pseudo euclidiana del espaciotiempo, como la más simple.

Por lo tanto, al establecer la estructura de la geometría del espaciotiempo, uno debería proceder naturalmente de los principios físicos fundamentales obtenidos a través de la generalización de numerosos datos experimentales, relacionados con diferentes formas de materia, en lugar de los hechos experimentales particulares (por ejemplo, la luz y el movimiento de cuerpos de prueba).

El espacio Minkowski tiene un profundo significado físico, ya que define las propiedades universales de la materia, como la energía, el impulso y el impulso angular" (Logunov y Mestvirishvili, 1989).

Sin embargo, resuelto el problema de Einstein en la teoría Entwurf por Logunov no se resolvió ¿Qué es la gravedad? Al incorporar el principio de geometrización como causa secundaria si bien el gravitón como causa primaria que el autor ha separado puesto que el principio de geometrización correctamente se debe entender aplicado al vacío cuántico que se curva por su interacción gravitatoria con las grandes estructuras másicas del cosmos. Tampoco, se respondió ¿Qué es el espaciotiempo? Puesto que Logunov filosóficamente quedó atrapado en el dilema Sustancialista - Relacionista según su declaración:

"El espacio de Minkowski no puede considerarse como existente a priori porque refleja las propiedades de la materia y, por lo tanto, es indispensable desde allí. Aunque formalmente, solo debido a la independencia del espacio de las formas de la materia, a veces se trata de manera abstracta, olvidando la materia" (Logunov, 2002).

7. Espaciotiempo cuántico y gravedad cuántica.

Con el objetivo de unificar la Relatividad General con la teoría del campo cuántico [N:\[67\]](#) ha sido formulada la gravedad cuántica, que busca describir toda cosa [N:\[68\]](#) en el Universo en los términos del campo cuántico, aún, el Universo como un sistema cuántico [Pág 1, 49].

La gravedad cuántica está asociada con la escala de Planck puesto que sus efectos mecánico-cuánticos explícitos están confinados en ella. Esta escala, en mks, tiene como unidad de longitud $1,61 \cdot 10^{-35}$ de metro y como unidad de tiempo $5,36 \cdot 10^{-44}$ de segundo [Pág 58, 20] [N:\[69\]](#).

La gravedad cuántica, similar a la General Relatividad, posee una descripción espacio-temporal pero a cambio de la causalidad (determinismo total) obedece a relaciones de indeterminación [Pág 368, 50]. Estas fueron introducidas, en 1927, por Werner Heisenberg, como una ley básica de toda la física en la escala de Planck, en la cual los valores de parámetros, que representan natural y estructuralmente lo estático y lo dinámico (canónicamente conjugados), cumplen que su producto es igual o mayor que la constante h de Planck, que es el “quantum de acción”. Estos parámetros son pares, compuestos de un término que indica una localización espacial o temporal, y de otro término que indica un estado dinámico o energético, y cuyo producto tiene la dimensión física de la “acción”. Esta es definida como una longitud, esto es, una extensión espacial, multiplicada por el impulso, por lo cual representa un estado dinámico. Por otra parte, la dimensión física de la “acción” se define como el producto de un intervalo de tiempo y el correspondiente valor de energía. [Pág 369, 50]. Así, la física cuántica abarca los dos aspectos en una unidad inseparable: lo estático (la localización en el espacio) y lo dinámico (el movimiento espacio-temporal). Por lo tanto, existe una vinculación entre los parámetros de localizaciones espacio-temporales y los parámetros dinámico-energéticos (impulso y estados de energía), de modo que cuanto más se acentúa un término de las relaciones, tanto más se diluye el otro término, complementario al primero, y viceversa [Pág 374, 50].

La teoría cuántica no discute al principio de la determinación real, por leyes y causas, sino la descripción espacio-temporal que deja de ser determinista. Según Heisenberg, no se trata de una “crisis de la causalidad”, sino que ésta se reemplaza, por un “esquema matemático no espacio-temporal”. La consecuencia es que, la determinación deja de ser un determinismo total y universal [Pág 370-371, 50]. Por otra parte, aunque, se conocieran todos los datos de un estado actual del mundo, lo que no es posible, por las relaciones de incertidumbre de Heisenberg, sin embargo, los estados futuros no podrían calcularse como hechos determinados, sino tan sólo como tendencias con mayor o menor probabilidad. Por lo cual, se introduce en la dimensión del tiempo la distinción clara entre futuro y pasado, que no existía en la física clásica: el futuro es el tiempo del porvenir, de las

posibilidades y probabilidades que se pueden modificar y alterar todavía; mientras que el pasado es el pretérito, tiempo de los hechos consumados y determinados ya definitivamente [Pág 380-381, 50] [N:\[70\]](#). De otra parte, mientras que el presentismo es incompatible con la Relatividad Especial y la General, no lo es con la Gravedad Cuántica, siempre que ésta se base en un fondo fijo, lo cual ocurre en algunas de sus teorías [Pág 1, 52] y se conciba el Universo como tridimensional, aunque, cambiante en el tiempo, consecuencia de que el cambio es un aspecto fundamental de la realidad [Pág 2, 52].

Actualmente, en la física cuántica, la gran mayoría de los físicos siguen la línea de la Escuela de Copenhague, cuyos representantes principales son Niels Bohr y Werner Heisenberg. La base experimental es la doble naturaleza de la luz y de la materia. Es decir, tanto el campo electromagnético como el campo material se manifiestan en dos aspectos o formas diferentes e irreductibles: el aspecto ondulatorio y el aspecto corpuscular [Pág 377-378, 50].

En lo que concierne a la gravedad cuántica su objetivo fundamental es unificar la Física Cuántica (Mecánica Cuántica-Relatividad Especial) con la Relatividad General [Pág 1, 53], mediante la descripción de la interacción gravitatoria de la energía-materia bajo la Teoría Cuántica de Campos Relativística (TCCR).

TCCR cubre el dominio entre las escalas del átomo y Planck y se basa en el Modelo Estándar que presenta las partículas que componen la energía-materia y las fuerzas, mediante las cuales se producen las interacciones y se dan los procesos fundamentales de la naturaleza.

Las partículas del Modelo Estándar se asumen como puntos (0 dimensionales) con espín, en un espaciotiempo tetradimensional. Las partículas con el tiempo se mueven en el espacio a lo largo de las líneas del Mundo [Pág 1, 54] [N:\[71\]](#).

TCCR explica la materia a partir de los fermiones, que son partículas detectables, dotadas con masa, tienen espín fraccionario y están sujetas al principio de exclusión. TCCR explica la energía y las interacciones no gravitatorias de la energía-materia, o sea, las fuerzas electromagnética, débil y fuerte, a partir de los bosones y gluones; los cuales tienen espín entero, carecen de masa y están sujetos al principio de superposición; se exceptúan W^+ , W^- y Z^0 , de la fuerza débil, que poseen masa. La diferencia entre energía y fuerzas es que las partículas de la energía son detectables (partículas reales) mientras que las partículas de las fuerzas son indetectables (partículas virtuales) [N:\[72\]](#).

La gravedad cuántica explica la interacción gravitatoria de la energía-materia a partir del gravitón virtual, partícula indetectable sin masa, tiene espín 2 y está sujeta al principio de superposición, también, conlleva la cuantización del espaciotiempo. Por lo tanto, en la gravedad cuántica, el espaciotiempo se asume de naturaleza discreta, constituido por cuantos [N:\[73\]](#).

En la gravedad cuántica la definición, de la General Relatividad, de evento como un punto en la variedad tetradimensional carece de sentido, de tal manera, el evento sería un objeto extendido sin estructura (campo) [Pág 53, 58].

En la gravedad cuántica surgió el término del tejido del espaciotiempo que hace carrera por supuestamente dar por resuelta la naturaleza del mismo. Entre otras teorías, en la de bucles de Abhay Ashtekar (Instituto de Física Gravitacional y Geometría, Univ. Estatal de Pensilvania, 1985) y otros formularon el tejido del espaciotiempo “como una red de enlaces que portan información cuántica sobre las áreas y los volúmenes. Estos enlaces pueden cerrarse sobre sí mismos formando bucles (que no tienen nada que ver con las “cuerdas” de la teoría de cuerdas). Los bucles son cuánticos y definen una unidad mínima de área (la unidad de área en la escala de Planck) de forma similar a como la mecánica cuántica aplicada a un átomo de hidrógeno define un estado de energía mínima para su electrón. Esta unidad de área no se puede curvar demasiado con lo que no se pueden producir singularidades en curvatura como las que predice la gravedad de Einstein en el interior de los agujeros negros o en el Big Bang” (Francis, 2013). Rafael Sorkin (Perimeter Institute, Waterloo, Canada, 1987) y otros plantearon los conjuntos casuales los que “son puntos matemáticos conectados por enlaces causales, que conectan pasado con futuro” (Francis, 2013).

7.1. Hechos cuánticos sobre el vacío y el movimiento establecidos con base experimental.

Las características y propiedades del espaciotiempo en la escala cuántica están estrechamente vinculadas con la física del vacío cuántico que está lleno de campos de todo tipo, libres de sus fuentes, que se comportan como colecciones infinitas de osciladores armónicos en estado fundamental, que es el de más baja energía, pero, debido al principio de incertidumbre fluctúan aleatoriamente [Pág 62-63, 20] [N:\[74\]](#).

El vacío cuántico es el estado mínimo posible de la energía de un campo determinado. También, la de campos superpuestos. Compuesto de partículas virtuales y ausente de partículas reales [N:\[75\]](#).

En ausencia de todo campo gravitatorio, en promedio la energía de un determinado campo (generalmente se considera el campo electromagnético) es cero, sin embargo, el campo posee una energía residual que se conoce como energía del punto cero (ZPF) [N:\[76\]](#).

La teoría cuántica de campos posee dos formulaciones: Electrodinámica cuántica (QED), que trata de las interacciones entre los componentes de la materia (básicamente: electrones y positrones) y los fotones y Electrodinámica estocástica (SED), que se refiere a las interacciones entre las partícula elementales y el ZPE Estas teorías son explicaciones alternativas [N:\[77\]](#).

Además, del vacío de energía cero existe otro vacío que es el vacío de energía negativa, que se genera al eliminar las ondas electromagnéticas que aparecen en el interior de los marcos de referencia acelerados uniformemente o en los gravitatorios [Pág 62, 20], que son asumidos debido al principio de equivalencia entre el sistema acelerado uniforme y el sistema gravitatorio de la Relatividad General [N:\[78\]](#).

Como consecuencia, en el vacío cuántico vale el principio de relatividad del movimiento, pero no vale el principio de equivalencia entre un sistema inercial y otro acelerado uniforme, por tanto, un observador no puede determinar su velocidad por medio de las oscilaciones del vacío cuántico, es decir, no puede establecer el movimiento absoluto, pero si puede determinar si es inercial o acelerado, en función si aparecen o no ondas electromagnéticas [Pág 63, 20].

La gravedad no puede ser una propiedad de la curvatura del espaciotiempo, como lo sostiene la General Relatividad, que debido a la covarianza general de la misma, no pueden existir observadores privilegiados por lo cual el tensor total de energía-momento, T_{uv} , (incluida la contribución del campo gravitacional g) tiene que ser idénticamente nulo y asegura respecto de un observador la existencia de un balance energético entre el flujo asociado a la materia ϕ (contenido en T_{uv}) y el asociado al campo gravitacional g (contenido en $-(c^4/8\pi G)G_{uv}$) en forma tal que ambos flujos se cancelan [Pág 70, 65] [N:\[79\]](#).

7.2 Previsiones cuánticas acerca del espaciotiempo.

En la escala de Planck, la geometría del espaciotiempo estaría sometida a continuas fluctuaciones y sería borrosa la distinción entre pasado y presente [Pág 58, 20] [N:\[80\]](#).

El espaciotiempo adoptaría una estructura espumiforme puesto que se agita y espúmea como un océano turbulento [Pág 1, 67]. Por tanto, es posible que los eventos ocurran en un orden temporal distinto al presente que se niega cuando pasa a pasado y vuelve a negarse cuando va en dirección al futuro. Aquí no valdría el tiempo irreversible que va en una sola dirección y Boltzmann formuló como la flecha termodinámica del tiempo [N:\[81\]](#) con base en la segunda ley de la termodinámica, según la cual la entropía se incrementa en la dirección del futuro, no del pasado [Pág 58, 20] [N:\[82\]](#).

El espaciotiempo en el vacío cuántico, no es el plano de Minkowski, puesto que el vacío absoluto no existe, y la energía presente en la escala de Planck lo hace curvo intrínsecamente, es decir, en el no aparece el substrato geométrico de la estructura inercial [N:\[83\]](#). El espaciotiempo curvo intrínsecamente no produce partículas reales, aunque, si emisión y aniquilamiento de partículas virtuales [N:\[84\]](#). El vacío cuántico reúne partículas virtuales sin masa (como el vacío electromagnético, EV, compuesto de fotones virtuales), y partículas virtuales con masa (vacío de

partículas masivas, MPV, compuesto, por ejemplo, de W^+ , W^- , Z^0 . Así, el espaciotiempo de Minkowski es una aproximación delante del microcosmos. Aunque, se debe obtener una densidad de energía nula para el vacío típico, condición necesaria para que se muestre coherente con la Relatividad de Einstein [Pág 64, 20].

El espaciotiempo sujeto a campos de gravedad y, por lo tanto, en la escala de Planck, posee retracción con el vacío. Con la variación de la curvatura existe la probabilidad que el vacío se excite, o sea, el oscilador pase del estado fundamental a otro excitado, y aparezcan partículas reales aleatoriamente, cuya energía proviene del propio espaciotiempo, en proporción directa a la curvatura y a la rapidez con que su cambio ocurra [Pág 65, 20], lo cual convierte la curvatura, campo gravitacional, en un objeto cuántico, es decir, que se cuantifica en gravitones reales (campo gravitacional dinámico), igual el espaciotiempo, aunque rigurosamente éste se cuantifica en cuantos de espaciotiempo, con lo cual el campo gravitacional y el espaciotiempo pasan a constituir dos realidades una física y la otra geométrica distintas [N:\[85\]](#).

Si el espaciotiempo se cuantifica deja de ser el continuo de la General Relatividad. Y el efecto cuántico del campo gravitacional, deja de ser una propiedad geométrica de la curvatura del espaciotiempo y pasa a ser material. Esta contradicción se disuelve si el espaciotiempo se cuantifica en el gravitón virtual siempre que éste fuera un objeto geométrico. Esta es la estrategia de unificación que, en la actualidad, se sigue de las fuerzas del Modelo Estándar y la gravedad en la escala cuántica.

7.3. Las teorías cuánticas sobre la gravedad.

Las dos principales teorías de gravedad cuántica existentes son: Superstring M, la mayormente aceptada, y Loop quantum gravity (LQG). En estas teorías las partículas del Modelo Estándar dejan de ser puntos y se reemplazan por nodos vibrantes de naturaleza geométrica, puesto que estas teorías son ampliamente reconocidas como geométricas [N:\[86\]](#).

Estas teorías de la gravedad cuántica mantienen la disputa entre Substancialismo y Relacionismo. Superstring M es substancialita mientras que Loop quantum gravity es relacionalita [N:\[87\]](#).

Aunque, superstring M se ha buscado formularla como relacionista sus bases son claramente substancialitas. "La idea es que la teoría M, si existe, sería independiente de fondo y tendría todas las diferentes teorías de cuerdas dependientes de fondo como diferentes soluciones." [N:\[88\]](#) [Pág 6, 8]. Y, no obstante que M ha podido incluir el espacio métrico dinámico no por eso deja de considerarse substancialita puesto que con el Substancialismo sofisticado la

independencia de fondo ya no es una característica única del Relacionismo, aunque éste no admite la dependencia de fondo.

A pesar del favoritismo de que goza la teoría M, con el descubrimiento, en 1998, de la existencia de la energía oscura es Loop Quantum Gravity la que la incorpora bien mientras M no [N:\[89\]](#).

7.3.1. La teoría M.

M conserva, en las escalas superiores que la de Planck, el espaciotiempo (M, g_{uv}) de la General Relatividad, aunque, cuantizado y el evento vuelto un objeto extendido (campo) sin estructura.

En la teoría M, el espaciotiempo (M, g_{uv}) constituye el "brane", el cual es un objeto geométrico discontinuo, de 3 dimensiones espaciales y 1 del tiempo. El "brane" estaría incrustado en el "bulk", que es un espacio extra, que en la Relatividad General no existe, de d dimensiones (seis o siete dimensiones). El "bulk" existe en la escala de Planck y no es accesible.

El espacio métrico del "brane" fue inicialmente el estático de Minkowski de la Relatividad Especial (η_{ij}) y en la actualidad es el dinámico de la Relatividad General (g_{uv}) , por tanto, independiente de fondo, en el sentido geométrico.

A diferencia de la General Relatividad, que tiene un único "brane", en M pueden ser existir varios "branes".

M, con base en la teoría de cuerdas, "todas las partículas y fuerzas surgen de las vibraciones de los objetos extendidos. Estos incluyen objetos unidimensionales (de ahí el nombre "strings") [Pág 4, 8]. Una cuerda es un pequeño lazo de irregularidad discreta del "brane", un pequeño defecto discreto en el espaciotiempo que forma una cuerda. Ésta se encuentra bajo tensión y vibra, igual que una cuerda ordinaria, en un número infinito de modos" [Pág 1, 54] [N:\[90\]](#).

M reemplaza las partículas del Modelo Estándar por las vibraciones de las cuerdas abiertas que sólo se pueden propagar en el "brane". Únicamente las vibraciones de las cuerdas cerradas (gravitón) se propagan en el "brane" y en el "bulk".

Las partículas bosónicas son distintos modos de vibración de las cuerdas abiertas. Estos modos de vibración son caracterizados por varios números cuánticos tales como masa, espín etc.

La interacción gravitatoria es causada por los modos de vibrar, de las cuerdas cerradas, que corresponden al gravitón virtual, el cual transporta la fuerza de gravedad.

Para incluir la totalidad de las partículas fermiones-bosones se requiere de la supersimetría, la cual es la simetría que puede intercambiar partículas con espín semi entero, como electrones y quarks, con partículas de espín entero, como fotones, gravitones y partículas W [Pág 1, 73] [N:\[91\]](#).

Las partículas del Modelo Estándar (por ser excitaciones de cuerdas abiertas) existirían confinadas en la superficie de los "branes" mientras que el gravitón (por ser excitaciones de cuerdas cerradas) sería la única que también existiría en el "bulk". El hecho de que el gravitón se esparce, también, en el "bulk" sería la causa de la debilidad de la fuerza de gravedad [N:\[92\]](#).

M es una teoría que explica el origen de las cuerdas y unifica las cinco teorías de supercuerdas existentes, que son "dependientes de fondo", y están basadas en distintas simetrías, con nombres como $E(8) \times E(8)$ y $O(32)$ [Pág 1, 73].

Las cinco teorías de supercuerdas (tipo I, tipo IIA, tipo IIB, HE y HO) son diferentes aspectos de M, definidos como sus diferentes límites en 10 dimensiones, puesto que estas cinco teorías son equivalentes. "La teoría M se describe a bajas energías mediante una teoría llamada supergravedad de 11 dimensiones" [Pág 7, 74].

M al explicar la energía-materia a partir del espaciotiempo y al ser éste geométrico implica que el origen de la energía-materia, es geométrico.

M ha dado lugar a varias propuestas de "braneworlds" en función del número de las "branes" y de la estructura del "brane" como por, ejemplo, el dos "brane" que sería: un "brane" incrustado a cada extremo del "bulk", con lo cual se duplica (M, g_{uv}) de la General Relatividad. Este modelo tiene bastante aceptación. Los "braneworlds" propuestos buscan ofrecer la mejor explicación del Universo observado, bajo la perspectiva de una teoría geométrica del todo y de la totalidad de los fenómenos físicos cosmológicos conocidos (Big-Bang, agujeros negros, materia y energía oscura, etc.).

La teoría de cuerdas ha conducido a la formulación que aún cuenta con muy escasa credibilidad y es, más bien, considerada ficción de los Universos paralelos y múltiples.

7.3.2. La teoría "Loop quantum gravity".

LQG elimina g_{uv} de (M, g_{uv}) de la General Relatividad. Por lo tanto, queda la variedad (M) desprovista del espacio métrico de fondo, con lo cual el espaciotiempo cuántico está en el nivel fundamental [N:\[93\]](#).

LQG asume el espaciotiempo, la variedad (M) , de composición discreta, puesto que "existe un tamaño de volumen mínimo elemental, (unos 10^{-35} m) y un "paso de tiempo mínimo elemental (unos 10^{-43} s)" [Pág 7, 77] [N:\[94\]](#).

Por lo tanto, en LQG la textura del espaciotiempo es "una red de unos elementos mínimos llamados espines (spins)" [Pág 7, 77], bucles unidimensionales, o preones con longitud y anchura [N:\[95\]](#). Las partículas pasan a ser estados "de estos espines, no siendo algo diferente del propio espacio" [Pág 7, 77], sin que se necesite de la

supersimetría o de las dimensiones extras, aunque, de requerirse éstas pueden incorporarse [N:\[96\]](#).

La geometría de la red es de trenzado que está definida por grafos que son conexiones entre vértices y aristas de los espines, y evolucionan a nuevas estructuras. “Por otra parte, como las conexiones en un grafo pueden ser muy complicadas, dependiendo del tipo de lazos que se construyen entre las aristas que unen dos vértices, esta diversidad de lazos da lugar a las diferentes familias de partículas elementales” [Pág 1, 79]. “Los lazos se anudan juntos con la formación de bordes, superficies y vértices, al igual que las pompas de jabón ensamblándose juntas. Es decir, el espaciotiempo mismo está cuantificado. El dividir un lazo, si se logra, forma dos lazos, cada uno con el tamaño original.” [Pág 1, 79]. Así las partículas son las trenzas enredadas de diferente manera en el espaciotiempo, que sería entonces la fuente de la energía y la materia. Y como el espaciotiempo es geométrico entonces la energía-materia es, en primera instancia, geometría.

Sin embargo, debido a que la red cambia en todo lugar en cada instante, se requiere de una estructura-mecanismo de superposición cuántica que le dé persistencia a las partículas. Este sería análogo al “qubit [N:\[97\]](#)”, el cual en el mismo instante puede estar en dos estados. En LQG cada cuanto de espacio es reemplazado por algo análogo a un “qubit”. Los cálculos demuestran que la resistencia del “qubit” preservaría las trenzas cuánticas en el espaciotiempo, y explica cómo las partículas pueden tener un tiempo de vida muy largo en medio de la turbulencia cuántica [Pág 1, 79].

LQG es una teoría “independiente de fondo” [Pág 5, 8] y Carlos Rovelli introductoramente ha reformulado la mecánica cuántica, desde la perspectiva relacional [Pág 3, 41] [N:\[98\]](#). En efecto, en LQG, con la inclusión de la invariancia del difeomorfismo, se ha adoptado la noción relacional del espaciotiempo en la teoría Relativística Cuántica de Campos [N:\[99\]](#).

LQG, desde 1998, ha adquirido relevancia por poder incorporar la energía oscura, de reciente descubrimiento [N:\[100\]](#).

Notas

[N:\[67\]](#) Unificación de la Relatividad Especial con la Mecánica cuántica.

[N:\[68\]](#) Todos los bosones transportadores de las fuerzas débil, fuerte, gravitatoria, y electromagnética.

[N:\[69\]](#) “Las unidades de Planck deben representar la escala física de las cosas relevantes para una teoría de la gravedad cuántica, o en qué procesos relevantes para dicha teoría ocurren” [Pág 4, 51].

[N:\[70\]](#) La ley de la entropía, el segundo principio de la termodinámica, conocido antes que la teoría cuántica, va en la misma dirección. [Pág 381, 50].

[N:\[71\]](#) Realmente, las partículas con masa en reposo poseen volumen y, por tanto, son tridimensionales como se comprobó con la primera fotografía lograda del electrón y publicada en Nature. Jonathan Underwood, un físico, respecto de la técnica usada, dijo "permite a los físicos grabar una imagen tridimensional de los orbitales de los electrones en las moléculas" [Pág 1, 55]. "Cuantificar campos conduce a una descripción arbitraria de muchas partículas, bosones o fermiones idénticos (en tres dimensiones espaciales). [Pág 6, 56]. Por lo tanto, el Modelo Estándar es una simplificación de la realidad. Y "La teoría de campo cuántico relativista es un esquema matemático para describir las partículas y fuerzas subatómicas" [Pág 2, 57].

[N:\[72\]](#) El autor encuentra débil TCCR respecto al gluon que debería tener un gran alcance puesto que carece de masa y los bosones al contar con masa están sujetos al principio de exclusión y así no deberían actuar como los cuantos de la fuerza débil.

[N:\[73\]](#) "En la escala de Planck. El aspecto más sorprendente de esta imagen es que, en esa escala, el espacio no es continuo, sino que está formado por elementos discretos. Hay una unidad de espacio más pequeña: su volumen mínimo viene dado aproximadamente por el cubo de la longitud de Planck" [Pág 3, 51].

[N:\[74\]](#) "El vacío no está vacío. El estado de vacío, definido como el estado fundamental del sistema, está vivo con las oscilaciones de todas las partículas virtuales del Universo" "Cuando se deja sin perturbar, el sistema en su estado fundamental muestra signos de vida; El estado de vacío sigue siendo el estado de vacío. Sin embargo, cada perturbación produce excitaciones del sistema" [Pág 1, 59]. "El vacío cuántico puede considerarse en ciertas circunstancias como un tipo de medio fluido, o éter, que exhibe densidad de energía, presión, tensión y fricción. Se puede pensar que la fricción al vacío es responsable de la creación espontánea de partículas a partir del estado de vacío cuando el sistema no es estacionario" [Pág 1, 60].

[N:\[75\]](#) "De la misma manera que en la mecánica cuántica es imposible que una partícula tenga valores cero tanto de la coordenada como del momento, también en la teoría del campo cuántico es imposible encontrar un estado en el que no existan simultáneamente fotones y sin campo electromagnético cuantificado (fotones virtuales) o electrones y sin corriente de positrones de electrones. Nunca hay un estado de vacío verdaderamente "vacío" [Pág 10, 16]. "El espacio vacío ha sido reemplazado por el de un estado de vacío, definido como el estado fundamental (densidad de energía más baja) de una colección de campos cuánticos" [Pág 1, 81].

[N:\[76\]](#) "Una característica mecánica cuántica peculiar y verdadera de los campos cuánticos es que exhiben fluctuaciones de punto cero en todas partes en el espacio, incluso en regiones que de otra manera están 'vacías' (es decir, desprovistas de

materia y radiación)" [Pág 1, 61]. "Este campo electromagnético, que siempre está presente incluso si no hay materia o partículas cargadas y la temperatura es de cero absoluto, representa el estado más bajo del campo electromagnético". "El campo de punto cero es el estado fundamental del campo electromagnético" "A veces, el campo de punto cero, ZPE, se describe como consistente en fotones virtuales o de vida muy corta" "La presencia de fluctuaciones de punto cero se ha verificado experimentalmente con mediciones muy precisas del desplazamiento de Lamb, otros cambios de energía atómica, el momento magnético del electrón y la fuerza de Casimir" [Pág 1, 62].

[N:\[77\]](#) "El enfoque QED se originó con la primera teoría de Planck en 1901 en la que hizo una suposición. Esta suposición era que los osciladores de partículas puntuales cargadas tenían energía que venía en unidades discontinuas. No había una razón física para hacerlo, pero la suposición dio resultados que coincidieron con el experimento". "Planck publicó su segunda teoría en 1911. Esta logró exactamente los mismos resultados que la primera teoría, pero había una razón física para estos resultados: la existencia de la Energía de Punto Cero (ZPE), que Mulliken estableció experimentalmente 1925. El ZPE fue por lo tanto la causa raíz de los fenómenos cuánticos. Históricamente, sabemos que los físicos que siguieron el segundo artículo de Planck desarrollaron el enfoque SED". "Por lo tanto, el ZPE es una parte integral de la física QED y SED. Por el momento, sigamos la física SED que considera que el vacío a nivel atómico o subatómico contiene inherentemente el mar turbulento de campos u ondas electromagnéticos fluctuantes al azar del ZPE. Estas ondas existen en todas las longitudes de onda más largas que el corte de longitud de Planck, el vacío mismo se rompe y se vuelve granular". [Pág 7, 63]. "QED requiere que el vacío se llene con pares de partículas virtuales que entran y desaparecen como una especie de espuma cuántica. De hecho, los fotones virtuales también aparecen y desaparecen cuando son emitidos y luego absorbidos por varios procesos de partículas. El enfoque QED asigna gran parte de la densidad de energía de vacío a estas partículas virtuales. Debido a esta actividad incesante a escala atómica, el vacío ha sido descrito como un "mar de actividad hirviente" o "el vacío hirviente". El enfoque SED inevitablemente requiere que también existan partículas virtuales." [Pág 11, 63].

[N:\[78\]](#) "Haisch, Rueda y Puthoff (1994) argumentaron que los componentes elementales de la materia, como los electrones y los quarks, al acelerar a través del campo electromagnético de punto cero, experimentan una fuerza de tipo Lorentz. Esta fuerza actúa contra la aceleración" [Pág 5, 64].

[N:\[79\]](#) "Rueda y Haisch (1998) reiteraron que la inercia es un tipo de arrastre electromagnético que afecta a las partículas cargadas que experimentan aceleración a través de la ZPE (electromagnética), y lo conectó nuevamente a la

existencia de una fuerza similar a la gravedad como se imaginó originalmente Sakharov (1968)” [Pág 8, 64].

[N:\[80\]](#) “Se requiere reversibilidad en el tiempo si deseamos ver que se conserva una norma de principio de superposición cuántica de todos los estados” [Pág 2, 66]. Sin embargo, en los agujeros negros: "A primera vista hacen imposible la reversibilidad del tiempo” [Pág 2, 66].

[N:\[81\]](#) Antes Eddington había usado el término de flecha para caracterizar la direccionalidad del tiempo.

[N:\[82\]](#) La experiencia establece que nunca, en sistemas aislados, de manera espontánea, la entropía disminuye (el sistema pasa a tener menor desorden), lo cual no es porque teóricamente no sea posible puesto que todas las ecuaciones físicas, dentro de la física clásica, son simétricas respecto del tiempo sino porque en la realidad es altamente improbable. Por otra parte, la cosmología basada en el principio del Big-Bang establece que el Universo se encuentra en expansión que determina la “flecha cosmológica del tiempo”. Este principio de flecha del tiempo vale para la materia cuyas partículas constitutivas están sujetas a la exclusión mientras que en la energía y en las fuerzas no puesto que están sujetas a la superposición.

[N:\[83\]](#) Como consecuencia, el autor deduce el modelo (T, M, g). Tal curvatura intrínseca carecería en los términos del macrocosmos de importancia y es distinta a la curvatura del espaciotiempo generada extrínsecamente por la masa-energía de los cuerpos de acuerdo con el modelo (M, g, T) que corresponde al Macrocosmos.

[N:\[84\]](#) “El vacío cuántico consiste en partículas virtuales que aparecen y desaparecen al azar en el espacio libre” "El vacío cuántico es una colección siempre cambiante de partículas virtuales que desaparecen después de su corta vida para ser reemplazadas por nuevas partículas virtuales que sufren el mismo destino, el proceso continúa hasta el infinito” [Pág 1, 68].

[N:\[85\]](#) “Si el campo no es estacionario, esto cambia drásticamente la física descrita anteriormente, en particular los cambios rápidos en el campo externo (o límite) pueden conducir al importante fenómeno de producción de partículas desde el vacío cuántico. La variación en el tiempo del campo externo perturba los modos de punto cero del vacío e impulsa la producción de partículas. Estos se producen genéricamente en pares debido a la conservación del momento y también de otros números cuánticos (por ejemplo, en el caso de la producción de fermiones, los pares en realidad serán pares de partículas antipartículas)” [Pág 21, 16].

[N:\[86\]](#) “El primer camino es el camino de la teoría de cuerdas, que busca el progreso a través de los conceptos geométricos de cadenas, membranas, espacio-métricas decadentales y endecadimensionales, etc. [Pág 42, 69]. "La teoría de la cuerda no encuentra fallas en su carácter completamente geométrico" [Pág 44, 69]. El

segundo camino es el camino de la gravedad cuántica de bucles, que busca el progreso a través de los conceptos geométricos de bucles del espacio, redes de espiras, espumas de espín, etc.” [Pág 43, 69]. "Gravedad cuántica de bucle como una teoría cuántica directa de la geometría” [Pág 45, 69].

[N:\[87\]](#) “ Gran parte de la discusión entre los teóricos de cuerdas y bucles es una continuación de este debate” [Pág 5, 8].

[N:\[88\]](#) “ Muchos teóricos de cuerdas ahora dicen que el principal problema en la teoría de cuerdas es encontrar la teoría M y darle a la teoría de cuerdas una forma independiente de fondo. Pero lo curioso es que no muchos teóricos de cuerdas han intentado trabajar en este problema. El problema es que toda su intuición y herramientas se basan en teorías dependientes de los antecedentes” [Pág 6, 8].

[N:\[89\]](#) “La mayor parte de la energía en el universo está en una forma que Einstein llamó la constante cosmológica. La constante cosmológica puede interpretarse como una indicación de que el espacio vacío tiene una cierta densidad de energía intrínseca. Es algo difícil de creer, pero los datos cosmológicos ahora no pueden explicarse de manera convincente a menos que uno suponga que la mayor parte de la energía del universo está en esta forma. El problema es que la teoría de cuerdas parece ser incompatible con un mundo en el que una constante cosmológica tiene un signo positivo, que es lo que indican las observaciones. Este es un problema que los teóricos de cuerdas piensan y se preocupan mucho. Son personas ingeniosas, y tal vez lo resuelvan; pero tal como están las cosas en este momento, la teoría de cuerdas parece ser incompatible con esa observación” [Pág 6, 8].

[N:\[90\]](#) “Las cuerdas pueden ser abiertas o cerradas, y tienen una tensión característica y, por lo tanto, un espectro vibratorio” [Pág 1, 70]. "A medida que la cuerda se mueve a través del tiempo, traza un tubo o una lámina, según esté cerrada o abierta” [Pág 1, 71].

[N:\[91\]](#) “En orden para incluir fermiones en la teoría de cuerdas, debe haber un tipo especial de simetría llamada supersimetría, lo que significa que para cada bosón hay un fermión correspondiente. Entonces, la supersimetría relaciona las partículas que transmiten fuerzas a las partículas que forman la materia” [Pág 1, 72]. “mejora las simetrías del modelo estándar: la supersimetría. Esta simetría, que pone fermiones y bosones en múltiplos simples” [Pág 65, 57]. “Estas simetrías unen partículas que generalmente se consideran constituyentes de la materia (como quarks y electrones) con los cuantos de fuerzas (como fotones y gluones)” [Pág 5, 8].

[N:\[92\]](#) El universo observable podría ser una superficie $1 + 3$ (la "membrana") incrustada en un espaciotiempo dimensional $1 + 3 + d$ (la "masa"), con partículas y campos del Modelo Estándar atrapados en la membrana mientras la gravedad es libre de acceder al bulk.” [Pág 1, 75]. Las cadenas abiertas, que describen el sector

no gravitacional, se unen en sus puntos finales a las branas, mientras que las cadenas cerradas del sector gravitacional pueden moverse libremente en la masa. Clásicamente, esto se realiza a través de la localización de materia y campos de radiación en la brana, con la gravedad propagándose en el bulk". Entendemos la debilidad de la gravedad debido al hecho de que "se propaga" en dimensiones adicionales y solo una parte se siente en 4 dimensiones" [Pág 6, 75].

[N:\[93\]](#) "En la gravedad cuántica de bucles suponemos que la identificación entre el campo gravitacional y la estructura métrica-causal del espacio-tiempo se mantiene, y debe tenerse en cuenta, también en el régimen cuántico. Por lo tanto, no se realiza una división de la métrica y no hay una métrica de fondo en el espacio-tiempo. Todavía podemos describir el espacio-tiempo como una variedad (diferenciable) (un espacio sin estructura métrica), sobre el cual se definen los campos cuánticos. Una estructura métrica clásica se definirá por los valores esperados del operador de campo gravitacional. Por lo tanto, el problema de la gravedad cuántica es el problema de comprender qué es una teoría de campo cuántico en una variedad, a diferencia de la teoría de campo cuántico en un espacio métrico" [Pág 19, 76].

[N:\[94\]](#) "El espaciotiempo también resulta ser discreto, descrito por una estructura llamada espuma de spin" [Pág 4, 8].

[N:\[95\]](#) "Una red de enlaces abstractos que conecta estos volúmenes de espacio", "estos enlaces podrían curvarse sobre otros para formar estructuras similares a trenzas". "A cada instante, las fluctuaciones cuánticas arrugan la red de los enlaces del espaciotiempo, apretándolos en un revoltijo de subidas y bajadas. Estas estructuras son tan efímeras que duran aproximadamente 10^{-44} segundos antes de transformarse en una nueva configuración" [Pág 1, 78].

[N:\[96\]](#) "El espacio solo tiene tres dimensiones y no hay supersimetría" [Pág 5, 8]. "Si el mundo tiene dimensiones y supersimetría más altas, eso podría incorporarse a la gravedad cuántica de bucles" [Pág 5, 8].

[N:\[97\]](#) El "qubit", es un producto tecnológico informático, que constituye la unidad de almacenamiento, de la memoria física de los computadores cuánticos y puede estar a la vez en los dos estados binarios (0 y 1). El "qubit" reemplaza el "bit" de los computadores digitales, que sólo puede estar en un estado (0 u 1). "A qubit is a linear superposition of the logical states 0 and 1" [Pág 3, 80].

[N:\[98\]](#) "La invariancia (activa) del difeomorfismo de la General Relatividad: la expresión formal de la covarianza general de la teoría clásica, interpretada en Loop Quantum Gravity como una invariancia de gauge". "Debido a que la invariancia del difeomorfismo activo es un indicador, el contenido físico de la Relatividad General se expresa solo por esas cantidades, derivadas de las variables dinámicas básicas, que son totalmente independientes de los puntos de la variedad" (Rovelli, 2001)" [Pág 8, 30].

[N:\[99\]](#) “Para tomar en serio el principio de independencia de fondo de Einstein, uno debe generalizar la teoría cuántica. Una de esas generalizaciones que conduce a un candidato para una teoría de la gravedad cuántica es LQG. En LQG, en cada instante de tiempo, la geometría se concentra en una estructura unidimensional, llamada grafo, que puede ser arbitrariamente complicada. Un grafo es simplemente una red de una línea orientada unidimensional que se une en sus puntos finales para formar una especie de malla” [Pág 1, 38]. “Definimos estados cuánticos que corresponden a excitaciones en forma de bucle del campo gravitacional, pero luego, al factorizar la invariancia del difeomorfismo, la ubicación del bucle se vuelve irrelevante. La única información restante contenida en el bucle es su anudamiento (un nudo es un bucle). Por lo tanto, los estados físicos invariantes del difeomorfismo están etiquetados por nudos. Un nudo representa una excitación cuántica elemental del espacio. No está aquí o allá, ya que es el espacio con respecto al cual aquí y allá se pueden definir. Un estado de nudo es un cuanto elemental de espacio” [Pág 21, 76].

[N:\[100\]](#) “La gravedad cuántica de bucle incorpora una constante cosmológica positiva extremadamente bien” [Pág 6, 8].

8. Espaciotiempo una fase de la materia.

En la teoría ‘espaciotiempo-masa’ de Lizandro Reyna, Frank Ghassemi y Julian F. Sparrow de Sacred Earth University, presentada a la American Physical Society en Long Beach, California en abril, 2000, San Francisco (1989), Washington DC (1990), y Columbus, Ohio (1998), se sostiene que el espaciotiempo es realmente una fase de la materia, con un equivalente en masa, por lo tanto, representa una gigantesca cantidad de masa y gravitación. Así, toda la materia en el Universo flota en el fluido del espaciotiempo y, a la vez, la materia se está transformando en espaciotiempo [Pág 1, 81].

Esta teoría sostiene que la desintegración del protón y otras partículas elementales, sin que se haya podido detectar su transformación en energía y/o otras partículas, con lo cual se viola el principio de conservación del campo-materia, realmente se transforman en espaciotiempo [N:\[101\]](#).

Los autores de la teoría ‘espaciotiempo-masa’ plantean que debido a que el espacio vacío no existe, por lo tanto, el espacio y la masa (masa-energía) son lo mismo, lo cual es recíproco en cuanto la masa es espacio, pero, a la vez masa y espacio son distintos [N:\[102\]](#).

¿Cómo puede darse la contradicción de masa-espacio, simultáneamente lo mismo y diferente? Pues que, la teoría espaciotiempo-masa es substancialita, por lo tanto, es “dependiente de fondo”. Es decir, la respuesta está basada en otra contradicción el espacio vacío en cuanto espacio topológico [N:\[103\]](#), contenedor si existe.

El espaciotiempo contenedor está hecho de partículas geométricas curvas que sirven de continente de las partículas de la energía, fuerzas y materia [N:\[104\]](#). La especificidad de esta teoría, espaciotiempo-masa, radica en que las partículas geométricas son el estado más bajo de la existencia de las partículas con masa. En consecuencia, la masa-energía se transforma en partículas geométricas y viceversa. Y el espaciotiempo contenedor es una fase de la materia.

8.1. Notas

[N:\[101\]](#) “Como es bien sabido, los GUT son teorías que violan explícitamente la conservación del número bariónico, permitiendo la nueva posibilidad interesante de descomposición de protones. Según la teoría de Ghassemi, cuando el protón se descompone, se derrite en el espacio-tiempo” [Pág 1, 82].

[N:\[102\]](#) “Es imposible hablar de un espacio matemático vacío en física. De esta afirmación se debe inferir que masa y espacio deben ser lo mismo. Pero el espacio y el tiempo son inherentes a la Relatividad Especial, entonces tendríamos espaciotiempo-masa”. “En este paso, surge la pregunta, ¿cómo será el paso de espaciotiempo a masa y recíprocamente?” [Pág 1, 82].

[N:\[103\]](#) “Para responder a esta pregunta, es necesario dar cierta estructura al espaciotiempo y, por lo tanto, establezco la siguiente hipótesis: solo hay dos tipos de partículas elementales que son los bloques de construcción del espaciotiempo: el primero, cuya estructura topológica tiene una curvatura gaussiana positiva y el segundo cuya estructura topológica tiene una curvatura gaussiana negativa. De acuerdo con esto, a partir de tales bloques de construcción se debe hacer materia. Digamos, si tomamos un contenedor y eliminamos todo de su interior, cada átomo, cada fotón, habrá las partículas topológicas postuladas arriba. Si queremos eliminar tales partículas topológicas, será imposible ya que definen la estructura del espaciotiempo mismo. Solo será posible encoger o estirar mediante procesos de compactación o descompactificación. No hay espacios entre nuestras partículas topológicas, ya que se supone que es imposible hablar de un espacio matemático vacío en física” [Pág 1, 82].

[N:\[104\]](#) “Espaciotiempo (lleno de partículas topológicas) y partículas con masas virtuales y masas ordinarias todas ellas dentro de nuestro espacio - tiempo - masa” [Pág 1, 82]. “Las partículas topológicas a partir de las cuales se creará la materia llenan el espaciotiempo y deben ser los bloques de construcción del espaciotiempo” [Pág 1, 82].

9. Las dimensiones espaciotiempo intrínsecas del campo-materia.

El autor expone su propia visión sobre el campo-materia y el espaciotiempo basado en el conocimiento actual, sus diversos trabajos y en RTG de Logunov y su equipo de científicos.

El Universo es materia y campo [N:\[105\]](#) dinámicos. No obstante, campo-materia como categoría filosófica son Materia por ser objetivos en cuanto existen con independencia de la conciencia.

Campo-materia siempre existe en la estructura de onda-partícula. La materia con masa en reposo, sujeta al principio de exclusión y el campo sin masa en reposo, sujeta al principio de superposición. Sin embargo, el campo débil está constituido por bosones con masa en reposo; por lo tanto, este campo es de transición entre éstos.

La estructura de la energía-materia y el vacío está basada en el modelo estándar de partículas, aun en desarrollo, originado, entre 1970 y 1973, desde una teoría relativista de campos cuánticos, en el marco de las simetrías y de la unificación de las interacciones de las fuerzas débil, fuerte y electromagnética, quedando pendiente la gravitatoria, debido al carácter geométrico que le da la Relatividad General, aunque, tratando de incorporarla.

Materia y campos son las dos formas de la existencia material, entre las que existe transformabilidad, puesto que la materia puede devenir en campo y ha surgido de éste, excepto el campo métrico-geométrico de la gravedad, de la General Relatividad, por lo cual debemos rechazarlo y reemplazarlo por el campo gravitacional de la RTG, que como todos los demás campos es material, ya que posee impulso-energía y obedece a la ley fundamental de la naturaleza de la conservación del impulso-energía.

El campo gravitacional de la General Relatividad, difiere fundamentalmente de RTG, puesto que, no es una distribución de energía sino de métrica, ni trasmisor de la interacción gravitacional sino una curvatura del espaciotiempo, ni real sino geometrodinámico.

Por su parte, el autor difiere de RTG, que no obstante ser una teoría gauss, incluye el curvamiento del espaciotiempo, como una causa intrínseca de la gravedad, que ayudaría a explicar la mecánica celeste y demás fenómenos como la deflexión de la onda electromagnética, retardo de Shapiro, el efecto gravitacional de lentes, etc., de orden astronómico. El autor excluye totalmente el espaciotiempo como factor de gravedad. Para el autor, absolutamente todo ser material tiene espaciotiempo, ya que es su propiedad geométrica estructural intrínseca [Pág. 8-9, 112], [Pág. 2, 113], y debido a que es material, no se exceptúa el vacío. Entonces, el espaciotiempo del vacío interplanetario, interestelar, interclúster etc., se curva debido al hecho de que el vacío cuántico, cuando interactúa gravitacionalmente con las grandes estructuras cósmicas masivas, el vacío se curva, en tal magnitud que produce efectos en la mecánica celeste, que se manifiestan como efectos de la curvatura del espaciotiempo, falsamente asumido como existente en sí mismo [Pág. 9, 114], [Pág. 3, 115].

9.1. Materia.

La materia se caracteriza porque todas sus estructuras son agregaciones, organizadas en objetos discontinuos, de partículas fermiónicas, ósea, partículas con masa, que se puede medir en su estado de reposo relativo. Los fermiones están compuestos por:

- Los hadrones son partículas constituidas por las partículas elementales de seis tipos de quarks. Hay dos clases de hadrones: los bariones compuestos por tres quarks que son el protón con carga positiva y el neutrón sin carga. Y los mesones constituidos por un quark y un anti quark, por tanto, de brevísima existencia.
- Leptones son partículas elementales, que se diferencian por su masa, con carga negativa el electrón, muon y tauón. Y sin carga el neutrino electrón, neutrino muon y neutrino tauón.

Las estructuras más relevantes de la materia, en el nivel del microcosmos, son las partículas libres en regiones cuasi vacías, plasma, moléculas y condensación de Einstein-Bose. Dentro de la molecular las estructuras son: gas, líquido y sólido.

La materia tiene tres propiedades esenciales: espín, masa y carga. La materia tiene inercia, densidad, volumen, conductividad, puntos de transición de fase entre estados y de forma cuando deviene en campo. Los cambios de fase o de forma se producen sin cambios en identidad, ni en propiedades; por lo tanto, no se producen sustancias nuevas, salvo en las transformaciones nucleares, o sea, no químicas, en las cuales a partir de un elemento radiactivo pueden aparecer otros elementos.

Las partículas componentes de la materia usualmente se encuentran en movimiento mecánico, salvo en el 0 absoluto de Kelvin cuando permanecen en reposo. En todo caso, el movimiento ocurre en el espacio perteneciente de un estado o forma material, provisto por la naturaleza como medio del movimiento mecánico y, en general de su devenir. También, como cuerpos en las estructuras del macrocosmos.

Debido a que la materia posee volumen, por ejemplo, “el electrón es la esfera más perfecta del Universo, aunque también presenta una leve distorsión dada por su momento dipolar eléctrico” (Nature, 2011), su movimiento ocurre en el espaciotiempo, o sea, en cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) de un medio existente, que siempre que sea, un estado de la materia, implica desplazamientos de masas de agua o aire por parte del móvil macroscópico; el movimiento de las macroestructuras cósmicas de la materia como astros, galaxias, clúster, etc., ocurre en el vacío cuántico como espacio exterior y se produce arrastre de marco. Las partículas elementales se mueven en el vacío cuántico que puede ser el existente al interior de las estructuras fermiónicas, pero también en el vacío cuántico exterior.

9.2. Campo.

El campo cuántico es una distribución de energía, presente en cada posición puntual del espacio tridimensional del vacío como medio material continuo, es decir, donde la materia no existe, pero sí la superposición de campos, y dependiente o no del tiempo. Tal vacío puede ser dentro de las estructuras de la materia o del vacío interplanetario, interestelar, intergaláctico, en general, en el vacío exterior en el Universo.

El campo no dependiente del tiempo son los campos estáticos: en el electromagnetismo, el campo eléctrico y el magnético, y en la gravedad serían el campo gravitoelectrónico y el campo gravitomagnético (por analogía con el electromagnetismo). Mientras que el campo dependiente del tiempo, es el campo dinámico, por excelencia ondulatorio que, en el electromagnetismo, son las ondas electromagnéticas y, en la gravedad, serían las ondas gravitacionales. La diferencia consiste en que mientras el campo estático posee energía el campo dinámico la transporta a través de ondas.

Como el campo estático es continente es porque el campo posee espacio y como el campo dinámico está sujeto a propagación el campo posee espaciotiempo [N:\[106\]](#).

De acuerdo con la teoría cuántica, las formas materiales del campo más importantes son: gravitacional, electromagnético, débil y fuerte. A muy alta temperatura se unifica el electromagnético y débil en el electrodébil, lo que también debe ocurrir con el fuerte y gravitacional para resultar un único campo aun no logrado en laboratorio pero que en la máxima densidad de materia deberá ocurrir.

El campo se manifiesta por fuerzas de interacción sobre las partículas constitutivas de la materia, a través de partículas elementales con espín y sin masa ni carga eléctrica que son los bosones:

- Higgs que le da parte de la masa a los fermiones puesto el resto proviene de la energía principalmente de los gluones.
- gluones de la fuerza fuerte que se mantienen confinados con los quarks en los protones y neutrones y éstos en los núcleos atómicos. Pero, a muy alta temperatura se produce un plasma de quarks y gluones.
- bosones W^+ , W^- , Z^0 de la fuerza débil que producen procesos nucleares de desintegración. Estos son los únicos que poseen masa.
- fotones de la fuerza electromagnética.
- gravitones de la fuerza gravitacional de acuerdo con RTG.

En la teoría cuántica de la supergravedad, por simetría, se introducen los anti bosones como el gluino, fotino y gravitino.

Los fotones y gravitones pueden ser virtuales, por existir durante el lapso de incertidumbre, y no ser directamente detectables, en los campos estáticos o reales que son detectables, en los campos dinámicos y con el bosón de Higgs conforman el vacío cuántico exterior. En cambio, los gluones y bosones W^+ , W^- , Z^0 , sólo existen en el vacío cuántico interior en el átomo.

Los campos estáticos son 3-vectores en cada punto (x_1, x_2, x_3) de la región del espacio donde actúan como fuerzas de Lorentz. Así, en el campo eléctrico actúa la fuerza eléctrica y en el gravitatorio actúa la fuerza gravitacional.

El campo dinámico electromagnético por constituir la propagación, con velocidad c , invariante para todos los observadores inerciales, de la vibración del acoplamiento orto normal entre los planos de los campos eléctrico y magnético, originariamente definido en el espaciotiempo de Minkowsky de 4 dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) [N:\[107\]](#). Por su parte, la onda gravitacional, de acuerdo con RTG, se propagaría en la variedad espaciotiempo de Lorentz de 4 dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) como la propiedad geométrica estructural del vacío, que se curva como consecuencia de su interacción gravitatoria con las macro estructuras de la materia, en la escala astronómica (tesis del autor), que guarda identidad con el espaciotiempo pseudo euclídeo de Minkowski, puesto que “todos los fenómenos físicos se producen en el espaciotiempo, cuya geometría es pseudo euclidiana” (Logunov, 1989), y que mediante la introducción del tensor métrico $\gamma_{\mu\nu}(x)$ en el espacio de Minkowski, por lo tanto, en coordenadas arbitrarias, se introduce el campo gravitacional, como un campo físico, separando las fuerzas de inercia de la gravedad.

Los campos dinámicos pueden existir en varias fases que corresponden al espectro de sus longitudes de onda, por ejemplo, el campo electromagnético presenta los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio.

9.3. Vacío cuántico.

Todos los campos cuánticos, carentes de masa, superpuestos componen el vacío cuántico configurando el medio material que constituye la mayor parte del Universo, puesto que es, en primer lugar, vacío cuántico y, secundariamente, materia.

El vacío cuántico, como campo de Higgs, electromagnético y gravitacional, existe en el llamado espacio exterior, que los antiguos consideraron como un espacio absolutamente vacío, como la nada, visión que perdura aún en nuestros días, bajo la concepción errónea del espacio existente en sí mismo, fundamento de la escuela filosófica del Sustancialismo.

Los campos de fondo constitutivos del vacío cuántico que han sido establecidos son:

- El campo de ondas de microondas electromagnéticas cósmico (CMB) que sirve de fondo de todo el Universo [Pág 73, 98]. Este campo proviene de cuando el Universo tuvo 380000 años y estaba a unos 3000 grados K, en el período de la recombinación cuando los electrones y protones formaron átomos, se produjo la radiación electromagnética, o sea, “se hizo la luz”, y aparecieron inhomogeneidades, es decir, regiones de diferente densidad. En la foto prístina lograda, en 2013, por la sonda Planck, después de tres años de recolectar la radiación CMB, mediante la detección en 6 frecuencias, usadas para depurar la foto, ya que fue lanzada en el 2009, las regiones más vacías, son manchas rojas, por ser más calientes, mientras las más densas, también, las más frías, son manchas azules, que constituyeron los embriones de las macroestructuras como sistemas planetarios, galaxias y clúster del Universo actual con una temperatura de unos 2.7 grados k. Este temprano estado del Universo corresponde exactamente con el modelo de Mukhanov, de 1981, acerca del origen de las macro estructuras cósmicas desde el vacío cuántico.
- El campo escalar de Higgs que permea enteramente el Universo y dota de masa a las partículas fermiónicas, mediante su interacción con su bosón Higgs.
- Los campos que resultan de la desintegración de la materia [N:\[118\]](#).

El vacío cuántico, en el macrocosmos, constituye el espacio vacío entre los astros, donde la densidad es de 10^{-24} g/cm³, en las regiones del espacio extremadamente vacías con una densidad de 10^{-33} g/cm³ y en promedio en el Universo con una densidad de 10^{-30} g/cm³ (Marquardt, 1999). Por otra parte, en el microcosmos, los átomos son mayormente vacío cuántico representando más del 99,999 por ciento del volumen total, compuesto principalmente de gluones y campo electromagnético. Esto significa que los campos configurados como vacío cuántico, dominan de lejos la materia. Por lo tanto, la realidad material es principalmente vacío cuántico.

La expresión de la energía de la superposición de campos, que constituyen el vacío cuántico, es la energía del punto cero (ZPE). “Tanto la teoría como el experimento muestran que este vacío todavía contiene energía medible. Esta energía se llama energía de punto cero (ZPE) porque existe incluso en el cero absoluto de Kelvin. Se descubrió que el ZPE es un fenómeno universal, uniforme, omnipresente y que penetra en todas las estructuras atómicas del cosmos” [Pág 1, 63].

El vacío cuántico posee las tres dimensiones espaciales (x_1 , x_2 , x_3) y sus fluctuaciones y expansión ocurren en la dimensión temporal [N:\[119\]](#), o sea, posee las 4 dimensiones (x_1 , x_2 , x_3 , t). Por supuesto, la existencia 4-dimensional del vacío es prueba de que es, por el contrario de nada.

En 1916, Walther Nernst, basado en la teoría cuántica de campos y la ley de Planck para la radiación de un cuerpo negro, postuló que el vacío no está vacío, es decir, desprovisto de materia y radiación, pero es un medio que creía estaba lleno de

radiación, que contiene una gran cantidad de energía. Cerca de 1925, con los desarrollos en electrodinámica cuántica (QED), la densidad de energía del vacío adquirió credibilidad, ya que el campo electromagnético se trata como una colección de osciladores armónicos cuantificados, y al contrario de un oscilador armónico clásico, que puede estar completamente en reposo y energía cero, cada oscilador armónico cuantificado tiene energía de punto cero que no se desvanece (DeWitt, 1967). Ernst Pauli señaló sobre los efectos gravitacionales de tal energía de punto cero. En las ecuaciones de la General Relatividad, esta energía de vacío está representada por la constante cosmológica Λ , lo que implica un Universo en expansión. En 1927, Lemaitre construyó un modelo no estático del Universo con una constante cosmológica. En 1930, Paul Dirac consideró el vacío como un mar infinito de partículas con energía negativa. Durante esa década, modelos similares a Lemaitre se refirieron al llamado problema de la edad, pero las medidas más exactas de la constante de Hubble los anularon.

En 1948, se confirmó experimentalmente en los laboratorios de Philips, el efecto de la energía del vacío que descubrió Casimir teóricamente. La energía de Casimir es pura energía de vacío; las partículas reales no están involucradas, solo partículas virtuales (DeWitt, 1996). El efecto Casimir es una pequeña fuerza atractiva que actúa entre dos placas conductoras cerradas paralelas sin carga. Se debe a la fluctuación cuántica de vacío del campo electromagnético. Todos los campos, en particular los campos electromagnéticos, tienen fluctuaciones. Este efecto demuestra que el vacío no está realmente vacío. Está lleno de partículas virtuales, que están en un estado continuo de fluctuación. El par virtual partícula-antipartícula se crea a partir del vacío y se aniquila de nuevo al vacío durante el lapso de incertidumbre explicado por Heisenberg. Por lo tanto, estas partículas virtuales se crean en fluctuaciones de vacío cuántico, durante el cambio temporal en la cantidad de energía en un punto en el espacio del vacío. Los fotones virtuales son las partículas virtuales dominantes, pero también se producen otras partículas. Como el vacío es como una superposición de muchos estados diferentes de campo electromagnético, la creación y posterior absorción de un fotón por el vacío implica que el vacío fluctúa (Nguyen, 2003). Las partículas del modelo estándar incluyen un acoplamiento adicional de sus campos constituyentes a los campos de Higgs que juegan un papel crucial tanto en la construcción de la teoría de la generación de las masas de las partículas masivas. El bosón de Higgs fue confirmado experimentalmente por el CERN el 4 de julio de 2012.

En 1967, Zel'dovich calculó la contribución de las fluctuaciones cuánticas a la constante cosmológica, sin haberlo resuelto por qué las energías de punto cero de los campos no generan una gran constante cosmológica. Entonces, asumió que las energías de punto cero, así como las correcciones electromagnéticas de orden superior, se cancelan efectivamente a cero. En 1968, Zel'dovich denotó que las energías de partículas de punto cero no pueden ignorarse cuando se tiene en cuenta

la gravitación. A fines de la década de 1960, Petrosian, Salpeter y Szekeres reintrodujeron la constante cosmológica para explicar algunas observaciones peculiares de los cuásares que indican una expansión no convencional del Universo, pero los datos posteriores sobre los cuásares la anularon (Rugh y Zinkernagely, 2000).

A mediados de la década de 1970, Linde, Dreitlein y Veltman señalaron la conexión entre la cosmología y el mecanismo espontáneo de ruptura de simetría invocado en la teoría electrodébil. En 1977, Bludman y Ruderman argumentaron que la densidad de energía del vacío era muy grande en el momento de la ruptura de la simetría. Cerca de 1980, con el advenimiento de la cosmología inflacionaria, estimuló un mayor interés en la energía de vacío con efectos cosmológicos.

Actualmente, la energía estimada para el estado fundamental (el estado del vacío) a partir del Modelo Estándar de partículas es en los términos de las contribuciones individuales de cada partícula al vacío. Así, la densidad de energía de vacío recibe contribuciones de tanto las partículas fermiónicas como fuentes de campo, como de cualquier campo cuántico que pueda existir (DeWitt, 1967). Por lo tanto, de acuerdo con los supuestos generales de la física cuántica y la teoría de campos cuánticos, el vacío en el Universo es una colección de campos cuánticos, en especial ondas electromagnéticas de baja energía, aleatorias en fase y amplitud y propagándose en todas las direcciones posibles. En todas partes el espacio del vacío cuántico exhibe fluctuaciones del punto cero, incluso en regiones desprovistas de materia y radiación. Estas fluctuaciones del punto cero de los campos cuánticos, así como otros fenómenos de vacío de la teoría de campos cuánticos, dan lugar a una enorme densidad de energía de vacío que implica una enorme constante cosmológica, no en términos de Relatividad General sino desde la visión de la teoría cuántica, conocida como el problema de la constante cosmológica aún sin resolver (Rugh y Zinkernagely, 2000), (Oldershaw, 2009). “La teoría del campo cuántico y la Relatividad General tienen actitudes realmente diferentes hacia la densidad de energía del vacío. La razón es que la teoría del campo cuántico solo se preocupa por las diferencias de energía. Si solo puede medir las diferencias de energía, no puede determinar la densidad de energía del vacío, es solo una cuestión de convención. Hasta donde se sabe solo se puede determinar la densidad de energía del vacío mediante experimentos que involucran la General Relatividad, es decir, midiendo la curvatura del espaciotiempo” (Baez, 1999). Entonces, “la densidad de energía en la Relatividad General es muy cercana a cero, lo que es casi indiscutible, mientras que en la teoría del campo cuántico no se determina la respuesta más creíble” (Rafelski y Muller, 1985).

El estado del vacío existe, dentro de una región de su espacio, donde la energía más baja posible se puede alcanzar, dando las condiciones límite evolutivas del sistema físico. Pero puede corresponder a un mínimo local de energía, ya que

existen dos estados de vacío según su energía. Uno es el vacío verdadero, que es el mínimo más bajo en energía y el otro es el vacío falso que corresponde a uno de los otros mínimos. ¿Cuándo tiene la energía mínima más baja absoluta? ¿Acaso, tomando todos los estados? Si existen dos estados de vacío local de energía mínima separados por una barrera potencial, pueden permanecer casi un tiempo ilimitado, ya que no hay flujo entre ellos, pero si se activa la transición del vacío falso al vacío verdadero, entonces habría una explosión” (Rafelski y Muller, 1985).

En 1981, Gennady Chibisov y Viacheslav Fiódorovich Mukhanov, autores de la teoría del origen cuántico de la estructura del Universo, publicaron su descubrimiento teórico de que en el presente la estructura del Universo en la escala $\leq 10^{-27}$ cm son fluctuaciones cuánticas, que produjeron originalmente el espectro de inhomogeneidades, como las galaxias y sus cúmulos, en el Universo temprano (Chibisov y Mukhanov, Lebedev Physics Institute, 1981), cuando tenía 379000 años, y por primera vez debido a la formación de los átomos, al final de etapa de recombinación, se produjo radiación electromagnética, que hoy día constituye el fondo de microondas cósmico. Los numerosos experimentos, durante la era de la cosmología de alta precisión, caracterizados por el uso de los satélites COBE, en 1992, WMAP de la NASA, en 2003, y completados por la misión Planck, en 2013, midieron las fluctuaciones de temperatura del fondo de microondas cósmico. Esta radiación de fondo, CMB, fue descubierta experimentalmente por Penzias y Wilson en 1965. Las mediciones están muy de acuerdo con las predicciones de Chibisov y Mukhanov, por lo tanto, confirmadas definitivamente, que nos asegura que todo en nuestro Universo se originó a partir de fluctuaciones cuánticas. Las mediciones de CMB han demostrado con firmeza el origen cuántico de la estructura del Universo, independientemente de cualquier teoría alternativa a la inflación. Chibisov y Mukhanov, en el contexto del modelo de Alexei Starobinsky, mi presidente en el grupo DE1 A – B - C - Dark Energy and the Accelerating Universe, MG15, Roma, 2018, del “Landau Institute for Theoretical Physics”, de inflación eterna del Universo, es decir, el volumen del Universo a partir de un instante dado se infla, la expansión acelerada puede amplificar las perturbaciones cuánticas iniciales hasta los valores suficientes para explicar la estructura a gran escala del Universo. Unos años más tarde, Mukhanov desarrolló la teoría general de las perturbaciones inflacionarias, válida para una amplia clase de modelos inflacionarios, incluida la inflación caótica, pero con muy baja probabilidad para un Universo cíclico como el de Stephen Hawking y Roger Penrose, quien ve, en los puntos de Hawking de CMB, "el remanente final de un agujero negro que se evaporó en el eón anterior" (Penrose, 2018), como prueba de la existencia de un Universo anterior al actual, argumento no fuerte, puesto que cosmólogos expertos afirman se trata del efecto de la “curvatura de la luz al pasar cerca de un objeto masivo” (BBC News Mundo, 2018); otra cosa es el Universo cíclico oscilatorio de Logunov donde, debido al rebote, causado por la gravedad negativa, en el proceso

de contracción, sin llegar al “Big Crunch”, en que habría colapsado en una singularidad, puede existir un Universo inflacionario aunque no eterno; el modelo de rebote es defendido recientemente por Paul Steinhard (Der Spiegel, 2019), profesor de la cátedra “Albert Einstein” en la Universidad de Princeton. El enfoque de Mukhanov se ha convertido en el método estándar de investigación de las perturbaciones inflacionarias. Comienza con un recordatorio del enfoque newtoniano simple de la teoría de las perturbaciones de densidad en un Universo en expansión, luego extiende esta investigación a la General Relatividad, y termina con la teoría cuántica de la producción y la posterior evolución de las perturbaciones inflacionarias de la métrica" (Mukhanov, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2005), "Adoptando una perturbación del escalar de curvatura como una variable física" (Mukhanov y Chibisov, Lebedev Physics Institute, 1981]. En 2008, Mukhanov dijo: "G. Chibisov y yo tuvimos la suerte de descubrir que las fluctuaciones cuánticas podrían ser responsables de la estructura a gran escala del Universo, apenas pensamos que algún día sería posible verificar esta predicción experimentalmente. Escribimos un artículo donde derivamos el espectro de perturbaciones cosmológicas métricas generadas en una etapa de expansión acelerada de De Sitter (la palabra inflación no se había inventado en este momento) a partir de fluctuaciones cuánticas. El espectro resultó ser logarítmicamente dependiente de la escala. Nuestros resultados se obtuvieron para el primer modelo de inflación basado en la gravedad R^2 , que es conformalmente equivalente a un modelo con un campo escalar" Mukhanov, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2008]. De tal manera, el modelo de Mukhanov se puede clasificar dentro de las teorías escalar-tensor surgidas a partir de 1961 con Robert Dicke and Carl Brans y que son realmente alternativas de la Relatividad General como las teorías bimétricas y la RTG. A la presentación del descubrimiento, de Mukhanov, asistí a su conferencia magistral, en MG14, Roma, 2015.

Aunque, el modelo de Mukhanov de las fluctuaciones del vacío cuántico, sólo explica la aparición de las grandes estructuras a partir del tiempo en que ya había átomos, por tanto, materia, sería extensible al pasado, pero, las fluctuaciones como el cambio temporal en la cantidad de energía del punto cero, en el espacio del vacío cuántico, sujeta al principio de incertidumbre de Heisenberg. Mukhanov respecto a este tema ha manifestado, en entrevista telefónica concedida al periódico El País, de España, al ganar, junto con Hawking, el “Premio Fronteras del Conocimiento de Ciencias Básicas”, de la fundación BBVA: “Llegamos a la idea de que la misma física [cuántica] que es responsable de la estructura de la materia a escalas muy pequeñas, de los átomos, puede ser responsable también de la estructura a gran escala." (Mukhanov, 2016). Retrocediendo aún más en el Universo primigenio, que implica extraordinarias temperaturas, se tendrá el plasma de bosones y quarks y, aún más antes, en el propio umbral, en que el proceso de contracción se invirtió, debido a la aparición de la fuerza gravitatoria negativa, de acuerdo con el modelo

de Universo oscilatorio de Logunov, se tendría sólo bosones, debido a que por el principio de superposición son los que podrían existir en el estado de máxima densidad, que implica geoméricamente un espaciotiempo si bien no nulo, en consecuencia carente de singularidad, si próximo a dicho colapso, que nunca ocurre. Así, la materia en las estructuras de los quarks y posteriores hadrones y leptones, se habrían originado, también, desde fluctuaciones del vacío cuántico bosónico super denso [Pág 121, 98], que Mukhanov define como: “La mínima desviación del estado de reposo se llama fluctuación cuántica”. Por supuesto, el campo fue primero que la materia. Además, la masa de la materia equivale a la energía del campo, puesto que, $E=mc^2$. Es decir, materia y campo poseen unidad estructural y constituyen una misma cualidad de energía-masa, del campo-materia. Se diferencian en su densidad puesto que la materia es energía en extremo concentrada y el campo es energía con muy escasa densidad [Pág 208, 99]. La masa es energía, principalmente, cohesionada por la acción del campo de Higgs [Pág 1, 100], presente en el vacío como un componente de éste. El vacío cuántico, del que proviene la materia, de ninguna manera es nada, razón tuvo Aristóteles cuando dijo si el vacío fuera nada no existiría.

9.4. La dualidad partícula-onda.

En 1909, basado en la cuanta de radiación de Planck, Einstein formuló que la estructura del campo electromagnético era dual: fotón-onda electromagnética que, en 1923, fue comprobada por Arthur Compton y, en 1924, Louis de Broglie la extendió a la materia al proponer la dualidad electrón-onda, demostrada, en 1927, por Paget Thomson. Actualmente, la dualidad onda-partícula es un “concepto de la mecánica cuántica según el cual no hay diferencias fundamentales entre partículas y ondas: las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa” (Hawking, 2001).

Las partículas del campo y de la materia son duales. Estructuralmente constituyen la unidad partícula-onda [N:\[109\]](#). Como partículas tienen límites físicos definidos y poseen una posición determinada en el espacio y el tiempo del medio contenedor. Como ondas son entidades extendidas en el espacio y el tiempo, de un determinado medio, que se propagan en todas sus direcciones espaciales [N:\[110\]](#).

En el campo las partículas aparecen como excitaciones de las ondas, mientras que en la materia las ondas aparecen como excitaciones de las partículas [N:\[111\]](#).

“La naturaleza corpuscular de la radiación electromagnética se pone en evidencia cuando se estudia su interacción con la materia (emisión y absorción, efecto fotoeléctrico, efecto Compton, creación y aniquilación de pares, etc.). Por otra parte, su naturaleza ondulatoria se manifiesta por la forma con que se propaga, dando lugar a los fenómenos de interferencia y difracción. Esta situación se puede describir diciendo que la radiación electromagnética es una onda que al interactuar con la materia manifiesta un comportamiento corpuscular. También, se puede decir

que consta de partículas (los fotones) cuyo movimiento está determinado por las propiedades de propagación de ciertas ondas que les están asociadas.” [Pág 53, 92].

La dualidad partícula-onda conlleva a dos diferentes enfoques: Uno privilegia la onda mientras el otro a la partícula [N:\[112\]](#). Con el descubrimiento, en 1834, por John Scott Russel, del solitón surgió la teoría de que solo existen ondas ya que las partículas serían solitones. Pero, a pesar de esta tendencia reduccionista del pensamiento, la naturaleza es dual.

9.5. Las cuatro dimensiones del campo-materia.

El campo-materia intrínsecamente posee la propiedad estructural geométrica de volumen. Esto es su estructura geométrica tiene las tres dimensiones de: latitud, longitud y altitud (x_1, x_2, x_3). Estas dimensiones son la propiedad geométrica asociada a la mera condición de existencia estática del campo-materia, que posee la potencialidad de servir de continente de otras estructuras.

El vacío cuántico como superposición de campos electromagnéticos, gravitacionales y de Higgs es por excelencia el continente de todas las demás estructuras del campo-materia. Pero también, la materia diferenciada de acuerdo con sus estados sirve de continente (por ejemplo, el estado sólido sirve para contener los estados líquido y gaseoso), aunque finalmente, está contenida en el vacío cuántico. Debido a esta potencialidad de continente que posee el volumen del campo-materia, sus tres dimensiones (x_1, x_2, x_3) son la propiedad geométrica espacial del campo-materia. Puesto que espacio significa continente. Esta propiedad sirve, tanto para contener como para auto contenerse, puesto que, el vacío cuántico está ensimismo auto contenido.

El movimiento de traslación y/o rotación de la materia y las variaciones del campo desde el punto de vista geométrico provocan que campo-materia salga de su continuo tridimensional y se genere una cuarta dimensión. Esta es una ley matemática de los espacios geométricos N dimensionales: si N sale de su N continuo, en una dirección k contenida en un continuo $(N+1)$ entonces se genera el espacio geométrico de $(N+1)$ dimensiones [Pág 2, 101]. Así, el campo-materia en movimiento posee cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) [N:\[120\]](#). La cuarta dimensión (t) corresponde a la realidad dinámica intrínseca de la existencia del campo-materia. Por lo tanto, la cuarta dimensión es la propiedad geométrica temporal del campo-materia intrínsecamente dinámico, puesto que, tiempo significa devenir de lo existente.

9.5.1. En cuatro dimensiones como partículas.

Las partículas del campo son de energía empaquetada [N:\[113\]](#), carentes de masa en reposo, mientras que las partículas de la materia son de masa empaquetada. Sin embargo, se exceptúa el campo débil cuyas partículas son como las de la materia.

Las partículas del campo transportadoras de las fuerzas son los bosones virtuales gauge. Las partículas de las ondas son bosones reales y las partículas de la materia son los fermiones.

Los paquetes de energía (bosones) de los campos igual que las partículas de la materia (fermiones) son descritos en espacios de tres dimensiones (x_1, x_2, x_3) y cuando son considerados en movimiento en cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) [N:\[114\]](#).

Mientras que las partículas de la materia han sido “vistas” e inequívocamente poseen volumen en cambio las partículas del campo no, lo cual ha permitido se especule acerca de sus dimensiones; las virtuales porque son directamente indetectables y las reales porque existen confinadas en la escala de Planck; además, el gluon que no existe libre, en las temperaturas actuales, sino siempre dentro de los hadrones, puesto que ejerce la fuerza que une los quarks que componen los hadrones.

Las partículas sin masa en reposo, como es el caso del fotón (por analogía también el gluon y el gravitón), para algunos autores serían partículas carentes de volumen, es decir, *nulidimensionales*, como puntos, en un espaciotiempo cuatridimensional [N:\[115\]](#). Sin embargo, para Maxwell el fotón posee dos dimensiones; “El concepto de Maxwell del siglo XIX: “el fotón es un círculo, $B^{(1)}$ y $B^{(2)}$ más no existe $B^{(3)}$ ” [Pág 9, 84]. Y, para la mayoría, el fotón, si posee volumen, puesto que, “ $B^{(3)}$ es el momento angular multiplicado por una constante, y es la componente longitudinal del fotón” [Pág 3, 84]; por lo tanto, “el fotón existe en tres dimensiones. La geometría $U^{(1)}$ sólo Describe dos. $B^{(3)}$ describe la tercera” [Pág 4, 84]. Así, “el fotón tiene una tercera dimensión espacial” [Pág 9, 84]. Y puesto que el fotón, sólo existe en movimiento posee cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t).

9.5.2. En cuatro dimensiones como ondas.

En la Mecánica cuántica debido al principio de incertidumbre, según el cual es imposible fijar a la vez la posición y el momento de una partícula, en la interpretación más usual, la probabilística o de Copenhague, mediante una función de probabilidad se asigna, a cada punto del espacio y a cada instante, del vacío cuántico, una determinada probabilidad de que una partícula de referencia se halle en determinada posición en ese instante, por lo cual “el movimiento de una partícula queda regido por una función de ondas” [N:\[116\]](#) [Pág 8, 96]. En la formulación más moderna, la función de onda se interpreta como un objeto, que representa un elemento del espacio de Hilbert, de dimensión infinita, que reúne a todos los posibles estados del sistema.

“La mecánica cuántica describe el estado instantáneo de un sistema (estado cuántico) con una función de ondas que codifica la distribución de probabilidad de todas las propiedades medibles, u observables. Algunos observables posibles sobre

un sistema dado son la energía, posición, momento, y momento angular. La mecánica cuántica no asigna valores definidos a los observables, sino que hace predicciones sobre sus distribuciones de probabilidad. Las propiedades ondulatorias de la materia son explicadas por la interferencia de las funciones de onda. Estas funciones de onda pueden transformarse con el transcurso del tiempo. Por ejemplo, una partícula moviéndose en el espacio vacío puede ser descrita mediante una función de onda que es un paquete de ondas centrado alrededor de alguna posición media. Según pasa el tiempo, el centro del paquete puede trasladarse, cambiar, de modo que la partícula parece estar localizada más precisamente en otro lugar. La evolución temporal de las funciones de onda es descrita por la Ecuación de Schrödinger.” [Pág 9, 96].

El valor de la función de onda $\psi(x_1, x_2, x_3, t)$ asociada con una partícula en movimiento está relacionada con la probabilidad de encontrar a la partícula en el punto (x_1, x_2, x_3) en el instante de tiempo t . Esta probabilidad es proporcional al cuadrado de su función de onda asociada $|\psi(x_1, x_2, x_3, t)|^2$

Cuando realizamos una medida en un observable del sistema, la función de ondas se convierte en una del conjunto de las funciones llamadas funciones propias, estados propios, eigen-estados...etc. del observable en cuestión. Este proceso es conocido como reducción de la función de onda. Las probabilidades relativas de ese colapso sobre alguno de los estados propios posibles son descritas por la función de onda instantánea justo antes de la reducción. Para una partícula en el vacío, si se mide la posición de la misma, se obtiene un valor aleatorio x . En general, es imposible predecir con precisión qué valor de x , aunque es probable que se obtenga un valor cercano al centro del paquete de ondas, donde la amplitud de la función de onda es grande. Después de efectuada la medida, la función de onda de la partícula colapsa y se reduce a una que esté muy concentrada en torno a la posición observada x .” [Pág 10, 96].

“La ecuación de Schrödinger es determinista en el sentido de que, dada una función de onda a un tiempo inicial dado, la ecuación suministra una predicción concreta de la función que se obtendrá en cualquier tiempo posterior. Durante una medida, el eigen-estado al cual colapsa la función es probabilista, no determinista. Así que la naturaleza probabilista de la mecánica cuántica nace del acto de la medida.” [Pág 10, 96].

Las ondas se diferencian en las ondas de las partículas reales carentes de masa llamadas ondas de radiación y las ondas de las partículas con masa conocidas como ondas de la materia.

El fotón real como ondas esféricas posee volumen y se propagan en cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) . Otro tanto se dice de las ondas gravitacionales que se propagarían en cuatro dimensiones [N:\[117\]](#). Por su parte, las ondas de las partículas con volumen intrínseco, es decir, las partículas de la materia, se propagan en cuatro

dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) . Acerca de las partículas virtuales sus ondas serían evanescentes que se propagan, también, en cuatro dimensiones (x_1, x_2, x_3, t) .

9.6. Notas

[N:\[105\]](#) “Un campo es un continuo físico que no tiene masa en reposo” [Pág 39, 83].

[N:\[106\]](#) “El campo se mueve hacia adelante y posee existencia en todas las dimensiones” [Pág 2, 84].

[N:\[107\]](#) “Claramente, a cada punto x^μ del espacio-tiempo M de Minkowski asociamos un valor del potencial vectorial A^μ . Los potenciales vectoriales son conjuntos ordenados de cuatro números reales y, por lo tanto, son elementos de \mathbb{R}^4 . Por lo tanto, una configuración de campo puede verse como un mapeo de M en \mathbb{R}^4 , $A:M \rightarrow \mathbb{R}^4$ ” [Pág 1, 85].

[N:\[108\]](#) “Una onda electromagnética es una onda viajera que tiene campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo que son perpendiculares entre sí y la dirección de propagación, z ” [Pág 1, 86].

[N:\[109\]](#) “una sola partícula se comporta como una onda” [Pág 3, 87].

[N:\[110\]](#) “Esencialmente, la dualidad onda-partícula emplea la noción de que una entidad posee simultáneamente propiedades localizadas (partículas) y distribuidas (ondas). [Pág 1, 88]. “La mayor importancia de la dualidad de las partículas de onda es que todo el comportamiento de la luz y la materia puede explicarse mediante el uso de una ecuación diferencial que representa una función de onda, generalmente en la forma de la ecuación de Schrodinger. Esta capacidad de describir la realidad en forma de ondas está en el corazón de la mecánica cuántica” [Pág 1, 89].

[N:\[111\]](#) “En su artículo sobre el efecto fotoeléctrico, Albert Einstein demostró que, además de las propiedades familiares de las ondas, la luz también tiene propiedades de partículas. Y Louis de Broglie publicó más tarde su "teoría ondulatoria de la materia", en la que dijo que, además de las propiedades familiares de las partículas, las partículas pequeñas como los electrones también pueden comportarse como ondas”. “Y dado que las partículas y las ondas tienen propiedades duales y pueden comportarse entre sí; se ha convertido en el consenso de que no deben ser tan diferentes como parecen ser” [Pág 1, 90]. "Experimentos históricos que prueban el comportamiento de la materia y las fuerzas en forma de onda y de partículas". "El desarrollo del modelo estándar no podría haber sucedido sin la aplicación de la dualidad de onda-partículas" [Pág 1, 91].

[N:\[112\]](#) “una partícula masiva es una onda”, De-Broglie, [Pág 8, 87]. “Un patrón de onda invisible, evidentemente con forma de "nube" esferoide del tamaño de un electrón, es el objetivo de un dispositivo de medición de laboratorio que dispara rayos X. En el momento en que dicho dispositivo hace contacto con su objetivo, la

"nube de" onda de probabilidad "colapsa" para convertirse en un electrón de partículas puntuales. Lo mismo sucede naturalmente cuando un electrón en su "naturaleza ondulatoria" golpea cualquier objeto". "La teoría del colapso de la onda" [Pág 8, 93]. "Otros autores (especialmente Veltman, Weinberg) siguen una línea de pensamiento opuesta: las partículas son básicas y los campos deben construirse de acuerdo con sus propiedades y principios generales. Este último enfoque parece ser esencialmente perturbador" [Pág 7, 56]. "Convencionalmente se supone que una partícula se propaga como una onda" [Pág 6, 88].

[N:\[113\]](#) "Einstein describió la luz como un número finito de cuantos de energía que se localizan en puntos en el espacio, que se mueven sin dividirse, y que solo se pueden producir y absorber como unidades completas" [Pág 2, 94].

[N:\[114\]](#) "cuantificar campos conduce a una descripción ... de bosones o fermiones (en tres dimensiones espaciales)". "Las interacciones se describen mediante ecuaciones diferenciales en un punto en el espacio y el tiempo. Solo se refieren a la vecindad inmediata de ese punto a través de derivadas de orden finito, generalmente solo hasta segundo orden". "Un ejemplo típico es el campo electromagnético que interactúa con los electrones, que se describe en las ecuaciones de Maxwell y las ecuaciones para las fuerzas de Lorentz que actúan sobre los electrones" [Pág 6, 56]. "La teoría de campo se basa en la existencia del espaciotiempo" [Pág 7, 56].

[N:\[115\]](#) "La energía dentro del fotón existe en cierto estado" "no hay un" extremo posterior "para el fotón" "la energía no se desviaría efectivamente allí" "la energía del fotón se concentraría y se dirigiría hacia el frente del fotón" "Una partícula que carecía de un back-end pero llegó a un punto en la parte delantera" [Pág 4,95].

[N:\[116\]](#) "La interpretación más común es que la función de onda representa la probabilidad de encontrar una partícula dada en un punto dado. Estas ecuaciones de probabilidad pueden interferir y exhibir otras propiedades de onda, lo que resulta en una función de onda probabilística final que también exhibe estas propiedades. Las partículas terminan distribuidas de acuerdo con las leyes de probabilidad y, por lo tanto, exhiben las propiedades de onda. En otras palabras, la probabilidad de que una partícula esté en cualquier ubicación es una onda, pero la apariencia física real de esa partícula no lo es" [Pág 1, 89].

[N:\[117\]](#) El autor ha propuesto la teoría que la onda gravitacional siempre que fuera la perturbación del espaciotiempo se propagaría en cinco dimensiones (ver 42). Nasa la define como la perturbación del espacio, mientras Caltech como la perturbación del espaciotiempo.

10. Conclusiones.

En el siglo III a. C, el pensamiento griego concibió el espacio bien desnudo, como vacío absoluto en el atomismo de Leucipo y Demócrito, u ocupado por el éter según Aristóteles para quien no había vacío ya que la naturaleza lo aborrece. En la edad media, de acuerdo con Descartes el éter estaba compuesto de partículas muy pequeñas, que transmitían las fuerzas entre objetos, a través de las colisiones de sus partículas, que llenarían el espacio no ocupado por cuerpos sólidos porque no hay existe el vacío. Torricelli demostró experimentalmente la existencia del vacío en el sentido del éter de Descartes, alentando la supervivencia del atomismo. Sin embargo, en 1678, Huygens con su teoría ondulatoria de la luz, restableció el éter (luminífero), como su medio de propagación. En 1717, Newton defendió la existencia del vacío, pero introdujo el éter (gravitacional) como medio tenue estacionario, compuesto por partículas, con una densidad variable, más densa en el espacio vacío que en la proximidad de cuerpos masivos, para explicar los efectos gravitacionales; en todo caso, tanto como vacío y como éter contenidos en su espacio absoluto. En 1748, Le Sage propuso un éter que consiste en pequeñas partículas, llamadas corpúsculos, que fluyen a toda dirección con una velocidad enorme. En 1801, Young dijo que el éter es un gas en reposo absoluto. Debido al descubrimiento de la polarización de la luz, en 1817, Fresnel introdujo la teoría de la onda transversal de la luz y, luego, Young propuso un desplazamiento periódico transversal de partículas de éter. Según Fresnel, el éter se volvía sólido y rígido, pero, permitía el paso libre de cuerpos celestes, mientras que el éter fluía a través de los intersticios de cuerpos materiales incluso en la escala más pequeña; así, la densidad del éter en un cuerpo material era diferente a la del éter libre. Entre 1828 y 1839, Cauchy propuso un éter dinámico, debido a sus cambios en su densidad y en su elasticidad. Green señaló que el éter contráctil de Cauchy sería inestable, tendiendo a reducir su tamaño hasta desaparecer. En 1845, Stokes coincidió parcialmente con Fresnel, ya que el éter fluiría casi sin obstáculos a través de toda la materia que en rotación o traslación arrastraría el éter, por lo tanto, la Tierra arrastraría el éter. En la década de 1860, Maxwell formuló el éter electromagnético, como un medio estacionario cuasi material elástico, como el marco de referencia preferido en el que la luz se propagaría con velocidad constante en todas las direcciones. Con el experimento, en 1887, de Michelson-Morley, en que resultó la velocidad de la luz constante en el vacío, en 1889, FitzGerald, propuso que las fuerzas que unen las moléculas de un sólido se modificarían por el movimiento del sólido a través del éter de tal manera que la dimensión del brazo del interferómetro, en el experimento de Michelson-Morley, se acortaría en la dirección del movimiento que neutralizaría el efecto óptico buscado; el éter no solo cambiaría el curso de los objetos (como lo haría el éter gravitacional), sino que también cambiaría el tamaño de los objetos; en consecuencia, el éter produciría el efecto relativista de la contracción de la longitud de cualquier objeto, esta contracción ocurriría en la dirección del movimiento y en proporción a la velocidad a través

del éter. En 1895, Lorentz mejoró la hipótesis de FitzGerald, quien había perfeccionado el éter electromagnético de Maxwell, al introducir el marco especial inmóvil, donde son válidas las leyes de la electrodinámica; dado que los átomos de todos los sólidos se mantienen unidos por fuerzas eléctricas. El movimiento de un cuerpo, según la mecánica de Maxwell, superpone a las fuerzas electrostáticas entre los átomos un efecto magnético debido al movimiento; el resultado de acuerdo con Lorentz, sería una contracción del cuerpo en la dirección del movimiento que sería proporcional al cuadrado de la relación de la velocidad del cuerpo entre la velocidad de la luz que explicaría en el experimento de Michelson-Morley; esta contracción de longitud conduce a la dilatación del tiempo para todos los fenómenos que obedecen las leyes de Newton y/o las leyes de Maxwell, en marcos inerciales, y ambas contracciones conducen a la transformación de Lorentz entre marcos inerciales. El éter electromagnético constituiría el sustrato portador de la onda electromagnética, proporcionaría el marco especial en el que las ecuaciones de Maxwell son válidas, volviendo el éter gravitacional, un concepto anacrónico, puesto que como el éter luminífero de Maxwell, actuaría como una fuerza de interacción sobre partículas y cuerpos, poniéndolos en contacto y produciría el efecto gravitacional. En 1905, en la Relatividad Especial, Einstein adoptó el principio de relatividad del movimiento inercial de Galilei y la transformación de Lorentz en la mecánica a cambio de la transformación de Galilei, unificando las teorías de Galilei-Newton y Maxwell, y dando fin con el marco especial en el que las ecuaciones de Maxwell eran válidas, con lo cual explicó la constancia de la velocidad de la luz en el vacío, del relativismo del espacio y el tiempo en función de la velocidad, dentro de la recién mecánica relativista, definitivamente un efecto de coordenadas, suprimiendo el éter electromagnético y determinando la propagación de la onda electromagnética como una propiedad del espacio en sí mismo, en consecuencia, como espacio desnudo que, en 1915, en la Relatividad General definió como un campo geométrico, devolviendo la física a la concepción del vacío absoluto de Demócrito, que, no obstante, presionado por Lorentz, lo llamó provisionalmente éter relativístico, al cual, en 1938, renunció enfáticamente, aunque, realmente desde antes de 1905, ya que repetidamente había calificado el éter como un gran error de la física clásica. Hacia 1930, con la teoría cuántica de campos el vacío cuántico permea totalmente el espacio. Por lo tanto, el dilema entre Demócrito y Aristóteles ha sido superado a favor de éste. El vacío cuántico es similar al éter de Descartes, pero mientras éste era fermiónico el vacío cuántico es bosónico. No obstante, la Relatividad General permanece siendo el paradigma de la ciencia de la física.

10.1 Pero ¿qué es el espaciotiempo?

El espaciotiempo es objetivo, por existir independiente de la conciencia y estar internamente ligado a la existencia material, la cual constituye la condición necesaria de su existencia.

La separación entre el espaciotiempo y la materia ocurrió en el pensamiento, durante el tránsito entre el conocimiento filosófico de los antiguos al científico. Estos lo comprendieron al revés de lo que realmente es. Los antiguos comprendieron el espacio y tiempo como la condición de la existencia material y su movimiento, concepción que permanece vigente en la actualidad en el Sustancialismo.

Tal inversión, en la conexión entre materia y espacio y tiempo, es inferida acorde con la geometría de Euclides, constituida como ciencia formal antes que la física, circunstancia ésta que hizo la ciencia de la geometría andar adelante de la ciencia de la física, hasta que, con la General Relatividad, la física fue geometrizada.

Es gnoseológica y no física la raíz de la separación entre el espaciotiempo y la energía-materia. Fue dentro de tal marco conceptual que se funda la ciencia física de Galilei y Newton, por lo tanto, que en ella se definieran espacio y tiempo absolutos, con acción sobre el movimiento mecánico relativo de la materia, al determinar la estructura inercial para el movimiento rectilíneo, considerando el espaciotiempo existente en sí mismo, como espacio desnudo, posteriormente según la Relatividad General espaciotiempo desnudo, en la escala interplanetaria, intergaláctica, interclúster, etc.

La geometría de Minkowski y los experimentos de Michelson y Morley, realizados en el siglo diecinueve, sobre la invariancia de la velocidad de la luz, respecto a los cambios de coordenadas entre los sistemas de referencia inerciales, donde está se midiera, propiciaron que, en la Relatividad Especial, se formulara la vinculación entre el movimiento mecánico de la materia y el espaciotiempo, poniéndole el límite c a la velocidad, como consecuencia de la deformación del espaciotiempo con la mayor velocidad, que resulta del relativismo entre espacio y tiempo, con el cambio de coordenadas entre sistemas inerciales.

La búsqueda de Einstein, en la General Relatividad, de unas ecuaciones que explicaran la mecánica celeste y la propagación de la onda electromagnética, en el vacío cuántico interplanetario del sistema solar, que se curva por su interacción gravitatoria con los planetas y el Sol, en un escenario de alto conflicto con Hilbert, sin alternativa Einstein tuvo que adoptarlas desde las que le impuso Hilbert, al haberlas encontrado primero, que necesariamente requería de la geometría tensorial de Riemann [N:\[121\]](#) y del cálculo variacional usado por Hilbert que Einstein ignoraba y además que el vacío cuántico se curva desconocido por ambos. Tal solución estrictamente matemática y geométrica siguió a la geometría de Minkowski de la Relatividad Especial, que a Einstein le había permitido formular, a partir de la equivalencia física entre masa inercial y masa gravitacional, y mediante cambios de coordenadas, en la condición límite de su supuesta “gravedad homogénea”, la equivalencia entre todos los movimientos de la materia, de índole mecánico, a saber, inercial, acelerado y gravitatorio.

De acuerdo con la General Relatividad, debido a la presencia de energía-materia el espaciotiempo se curva, según con la geometría de Riemann, y determina que la estructura geodésica sea curvilínea. Sin embargo, siguiendo la tradición de Newton, el Universo posee la configuración geométrica de Minkowski, a la que le es propia una geometría de líneas rectas y una estructura geodésica rectilínea, en las condiciones límites, tanto en el infinito donde la curvatura se vuelve nula como en el lapso infinitesimal en el espaciotiempo tangente. De esta manera, el espaciotiempo se manifiesta, es decir, aparenta ser el continente del Universo o en otras palabras de la existencia material, y crea la impresión que el espaciotiempo es un ente substancial (Substancialismo), que al agregarle la supuesta conversión entre espaciotiempo y campo-materia, este ente substancial se convierte en una fase material (de la teoría espaciotiempo-masa), coincidente con la concepción del espaciotiempo como un fluido sostenida por la Nasa y Caltech, requisito para aceptar el arrastre de marco y las supuestas ondas gravitacionales detectadas por Ligo. También, las condiciones límites hacen que el Relacionismo, que no puede explicar la estructura inercial en ellas, tenga que refugiarse en el dinamismo intrínseco de las partículas y coincidir en cierto grado con el Substancialismo, en su versión de un espaciotiempo material, contrario a la naturaleza del espaciotiempo geométrica originaria de las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, aunque en el caso del Relacionismo no es el espaciotiempo sino material el campo gravitacional (Cala [N:\[122\]](#), Smeenk [N:\[123\]](#), 2006).

Substancialismo y Relacionismo se identifican en considerar el campo gravitacional, en su expresión más abstracta, como "ser-en-sí", es decir, el Relacionismo claudica delante del substancialismo. Pero, Substancialismo y Relacionismo se diferencian respecto del espaciotiempo que, mientras, para el Substancialismo es la propiedad geométrica estructural del campo gravitacional, en términos de Rovelli nada, en cambio, para el Relacionismo el espaciotiempo es una simple categoría del pensamiento, en la cual se codifica, en su expresión más abstracta, el "ser-en-relación-con" (Hegel), en términos de Rovelli nada. Así, la polémica entre Substancialismo y Relacionismo quedó en nada [N:\[124\]](#). Este final es la consecuencia del error fundamental cometido por el Substancialismo y el Relacionismo al comienzo de su disputa. El error del Relacionismo es definir el espacio con relación al movimiento sin contestar el Universo en que está contenido. Mientras el error del Substancialismo es no contestar de qué está hecho el espacio. Al fin al cabo, el Relacionismo implica el Substancialismo y ambos la carencia de respuesta sobre la física del espaciotiempo.

El desarrollo de las teorías del espaciotiempo desemboca en la Física Cuántica, en la cual la gravedad se intuye como material, como una fase material, de naturaleza corpuscular-ondulatoria. Pero, que, debido a la necesidad de unificarla con la General Relatividad, en las teorías sobre Gravedad Cuántica resultan los

componentes elementales de la materia de origen geométrico. Así, la cuestión del espaciotiempo aparece absurdamente como sigue:

En la escala de Planck, el espaciotiempo, supuesta propiedad estructural [N:\[125\]](#) del campo gravitacional, no es gravitación puesto ésta es diferente del espaciotiempo. Y en el macrocosmos, el espaciotiempo material, consecuencia del arrastre de marco y supuestas ondas gravitacionales, para el Substancialismo, sirve para contener las otras fases del campo-materia, realización muy astuta de la naturaleza que le otorga el privilegio al campo gravitacional de que posea espaciotiempo y se lo priva a la materia y demás campos, no obstante, que se revelan, en todas nuestras experiencias, hechizadamente espaciotemporales. O que, para el Relacionismo es la realización no menos astuta de la naturaleza, que a partir de la materia (tensor energía-momento) genera un campo material (campo gravitacional que posee energía-momento) para soportar y ocultar las relaciones ensimisma de la materia intrínsecamente dinámica, las cuales se codifican en la categoría del espaciotiempo curvo, y permiten aparezca la gravitación como una fuerza intrínsecamente geométrica sin serlo. ¡Vaya astucia!, no de la naturaleza, pero sí del pensamiento.

Así, la naturaleza resulta antieconómica en cuanto derrocha una fase material en contener al resto y absurda en cuanto en la escala del macrocosmos la gravedad, siempre que se mantengan las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, aparece como el campo gravitacional geométrico sin serlo y en la escala de Planck como campo gravitacional material por analogía con los campos electromagnético, débil y fuerte, pero que, desde las teorías unificadoras de la Gravedad Cuántica, como el efecto del espaciotiempo, cuantizado en objetos geométricos como las cuerdas o los bucles, que explican tanto al gravitón como todas las demás partículas del Modelo Estándar, es decir, evaporada la materia en geometría, aunque, disfrazada de la apariencia material, sin tampoco, serlo. Ya Ortega y Gasset lo había dicho, en la visita de Einstein a España, en 1923: "Usted geometrizó la física". Las consecuencias son ostensiblemente dramáticas. Aunque, más bien resultado de la culminación del programa Erlangen de Felix Klein.

La naturaleza, que realmente sólo por error, derrocha recobra su tendencia optimizadora, si el espaciotiempo se deja de entender como la categoría que codifica la propiedad relacional de las configuraciones de las partículas materiales intrínsecamente dinámicas o como el marco en que ocurren los eventos físicos y a cambio se entiende como la propiedad geométrica dimensional estructural del campo-materia en movimiento, sujeta en todo a la existencia y devenir del campo-materia.

El Universo instantáneo posee intrínsecamente espacio mientras el Universo dinámico posee intrínsecamente espaciotiempo.

El hecho que el Universo instantáneo posee intrínsecamente espacio es un argumento del autor demoleador del Relacionismo. Puesto que, en este caso, la

existencia del espacio se obtiene de la relación trascendental del Universo con su realidad misma y no a partir de relaciones entre objetos materiales, esto es, no supone la existencia de los dos relatos propia de la relación categorial; la `relación trascendental es aquella que pertenece a la esencia misma del sujeto relacionado, esto es, a su propia y estricta entidad. Por esto es por lo que la relación trascendental es un estrato mucho más hondo que el de la relación categorial' [Pág 15, 109] y para el Relacionismo, como teoría física, del espaciotiempo su negación [N:\[126\]](#).

También, el autor acusa que sólo dentro de la codificación, de la propiedad material relacional, habita la posibilidad por parte del Relacionismo de ver el espaciotiempo como propiedad material. Cualquier otra pretensión por parte del Relacionismo de ver el espaciotiempo como una propiedad geométrica estructural de la materia dinámica, tesis del autor, sería una reclamación traída de los cabellos.

10.2 El espaciotiempo posee dos estructuras básicas

El espaciotiempo, al constituir la propiedad estructural dimensional de la materia en movimiento, como la propia materia que existe en las formas de campo y sustancia, existe en las expresiones propias de la partícula-onda sin masa del campo sujeta a los principios de superposición e incertidumbre y de la partícula-onda con masa de la materia sujeta a los principios de exclusión y determinismo.

Por lo tanto, existen dos estructuras dimensionales básicas de la materia con propiedades diferentes y el espaciotiempo en la escala de Planck es distinto al espaciotiempo en la escala atómica y superior. Si bien en la escala de Planck existe mezcla entre pasado, presente y futuro debida a la superposición entre los estados cuánticos también existe separación entre éstos en la escala del átomo y superior.

Estas diferentes estructuras del espaciotiempo resultan de la cosmogénesis que se produce no linealmente sino con rupturas, es decir, con cambios cualitativos, como, por ejemplo, el paso de la existencia material carente de masa del vacío cuántico a la que la posee en la materia, o del paso de las estructuras existentes en el microcosmos a las del macrocosmos.

10.3. El campo-materia y su movimiento ocurren en el vacío que todo lo contiene y se autocontiene.

Así las cosas, tenemos que el Universo existe contenido en el vacío cuántico del que se ha originado la materia. Más propiamente el Universo existe contenido en la energía del vacío y sus fluctuaciones. Es el vacío la estructura primordial del Universo. De acuerdo con nuestro conocimiento rezagado puesto que corresponde al pasado, este vacío se encuentra actualmente en expansión. Y, en general, siempre tendremos que una fase del campo-materia, dentro de una determinada escala de las magnitudes de las dimensiones espaciotiempo existe contenido y se mueve dentro otras fases del campo-materia. Así, el submarino dentro del agua, el

avión dentro de la atmósfera, el cohete dentro del vacío interplanetario que al ser vacío cuántico requiere que el cohete contenga el material que por el principio de acción-reacción le permite moverse aceleradamente, etc. Todos, finalmente, dentro del campo del vacío autocontenido en sí mismo.

Como se desprende de la cosmogénesis, la materia en todas las escalas de su organización, incluso en la escala de cúmulo de galaxias es el producto de las fluctuaciones de la energía del vacío, que ocurrió durante la era de la inflación y de la posterior conversión del vacío en materia durante la expansión frenada de la era de la materia y correlativa caída de temperatura, actualmente próxima a 0 grados kelvin, por debajo de la cual ya no puede caer más, salvo en lo que se refiere a la temperatura nuclear. Además, de la conversión desacelerada del vacío en materia durante la expansión acelerada que ocurre actualmente en la era de la energía oscura y la tendencia a la terminación de esta conversión durante la expansión superacelerada de la era de la energía fantasma (hoy día se discute si nos encontramos ya en la era de la energía fantasma y si esta era terminará en el Big Rip, en el cual la materia terminaría desintegrada en vacío pero que en RTG no ocurrirá pues habrá un punto de retorno, en que comenzará la contracción debido a alcanzar el límite mínimo de densidad.

Desde la perspectiva del espaciotiempo toda la cosmogénesis está contenida en el espaciotiempo del vacío, del cual el espaciotiempo es su propiedad geométrica tetradimensional estructural y no el vacío (energía y sus fluctuaciones) propiedad del espacio como se define en la mecánica cuántica. Este vacío es ensimismo superposición de campos y por tanto continuo. Así, no existe ningún misterio que sea el propio campo y la propia materia el continente de la materia y el campo, en todas sus formas y fases de su existencia. Y, que, en definitiva, la materia y su movimiento se auto contiene. El vacío y la materia se comportan como un fluido en expansión [N:\[127\]](#), que se transforman cualitativamente, dando lugar a nuevas estructuras de la existencia material y, por lo tanto, espaciotemporales.

10.4. ¿Por qué se curva, contrae o dilata el espaciotiempo y existe arrastre de marco?

El espaciotiempo se curva puesto que el campo-materia, de la que es su propiedad geométrica estructural, se curva y está se curva puesto que sus partículas componentes están sujetas a la fuerza de interacción de la gravitación cuántica.

Las dimensiones espaciotiempo del campo-materia se dilatan o contraen en función directa de la gravedad como una interacción física mediada a través del gravitón. “La fuerza gravitacional física cambia tanto el lapso como el aumento de parámetros de las cantidades de espacio en comparación con las mismas cantidades, en un sistema inercial del espacio de Minkowski sin gravitación” (Logunov, 2005).

Tanto el movimiento de traslación como el de rotación de los planetas, dentro del campo cuántico del vacío asociado con la atmósfera solar, producen arrastre de marco, puesto que, es un campo físico, no precisamente el métrico de la General Relatividad, el marco del movimiento de los astros.

Por supuesto, el campo del vacío, hecho de partículas-ondas virtuales, en términos de la Relatividad General erróneamente variedad geométrica, que todo lo permea, posee métrica, la cual no, es más, que la métrica espaciotemporal.

10.5. La Relatividad General una visión mala con resultados buenos.

Como consecuencia de los grandes esfuerzos infructuosos, durante cerca de una centuria de trabajo, realizado por varios grupos de científicos en el mundo, con el objetivo de unificar la Física Cuántica y la General Relatividad, se ha dicho que una o ambas teorías están mal. Por lo menos, la teoría General de la Relatividad está mal, puesto que esta teoría es esencialmente una teoría sobre el espaciotiempo y como hemos desarrollado, en este ensayo, el espaciotiempo no es la propiedad estructural del campo gravitacional, concebido geoméricamente como curvatura, sino que el espaciotiempo es la propiedad geométrica del campo-materia.

La naturaleza de la gravedad continúa en misterio en términos experimentales, aunque, de acuerdo con la naturaleza de los demás campos deberá ser cuántica como lo formula RTG. Y, por supuesto, la gravedad, también, intrínsecamente posee espaciotiempo.

El error de la concepción del espaciotiempo como marco venía desde cuando la ciencia de la física no se había separado de la filosofía y en el tiempo de los filósofos presocráticos se introdujo la idea del espacio como continente de la materia. Y, por contradicción dialéctica, es decir, del discurrir del pensamiento entre contrarios, aunque, con unidad lógica, también, el error de la concepción del espaciotiempo como categoría relacionista. Estos errores duraron por más de 25 centurias.

Sin embargo, los resultados de los experimentos, con los cuales se ha probado la General Relatividad, coinciden extraordinariamente con sus predicciones. Pero, también asumiendo el vacío cuántico, a cambio del espaciotiempo. Esto es debido a que en las escalas del átomo y del macrocosmos, donde se realizan los experimentos, resulta facilísimo suplantar el campo material virtual cuántico por su métrica, o sea, el espaciotiempo geométrico, puesto que la densidad de la energía del campo del vacío (ZPE) tiende a cero y la existencia material como materia tiende a desvanecerse. Donde surgen crucialmente la discrepancia entre campo material cuántico y el campo geométrico del espaciotiempo de Einstein es en la escala de Planck, cuyas unidades son tan excesivamente pequeñas, que el error insignificante en las mediciones resulta de una magnitud extraordinariamente inmensa con respecto a éstas y así las discrepancias permanecen ocultas.

10.6. ¿Qué sucede en la desintegración del Protón?

La desintegración del Protón y otras partículas elementales sin que hasta ahora se haya detectado su transformación en energía y/o otras partículas, no es debido a que se transforman en espaciotiempo puesto que este carece de realidad física y sólo es una simple propiedad geométrica del campo-materia. Por ejemplo, puede que el protón decae en un pion neutral y en un positrón como el doctor Serguei Krasnikov me dijo (E-mail: Sun, 24. Jun 2007 04:00:51 +0400).

10.7. ¿Las ecuaciones de campo de Einstein realmente que significan?

Las ecuaciones de campo de Einstein son profundamente empíricas y describen geoméricamente mediante el tensor de Ricci, como en tres dimensiones, se curvan las dimensiones espaciales de la materia en función de la masa-energía de una fuente de gravitación, representada por el tensor de energía-momento, o sea, como la forma de la materia se curva a partir de un desconocido proceso físico de la energía virtual, de naturaleza material y cuántica, que llamamos gravedad, asociado intrínseca y muy fuertemente a la magnitud de la masa-energía de su contenido material [N:\[128\]](#), pero, también, tomando todo el término $G_{\mu\nu}$, que da el efecto total de la curvatura del espaciotiempo en la mecánica celeste, en términos geométricos reúne el efecto propiamente de la interacción gravitatoria con el efecto de la curvatura del vacío cuántico, o sea, fuerza de gravedad + curvatura del vacío cuántico.

10.8. La velocidad de la materia durante la inflación.

En una fracción de segundo, transcurrido durante la inflación (probablemente, de acuerdo con RTG cuando el proceso de contracción se detuvo debido a la aparición de la gravedad cuántica negativa), el tamaño del Universo paso del tamaño de un protón al equivalente a mil millones de años luz (unos $9,4608 * 10^{21}$ kilómetros) de tal manera que, según nuestra concepción del espaciotiempo como la propiedad estructural de la materia en movimiento, la materia se expandió con la velocidad de unos $9,4608 * 10^{54}$ kilómetros/segundo, lo cual prueba la existencia en la naturaleza de velocidades sobre c .

10.9. Prueba de la curvatura del vacío cuántico

La onda electromagnética se transmite en el vacío cuántico y sufre deflexión, puesto que este medio, a través del cual se propaga, es curvo. Así, como el retardo de Shapiro, el efecto gravitacional de lentes, etc.

10.10. Modelo propuesto del espaciotiempo.

Espaciotiempo \dot{C} Materia

Ontológicamente un solos ser

Forma \dot{C} Contenido

Geometría \leftrightarrow Física

Materia = (vacío, energía- materia) o (campo, materia) representada por $T_{\mu\nu}$

Geometría =

[1] Euclidiana, M U Métrica (η_{ik} t), Materia bajo escala de Planck

[2] Minkowskiana, M U Métrica (η_{ij}), Materia entre $< 10^{-27}$ y escala de Planck

[3] Pseudo Euclidiana, M U Métrica (γ_{ik} (x) identidad g_{uv}), Materia de 10^{-27} en adelante

Suposiciones:

Si $T_{\mu\nu} > 0$, entonces la materia está compuesta de partículas reales.

Si $T_{\mu\nu} \approx 0$, entonces la materia está compuesta de partículas virtuales.

Partículas reales y partículas virtuales se propagan en dimensiones x_1, x_2, x_3, x_4 .

Convenciones:

(η_{ik} , t) según el espacio y el tiempo de Horava.

η_{ij} según el espaciotiempo de Minkowski, revisado con la Relatividad Superlumínica.

(γ_{ik} (x) identidad g_{uv}) de acuerdo con el espaciotiempo de Logunov.

\dot{C} es el subconjunto estructural propio.

M es la variedad

10.11. Notas

[N:\[118\]](#) “El origen real de la ZPE tiene varias escuelas de pensamiento. La primera explicación es que la energía del punto cero se fijó arbitrariamente en el nacimiento del Universo, como parte de sus llamadas condiciones límite. Una segunda escuela de pensamiento propone que la suma de todos los movimientos de partículas en todo el Universo genera los campos de punto cero y que a su vez los campos de punto cero impulsan el movimiento de todas las partículas de materia en el

Universo. como un ciclo de retroalimentación cosmológica auto regenerativa. En esta segunda explicación, tanto el ZPE como las partículas atómicas requieren la existencia el uno del otro. Sin embargo, si incluso hay una pista de que toda la materia en el Universo probablemente sufrirá un colapso sin el ZPE, se hace difícil imaginar cómo surgieron las estructuras atómicas en primer lugar por el mecanismo de retroalimentación. Sobre esta base, parecería que se requiere algo más fundamental como origen del ZPE continuo, a pesar de que el mecanismo de retroalimentación tal vez pueda sostener el ZPE una vez formado. Con ese fin, puede valer la pena considerar una consideración de las condiciones pertenecientes al inicio del Universo. Para hacer esto de manera efectiva, es importante darse cuenta de que hay otro aspecto del vacío físico que debe introducirse". [Pág 16, 63].

[N:\[119\]](#) "Proponemos un nuevo principio de selección para distinguir entre posibles vacíos que llamamos el "principio de relajación". La idea es que el Universo seleccionará naturalmente entre el posible vacío a través de su evolución cosmológica, y la configuración con la mayor fracción de llenado es la más probable" [Pág 1, 97].

[N:\[120\]](#) "Con más o menos de una dimensión de tiempo, las ecuaciones diferenciales parciales de la naturaleza carecerían de la propiedad de hiperbolicidad que permite a los observadores hacer predicciones. En un espacio con más de tres dimensiones, no puede haber átomos tradicionales y quizás no estructuras estables. Un espacio con menos de tres dimensiones no permite la fuerza gravitacional y puede ser demasiado simple y estéril para contener observadores". [Pág 1, 102].

[N:\[121\]](#) La mecánica de Newton puede formularse tensorialmente, mientras que, para la Relatividad General es obligatoria la formulación tensorial de Riemann.

[N:\[122\]](#) "Resulta forzosa la interpretación del campo gravitacional dinámico g_{uv} de la Relatividad General como un objeto material extendido" "Todo es materia en la Relatividad General y, por tanto, el espaciotiempo no reclama teóricamente existencia independiente" [Pág 232, 5].

[N:\[123\]](#) "El tensor métrico es un género de sustancia que transporta energía y momento como todas las partículas materiales" [Pág 1, 108].

[N:\[124\]](#) "Algunos han sugerido, y otros (Rynasiewicz 1996) han argumentado explícitamente, que el debate está pasado de moda en el contexto de General Relatividad, y que las posiciones relacionistas y sustancialistas se han vuelto indistinguibles" [Pág 2, 36].

[N:\[125\]](#) Error de Einstein puesto que, como el autor lo analizo, de acuerdo con la Relatividad General es lo contrario, o sea, el campo gravitacional es la propiedad estructural del espaciotiempo.

[N:\[126\]](#) Para Yvon Sauvageau: “Una vez que uno se da cuenta de que el Universo puede ser aprehendido como un solo cuerpo (finito o infinito), uno debe percibir que el absoluto de las velocidades verdaderas no debe ser rechazado de antemano. Un corolario inmediato de la teoría de Newton es que, sin ninguna reacción, no hay acción en absoluto. Si uno considera que todo el Universo es un solo cuerpo sobre el que se debe actuar, inmediatamente ve que no se puede realizar ninguna acción sobre él, ya que, por definición, no hay contraparte que pueda reaccionar. Y quien dice que no hay acción dice que no hay aceleración. Esto implica que el Universo en su conjunto nunca experimenta ninguna aceleración (y, en consecuencia, ningún efecto de inercia). Por lo tanto, podemos adscribir operacionalmente la velocidad constante 0 al Universo. Todas las acciones y reacciones necesariamente ocurren entre subconjuntos propios del Universo. Por lo tanto, el Universo está absolutamente en reposo, aunque se reestructura infinitamente. En esta visión informal, lo de Newton es simplemente la totalidad del Universo, y todos los movimientos materiales absolutos son desplazamientos relativos de sus partes con respecto a sí mismo. Tanto el problema de Mach como el ataque de Mach ya están respondidos, aunque de manera informal. En mi opinión, este argumento extremadamente simple es suficiente para poner fin al debate relacional/absoluto” [Pág 5, 110].

[N:\[127\]](#) “A grandes escalas, se considera que el tensor de energía de estrés del Universo es el de un fluido perfecto ya que la homogeneidad y la isotropía implican que no hay transporte de energía a granel” [Pág 3, 103].

[N:\[128\]](#) “Schwarzschild demostró que la gravedad causa dos tipos de curvatura espacio-temporal; dentro de la materia, la curvatura del espaciotiempo es contráctil o positiva; mientras que la curvatura fuera de la materia es de marea o negativa. Y la curvatura de marea del espacio fuera de la materia también ocurre en dos tipos, $FT_x = 2mr^{-3}$ describe un estiramiento o alargamiento del espacio-tiempo a lo largo de cualquier eje x externo; y $FT_y = FT_z = -mr^{-3}$ describe una reducción o contracción del espaciotiempo en cualquier tangente a la superficie de un cuerpo de materia, a lo largo de los ejes y y z . La cantidad que la gravedad alarga el eje x hacia afuera es igual a las cantidades combinadas que la gravedad contrae los ejes tangenciales y y z ; de modo que juntos hay una suma de curvatura global cero, puesto que $2mr_x^{-3} - mry^{-3} - mrz^{-3} = 0$ ” [Pág 1, 111].

11. Bibliografía.

- [1] China Domingo. Sobre geometría y física. España.
- [2] Jaume Carot. Geometría y física en espaciotiempos axisimétricos. España. 2005.
- [3] Gracia Bondía José M. Einstein y el Año de la Física. España. 2005.

- [4] Smolin Lee. Loop quantum gravity. 2003.
- [5] Cala Vitery Favio Ernesto. De la relatividad de la inercia a la geometrodinámica intrínseca: Una interpretación relacional del Espaciotiempo. España. 2006
- [6] Weinert Friedel. Relationism and Relativity. Germany. 2006.
- [7] Atkinson David. Spacetime. USA. 2004.
- [8] Pooley Oliver. Spacetime Realism and Quantum Gravity. England. 2000.
- [9] Konstantinov F. El espacio y el tiempo. Cuba. 1986.
- [10] Pérez H. y Solbes J. Implicaciones de la evolución histórica de algunos conceptos en la enseñanza de la Relatividad. España. 2006.
- [11] Lacroze Federico. El tiempo en la filosofía contemporánea. 1998
- [12] Gibson Ian. Time, Objects, and Identity. England. 2007.
- [13] Felder Gary. Bumps and Wiggles: An Introduction to General Relativity. USA. 2003.
- [14] Von Glasersfeld Ernst. Thoughts about Space, Time and the Concept of identity. Germany. 1984.
- [15] Morones Ibarra Rubén. La evolución de los conceptos de espaciotiempo. Ingenierías, Enero-Marzo 2004, Vol. VII, No. 22. Mexico.
- [16] Liberati Stefano. Quantum vacuum effects in gravitational fields: theory and detectability. Italy. 2000.
- [17] Kuhne Rainer W. General Relativity Requires Absolute Space and Time. Germany. 2002.
- [18] Meschini Diego, Lehto Markku. Is empty spacetime a physical thing?. Finland. 2005.
- [19] Ferraro Rafael. Una verificación experimental de la Relatividad General a escala terrestre. Astronomía y Física del Espacio. Volumen 9, No 49, Ciencia Hoy. Argentina. 1998.
- [20] DeWitt Bryce. Gravedad cuántica. Investigación y Ciencia nº 89 Barcelona. 1984.
- [21] Einstein Albert. El significado de la Relatividad. Colombia. 1986.
- [22] Veverka A Frank. Gravity Probe B. 2004
- [23] Gibson Ian, Pooley Oliver. Relativistic Persistence. England. 2006.
- [24] Wikipedia. Filosofía del espacio y el tiempo.
- [25] Balashov Yuri. Persistence and Space-Time: Philosophical Lessons of the Pole and Barn. Rusia. 2000.

- [26] Díaz Pazos Patricio. Abstracciones sobre la Relatividad. El concepto de espacio en la General Relatividad. 2003
- [27] Baez John. General Relativity Tutorial. The Ricci and Weyl Tensors. USA. 2004.
- [28] Gómez Cesar. Realismo y Racionalidad: Filosofía de la ciencia en Albert Einstein. El Basilisco, número 7. España. 1979.
- [29] Odenwald Sten. Why is the gravitational field of the universe another name for space-time?. USA. 1997.
- [30] Hedrich Reiner. Quantum Gravity: Has Spacetime Quantum Properties?. Germany. 2009.
- [31] Brown Kevin. Mathpages. Reflections on Relativity. The field Equations. USA. 1994-2009.
- [32] Freund Peter. Physics and Geometry. USA. 2004.
- [33] Waite David. Modern Relativity. Chapter 4 Starting GR. The Metric and Invariants of GR. 2005.
- [34] Barbón José Fernández. Geometría no conmutativa y espaciotiempo cuántico. España. 2005.
- [35] Martin Keye and Panangaden Prakash. A domain of spacetime intervals for General Relativity. USA. 2004.
- [36] Baker David J. Spacetime Substantivalism and Einstein's Cosmological Constant. USA. 2004.
- [37] Rickles Dean and French Steven. Quantum gravity meets structuralism interweaving relations in the foundations of physics. USA.
- [38] Thiemann Thomas. The fabric of space: spin networks. German. 2006
- [39] De Lucas Javier. Ecuación de campo de Einstein. España. 1988.
- [40] Mathpages. Reflections on Relativity. USA.
- [41] Perez Alejandro. Introduction to loop quantum gravity and spin foams. Proceedings of the II International Conference on Fundamental Interactions. Brazil. 2004.
- [42] Guillén Alfonso. La onda gravitacional en 5D. Colombia. 2006.
- [43] Baez John and Bunn Emory. The Meaning of Einstein's Equation. USA. 2006.
- [44] Brown Peter M. Einstein's gravitational field. USA. 2002.
- [45] Arteja S.N. Crítica a los fundamentos de la teoría de la relatividad. El principio de equivalencia. Rusia. 2003.

- [46] Hofer Carl. Energy Conservation in GTR. Elsevier Science Ltd. Holanda. 2000.
- [47] Lusanna Luca, Pauri Massimo. Explaining Leibniz-equivalence as difference of non-inertial appearances: dissolution of the Hole Argument and physical individuation of point-events. Italy. 2008.
- [48] Norton John. Stanford Encyclopedia of Philosophy. The Hole Argument. USA. 2008.
- [49] Zinkernagel Henrik. The Philosophy behind Quantum Gravity. España. 2006.
- [50] Strobl Wolfgang. ¿Hay indeterminismo en la nueva física? España. 2007.
- [51] Meschini Diego. Planck-scale physics: facts and beliefs. Finland. 2006.
- [52] Monton Bradley. Presentism and quantum gravity. USA. 2005.
- [53] Guillén Alfonso. La velocidad de la Gravedad. Chile. 2006
- [54] Weinberg Steven. Partículas Elementales y las Leyes de la Física. Cambridge. 1999.
- [55] Peplow Mark. Snapshot of an electron orbital. Nature doi: 10.1038/news041213-7. 2004.
- [56] Smit Jan. Introduction to Relativistic Quantum Fields. Netherlands. 2007.
- [57] Hooft Gerard't. The conceptual basis of quantum field theory. Netherlands. 2005.
- [58] Mora Pablo. Formas de transgresión como principio unificador en Teoría de Campos. Uruguay. 2005.
- [59] Bialynicki-Birula Iwo. Nonlinear Structure of the Electromagnetic Vacuum. Poland. 1987.
- [60] Davies C W. Quantum vacuum friction. Australia. 2005.
- [61] Rugh S.E, Zinkernagely H. The Quantum Vacuum and the Cosmological Constant Problem. Denmark. 2002.
- [62] Maclay Jordan /Quantum Fields. ZPV Background. USA. 2000
- [63] Setterfield Barry. Exploring The Vacuum. Australia. 2002.
- [64] Wesson Paul. Zero-point fields, gravitation and new physics. Canada.
- [65] Montesinos Merced. El problema del tiempo en la General Relatividad. Mexico. 2007.
- [66] Hooft Gerard't. Dimensional reduction in quantum gravity. Netherlands. 1993.
- [67] Astrocosmo. A horcajadas en el tiempo. La unificación de la gravedad. 2002

- [68] Daywitt William C. The Source of the Quantum Vacuum. USA. 2008.
- [69] Meschini Diego. A metageometric enquiry concerning time, space, and quantum physics. Finland. 2008.
- [70] Stanford Encyclopedia of Phylosophy. Quantum Gravity. 2005.
- [71] Herdeiro Carlos. M-theory, the theory formerly known as Strings. 1996 University of Cambridge. USA, 1996.
- [72] Schwarz Patricia. So what is string theory, then? 2002. USA
- [73] Kaku Michio. Una Introducción a la Teoría M. 2005
- [74] Pierre John M. Superstrings. USA. 2006
- [75] Maartens Roy. Brane-World Gravity. Living Rev. Relativity, 7, (2004),
- [76] Rovelli Carlo. Loop Quantum Gravity. USA. 1998.
- [77] Cárdenas Martín Santiago. El panorama de la Física actual. 2005
- [78] Castelvecchi Davide, Jamieson Valerie. Tú estás hecho de espaciotiempo. 2006.
- [79] Lorente Páramo Miguel. Entra en crisis la teoría de más prestigio en la física teórica. España. 2008.
- [80] Zizzi Paola. Spacetime at the Plank scale: The Quantum Computer View. Italy. 2003.
- [81] Newsweek. The Force Needed for the Expansion of the Universe. USA. 1998.
- [82] On the mathematical formulation of a topological model for the structure of elementary particles of physics according to the ghassemi's space-time-mass theory of the universe. USA. 2002
- [83] Davydov Isai Shoulovich, Davydov Joseph. God Exists. Russia. 2000.
- [84] Felker Laurence G. Las ecuaciones de Evans de la teoría del campo unificado. México.
- [85] Fradkin Eduardo. General Field Theory. Introduction to Field Theory. USA. 2008.
- [86] Kasap S. O. Optoelectronics. England. 1999.
- [87] Folman Ron. Physics 3 for engineering. Israel.
- [88] Murphy John. Quantum Theory and Wave/Particle Duality. New Zealand. 2000.
- [89] Jones Andrew Zimmerman. Wave Particle Duality. USA. 2006.
- [90] Byrne Michael. The Duality of Nature: Why N Equals 10. USA. 1999.
- [91] Aliza Malz. The Struggle for Particle-Wave Duality. USA. 2005.

- [92] Gratton Julio. Introducción a la mecánica cuántica. Propiedades ondulatorias de la materia. Argentina. 2003.
- [93] Perella Anthony Paul. Metaparticles. USA.2007.
- [94] Rabinowitz Mario. Examination of wave-particle duality via two-slit interference.
- [95] Zzimbe J. A Possible Alternative Solution to the Solar Neutrino Problem. USA. 2001.
- [96] Palacios Plaza Benigno. La ecuación de Schrödinger. España.
- [97] Karch Andreas, Randall Lisa. Relaxing to Three Dimensions. USA. 2005.
- [98] Weinberg Steven. Los tres primeros minutos del Universo. España. 1993.
- [99] Einstein Albert. La Física aventura del pensamiento. Argentina. 1974.
- [100] Rincon Paul. God particle' may have been seen. England. 2004.
- [101] Enciso Fernández Santiago. Contribución al Conocimiento de los espacios n-dimensionales.
- [102] Tegmark Max. On the dimensionality of spacetime. USA. 1997.
- [103] Reid David D., Kittell Daniel W., Arsznov Eric E., and Thompson Gregory B. The picture of our universe: A view from modern cosmology. USA. 2002.
- [104] Tassev Svetlin Valentinov. Quantum Field Theory of Scalar Cosmological Perturbations. USA. 2005.
- [105] Castellanos Moreno Arnulfo. El espaciotiempo en la física. México.
- [106] Hawking Stephen. El Espacio y el Tiempo se Curvan. España. 2007.
- [107] Artime Miguel, Philips Tony. Entrevista a Paul Davies. Australia. 2004.
- [108] Lorente Miguel. El espaciotiempo sigue siendo un enigma para la ciencia y la filosofía. España. 2007.
- [109] Zubiri, Xavier. Respectividad de lo real. Trabajos de Seminario Xavier Zubiri, pp. 13-43. España. 1979.
- [110] Sauvageau, Yvon. Absolute spacetime is inherent to dynamics. Physics Essays, Volume 18 No. 3. USA. 2005.
- [111] Byrne, Michael. Spatial Gravity. USA. 2000.
- [112] Guillén, Alfonso. Spacetime structural property of the matter in movement. Contributed papers. Petrov 2010, Anniversary Symposium on General Relativity and Gravitation. Russia. 2010.
- [113] Guillén, Alfonso. What is spacetime? Colombia. 2018.

[114] Guillén, Alfonso. Are dark matter and dark energy opposite effects of the quantum vacuum? Colombia. 2018.

[115] Guillén, Alfonso. The medium for motion: a critical clue to understand spacetime. International Journal of Modern Physics and Applications Vol. 1, No. 5. USA. 2015.

12.