



Principio de Integridad Universal

Una sola cosa

¿Qué es el cosmos? ¿Qué es el Pleno? ¿Cómo opera?

Un programa de investigación en física fundamental

Una explicación para entender la idea, casi sin matemáticas

Manuel Alberto Celedón Mejía • Investigador independiente
ORCID 0009-0002-8090-2364 • Medellín, Colombia • piuniversal.com

Versión divulgativa V5.1 • 2 de agosto de 2026

Zenodo DOI: 10.5281/zenodo.21724390

La pregunta de fondo

Imagina que alguien te dijera que la gravedad que te mantiene en la silla, la luz que te permite leer esto, las partículas de las que estás hecho y los grandes misterios del cosmos —la materia oscura, la energía oscura— son todos la misma cosa, vista de maneras distintas. No fuerzas separadas, no ingredientes diferentes: una sola sustancia, comportándose de formas diversas.

Para entender por qué esa idea es tan poderosa, hay que conocer primero un problema enorme que la física arrastra desde hace un siglo. Hoy describimos la naturaleza con dos grandes teorías que funcionan de maravilla. . . pero que no se hablan entre sí. Por un lado, la teoría de lo muy grande: la relatividad general, que explica la gravedad, las estrellas, las galaxias y la forma del universo entero, con una precisión asombrosa. Por otro, la de lo muy pequeño: la mecánica cuántica, que gobierna las partículas, los átomos y el mundo subatómico, igual de precisa. Cada una reina en su dominio; juntas, se contradicen. Cuando se intenta usar las reglas del mundo cuántico para describir la gravedad, las matemáticas se llenan de infinitos sin sentido y todo se derrumba. Las mentes más finas del último siglo han intentado tender ese puente —lo llaman “gravedad cuántica”, y se considera el mayor desafío sin resolver de la física fundamental— sin éxito. Es como tener dos mapas perfectos de la misma ciudad que, al superponerlos, no encajan.

Ante ese muro, PIU-Ψ da un paso audaz y distinto, y su rasgo más original está en qué consiste ese paso. Casi todos los intentos previos aceptan que hay dos teorías y buscan la manera de *unirlas*. PIU-Ψ invierte la pregunta: **¿y si nunca fueron dos?** ¿Y si lo grande y lo pequeño no son dos mundos que reconciliar a la fuerza, sino dos caras de una *única* sustancia física? Esa sustancia se llama el Pleno, y de ella —propone el programa— emerge todo lo demás.

Tres precisiones, desde el principio, para situar bien lo que sigue:

- **Es física, no filosofía.** PIU-Ψ no es una metáfora ni una visión poética de la realidad. Es un **programa de investigación en física fundamental** —la rama que busca las leyes últimas de la naturaleza, la misma en la que trabajaron Newton, Einstein o Schrödinger—, construido, como cualquier física seria, sobre **matemáticas de alto nivel**: parte de principios precisos, deriva sus resultados como se demuestran teoremas, y declara con exactitud qué está probado y qué no. Todo lo que sigue —el cristal, la tensión, el giro, el tiempo— son imágenes en palabras de objetos que, por debajo, tienen su ecuación exacta.

- **No viene a reemplazar, sino a explicar.** PIU- Ψ no pretende derogar la relatividad ni la cuántica. Al contrario: se propone *derivarlas* —mostrar que ambas brotan de una misma raíz— y con ello **integrarlas desde una base común**, no sustituirlas. Las leyes que ya funcionan seguirán funcionando; lo que el programa añade es el tronco del que cuelgan.
- **Es un enfoque nuevo.** Su originalidad no está en proponer otra “teoría del todo” más, sino en el *cambio de pregunta*: en lugar de forzar el encaje de dos piezas, sospecha que siempre fueron una. Ese giro es lo que le permite esquivar los infinitos que atascaron a los demás.

Este documento cuenta, con imágenes cotidianas y casi sin matemáticas, qué es el Pleno y cómo opera. Los **cuadros azules** intercalados dan la versión técnica de cada tramo —la ecuación, el número y su estatus—; el hilo se sigue igual sin ellos.

1. De una sola ecuación, las leyes del universo

El punto de partida de PIU- Ψ es esa misma pregunta —¿y si todo, la gravedad, la luz, la materia, el cosmos, fuera en el fondo lo mismo?— llevada hasta sus últimas consecuencias. Muchos han sentido, en algún momento, esa sospecha de unidad bajo la diversidad de cuanto existe. Lo distintivo de PIU- Ψ no es quedarse en la idea, sino someterla al tribunal más exigente que existe: el de las matemáticas. El razonamiento es simple y estricto: si de verdad todo es una sola sustancia, entonces, partiendo de una descripción matemática precisa de esa sustancia, uno debe poder derivar —con rigor, paso a paso, sin trampas— las leyes conocidas de la física. Y si no se pudiera, la idea quedaría refutada.

Eso es exactamente lo que el programa hace. PIU- Ψ propone que el universo entero es un solo campo —el Pleno—, y lo escribe con el mismo tipo de objeto matemático que la física ya usa para lo más pequeño, pero ahora extendido a todo cuanto existe. El símbolo Ψ por sí solo ya adelanta la gran apuesta: que lo cuántico no es un rincón aparte de la realidad, sino la textura de la sustancia única que lo forma todo. Ese campo se escribe así:

$$\Psi = S \cdot e^{i\theta},$$

y no hace falta saber matemáticas para leer lo esencial: la fórmula dice que en cada punto el Pleno tiene solo *dos* cualidades — S , cuánto está tensado, y θ , hacia dónde gira—. Nada más. De esas dos cantidades, y de cómo cambian de un punto al siguiente, brotará todo lo demás.

Esa expresión describe *qué* es el Pleno. Para saber *cómo* se comporta, la teoría añade su “ecuación fundamental”, que en PIU- Ψ se conoce simplemente como F1. No hace falta entenderla: basta saber qué es, una sola receta compacta que fija la dinámica del Pleno. Esa ecuación no se elige al azar ni se acomoda sobre la marcha: se construye a partir de unos pocos principios de partida —una media docena de afirmaciones precisas sobre cómo es el Pleno, los Axiomas de PIU- Ψ — y, una vez fijada, queda cerrada, inamovible. A partir de ahí, todo lo demás se obtiene por estricto protocolo y deducción matemática, sin introducir ingredientes nuevos por el camino. La teoría va derivando —una tras otra, con el rigor de un teorema— las leyes que la física descubrió por separado a lo largo de los siglos:

1. La constante de la gravedad de Newton, y la estructura de las ecuaciones de Einstein.
2. La constante cuántica de Planck y la relación de incertidumbre de Heisenberg, con su piso exacto.
3. Las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo, y las de Yang-Mills de las fuerzas nucleares.

4. La ecuación de Dirac del electrón, con su espín y su estructura relativista.
5. El límite de Chandrasekhar que decide la muerte de una estrella.
6. La ley de Stefan-Boltzmann y la estadística de Bose-Einstein, obtenidas contando las configuraciones del propio medio.
7. Y las proporciones del cosmos —cuánta materia oscura y energía oscura hay— en cifras que caen dentro del propio margen de error de los satélites.

Cada uno de esos nombres —Newton, Einstein, Maxwell, Yang, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Lorentz, Chandrasekhar, Bose— representa el trabajo de toda una vida, a veces de generaciones enteras, y cada ley fue hallada por separado, en épocas distintas, para explicar fenómenos que parecían no tener nada en común: la gravedad de los planetas, el magnetismo de un imán, el comportamiento de un electrón, la muerte de una estrella, el brillo de un cuerpo caliente. Capítulos diferentes de la física, en libros diferentes. Lo que PIU- Ψ propone es que todos esos capítulos son, en el fondo, la misma historia —la del Pleno—, y que pueden escribirse con la misma pluma, partiendo de la misma primera línea. Esa es su ambición y su rasgo más distintivo: no haber explicado un fenómeno nuevo, sino haber hallado el tronco común del que brotan ramas que creíamos árboles separados.

El punto de partida, en su forma exacta

Seis axiomas fijan qué es el medio: **A1**, energía única, finita y conservada, sin vacío; **A2**, una pared inferior que impide al medio anularse; **A3**, causalidad a velocidad finita c ; **A4**, un grano de tamaño ℓ_P ; **A5**, una fase interna; **A6**, saturación superior. Leer A1 región por región da la densidad del medio, ρ_P . Y escribir la conservación como balance entre dos ramas ortogonales —lo que el medio retiene como estructura y lo que propaga como cambio— fuerza la forma del campo: $\Psi = S e^{i\theta}$, donde S es cuánto está tensado el medio y θ hacia dónde gira su fase. El campo complejo no es una conveniencia de cálculo, sino la expresión mínima de ese balance.

Aplicar el procedimiento lagrangiano a ese campo bajo los seis axiomas produce F1:

$$\mathcal{L}_{F1} = \frac{1}{2} \rho_P c^2 \ell_P^2 \partial_\mu \Psi^* \partial^\mu \Psi - V(S) - \frac{\rho_P c^2 \ell_P^4}{40} (\square S)^2 - V_q^{\text{dens}}(S)$$

Cuatro términos, cada uno con una función estructural: el **cinético** propaga el campo, con la densidad del medio ρ_P y su grano ℓ_P en el coeficiente; el **potencial** $V(S)$ sostiene las configuraciones estables; el **flexural** penaliza la curvatura del módulo; y el de **Klauder**, V_q^{dens} , diverge cuando $S \rightarrow 0$ y mantiene inaccesible el valor cero. Estirar una lámina y doblarla son dos maneras distintas de deformarla, y un material puede resistirse mucho a una y poco a la otra: una hoja de acero se dobla con la mano pero no hay manera de estirla. El término flexural es la resistencia del Pleno a *doblarse* —a que su tensión cambie de forma cada vez más cerrada de un punto al siguiente— y su coste crece con lo apretada que sea esa curvatura. Lo que penaliza, por tanto, son las variaciones de longitud comparable al grano: el propio material se opone a que ocurra nada más fino que él. Ninguno de los cuatro puede eliminarse sin sacrificar funcionalidad y ninguno se añadió por necesidad de ajuste. Y F1 se escribe con **tres cantidades primarias**: la densidad del medio ρ_P , su velocidad máxima de cambio c y su grano ℓ_P . Todo lo demás que aparece en el programa — G , $\hbar$, la escala del potencial, las dos paredes— se obtiene de esas tres más la geometría de la red. Las ecuaciones de Euler-Lagrange sobre F1 devuelven la ecuación del módulo, la de la fase y una corriente exactamente conservada.

Qué significa haber llegado aquí. Todo lo demás en el programa —la gravedad, la cuántica, el cosmos— es *evaluar* este objeto, no ampliarlo. Y eso tiene una consecuencia dura: una teoría con un único objeto dinámico no puede acomodar un desacuerdo añadiéndole un término. Cada resultado llega con estos mismos coeficientes o no llega. **[DERIVADO]**

2. Qué quiere decir “derivar”

Esa palabra —derivar— va a aparecer en cada página de aquí en adelante, y de lo que significa depende todo el peso de lo que el programa afirma.

En física hay dos maneras de llegar a una fórmula, y la distancia entre ellas es la distancia entre describir y explicar. La primera es **ajustar**: se tiene una medición, se propone una fórmula con unas cuantas perillas y se giran las perillas hasta que la fórmula pase por los datos. Es legítimo y ha construido buena parte del conocimiento, pero tiene un límite conocido: una fórmula con suficientes perillas termina acertando siempre, de modo que acertar, por sí solo, no prueba gran cosa. La segunda es **derivar**: partir de un punto fijo y avanzar por pasos en los que cada uno se sigue del anterior sin introducir nada nuevo por el camino, igual que se demuestra un teorema. Aquí no hay nada que girar, y por eso el resultado puede salir mal. Que salga bien sí prueba algo.

¿Y cómo se deriva algo de una ecuación como F1? Un Lagrangiano es un balance de energía: dice cuánta energía tiene el sistema en cada configuración que podría adoptar. Existe un procedimiento matemático —viejo, estándar, el mismo que usa toda la física teórica— que toma ese balance y devuelve las ecuaciones de movimiento: cómo evoluciona el sistema, qué formas estables admite, qué cantidades se le conservan. Ese procedimiento no admite creatividad. Aplicado al mismo Lagrangiano, dos personas obtienen la misma ecuación, igual que dos personas que dividen los mismos números obtienen el mismo cociente.

De esa ecuación general a una ley conocida hay un paso más: mirarla en un **régimen** concreto. La misma ecuación se comporta de manera distinta según se la observe a velocidades pequeñas o próximas a la de la luz, a distancias enormes o del tamaño del grano, con las configuraciones desordenadas o con todas alineadas. Al restringir la mirada a un régimen, la ecuación se simplifica, y lo que queda es a menudo una fórmula que la física ya tenía. Eso es un *límite efectivo*, y es el mecanismo por el cual una teoría más profunda contiene a las anteriores en vez de derogarlas: la mecánica de Newton no dejó de ser cierta cuando llegó Einstein, quedó como el límite de la relatividad para velocidades pequeñas y campos débiles.

Ahí está lo que significa que tantos resultados salgan de un solo F1. Cada vez que se elige un régimen y se hace la cuenta, la teoría no tiene margen: devuelve el número que devuelve. Si de F1 saliera una gravedad demasiado fuerte, o una radiación con el coeficiente equivocado, o una proporción de materia oscura que no cuadrara, no habría nada que retocar —F1 es el mismo objeto en todos los casos, y una perilla que arreglase un resultado desbarataría los demás—. Que leyes obtenidas en regímenes sin relación entre sí —la gravedad y la carga eléctrica, el brillo de un cuerpo caliente y la composición del cosmos— salgan todas del mismo objeto sin ajustar nada es, exactamente, lo que un ajuste no puede imitar.

El procedimiento, y qué es un límite efectivo

El paso de un Lagrangiano a las ecuaciones del sistema lo da la ecuación de Euler-Lagrange, que para un campo Ψ se escribe

$$\partial_\mu \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial (\partial_\mu \Psi)} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Psi} = 0.$$

El primer término mide cómo cambia el Lagrangiano cuando cambia la *variación* del campo de un punto al siguiente; el segundo, cómo cambia cuando cambia el campo mismo. Igualarlos a cero selecciona, entre todas las historias imaginables del sistema, aquella para la que la acción no varía a primer orden. Es un procedimiento cerrado: dado el Lagrangiano, la ecuación está fijada.

La potencia de esa herramienta se ve en lo que ya devuelve en la física conocida. Aplicada al Lagrangiano de una partícula clásica reproduce las leyes de Newton; al del campo electromagnético, las ecuaciones de Maxwell; a la acción de Einstein-Hilbert, las ecuaciones de campo de la relatividad general. Aplicada a F1, devuelve la ecuación dinámica del Pleno —una para el módulo, otra para la fase— y la corriente conservada que acompaña a la simetría de la fase, por el teorema de Noether.

Un **límite efectivo** es lo que queda de esa ecuación al restringirla a un régimen. Formalmente es un desarrollo en un parámetro pequeño: en potencias de v/c cuando las velocidades son bajas, en potencias de $k\ell_P$ cuando las longitudes de onda son grandes frente al grano, o promediando sobre configuraciones cuando lo que interesa es el comportamiento colectivo. Los términos de orden superior se desprecian y aparece una ecuación más simple, con su dominio de validez explícito.

Qué significa esto para el programa. Todo el contenido está ya dentro de F1 desde el primer momento; el trabajo consiste en extraerlo, no en inventarlo. Por eso los resultados del programa no son una colección de propuestas independientes que se pudieran aceptar o descartar una a una, sino un árbol de consecuencias encadenadas: cada una cuelga de la anterior, y quitar un eslabón deja sin soporte todo lo que venía después. **[DERIVADO]**

3. Una sola sustancia que lo llena todo

Imagina que el universo no está hecho de cosas sueltas flotando en un vacío, sino que es un único material continuo que lo llena absolutamente todo, sin huecos. Lo que llamamos “espacio vacío” no estaría vacío: sería ese material en reposo.

Una buena imagen es la de un medio elástico —piensa en una gelatina infinita, o en un cristal transparente que se extiende en todas las direcciones—. Y todo lo que existe sería una forma que adopta ese medio. Igual que las olas, los remolinos y las corrientes del mar no son cosas distintas del agua, sino formas del agua, las partículas, la luz y la gravedad no serían cosas distintas del Pleno, sino formas del Pleno. Una tensión aquí, un giro allá, una onda que lo recorre. Esa es la apuesta central de PIU- Ψ , y de ella cuelga todo lo demás: una sola sustancia, y el universo entero como sus infinitas maneras de moverse.

4. Cómo se organiza: un cristal con forma de diamante

Un medio así no es una papilla desordenada. El Pleno se organiza, se estructura internamente como un cristal, con sus unidades acomodadas en un patrón regular y repetido, igual que los átomos en una piedra preciosa.

Y no en un patrón cualquiera, sino en el mismo que tiene el diamante. En un diamante, cada átomo de carbono se une a otros cuatro, dispuestos hacia las puntas de un tetraedro —imagina cuatro partículas dispuestas de forma que siempre forman una pirámide de base triangular—. Es la manera más equilibrada y firme de repartir las uniones en el espacio, y por eso el diamante es el material natural más duro que existe. El Pleno comparte esa arquitectura: cada una de sus celdas se enlaza con otras cuatro en esa misma disposición tetraédrica. De esa geometría tan simple —“cuatro vecinos en forma de tetraedro”— se desprenden muchísimos de los números que vimos en la lista anterior. La forma del cristal no es un adorno: es la fuente de sus reglas.

La estructura de diamante no se postula, se *deriva*. No es una suposición cómoda metida en la teoría “porque sí”. Al plantear cómo debe organizarse un medio como el Pleno para ser estable y consistente consigo mismo, las matemáticas señalan, sin ambigüedad, esa disposición tetraédrica —la misma que la naturaleza elige, no por casualidad, para el material más resistente que existe—. Y de esa única forma geométrica se desprenden, encadenados y también con demostración, una multitud de los resultados que la teoría produce: el ángulo de las uniones y el número de vecinos fijan números concretos que reaparecen por todo el edificio. La geometría del cristal no es un adorno ni una elección: es una consecuencia derivada, y a la vez la raíz de la que cuelga casi todo lo demás.

La red diamante $Fd\bar{3}m$ del Pleno saturado: estructura bipartita con coordinación $Z = 4$
 El sustrato cristalino que el Pleno adopta en su fase de máxima compresión: dos subredes entrelazadas, cada nodo con cuatro vecinos tetraédricos

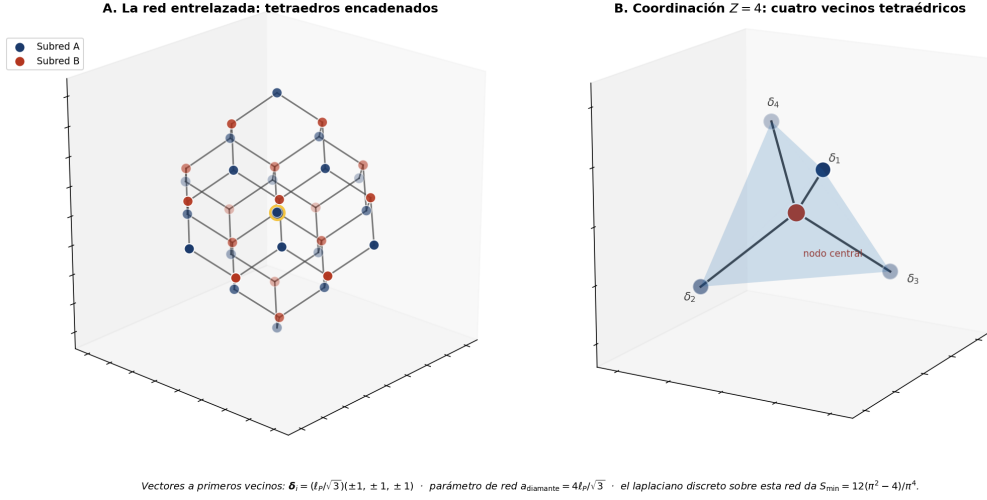


Figura 1: La estructura interna del Pleno: cada celda enlazada con otras cuatro en disposición tetraédrica, la misma arquitectura del diamante. De esta geometría salen las dos razones puras del medio.

La red y las dos razones puras del medio

El potencial de F1 tiene una pared abajo y otra arriba, pero la forma del Lagrangiano no dice por sí sola en qué valor del módulo cae cada una. Eso lo fija la microestructura que el medio adopta: al evaluar F1 se ve que cristaliza en la red diamante, con cuatro vecinos por celda —es la estructura que minimiza el propio término flexural de F1, la que menos energía cuesta doblar, y un discriminante uniáxico excluye los apilamientos rivales—. Y de esa red salen las dos posiciones.

El **suelo** se calcula por dos caminos independientes. El primero es puramente geométrico: se promedia el laplaciano discreto sobre todas las direcciones de la red y se compara con el de su subred par,

$$S_{\min} = \frac{\langle D_{\text{lat}} \rangle}{\langle D_{\text{lat}}^{\text{par}} \rangle} = \frac{12(\pi^2 - 4)}{\pi^4} = 0,7230871.$$

El segundo es dinámico y no comparte un solo paso algebraico con el anterior: se busca el mínimo del potencial, resolviendo $V'(S) = 0$. Da 0,7230874. Coinciden en siete cifras.

El **techo** sale del empaquetamiento máximo de esferas —el teorema de Hales—: es cuánto puede comprimirse la red diamante antes de saturar,

$$S_{\max}^{2, \text{geom}} = \frac{n_{\text{FCC}}^{\max}}{n_{\text{diamante}}} = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} = 2,1773242,$$

es decir, un módulo máximo $S_{\max} = 1,4756$. Y el coeficiente $1/40$ del tercer término de F1 sale de esa misma geometría.

Qué significa haber llegado aquí. Que las dos vías coincidan no estaba garantizado: son cálculos distintos sobre objetos distintos, y una discrepancia en la tercera cifra habría significado que el Lagrangiano y la red no describen el mismo medio —y el programa se habría roto en ese punto—. Que coincidan es la comprobación de que sí lo hacen. A partir de aquí, los números del programa no se eligen: se leen de una geometría que a su vez no se postuló, sino que se obtuvo minimizando F1.
[DERIVADO]

5. Las dos cualidades de cada punto: cuánto se tensa y hacia dónde gira

¿Y cómo se describe lo que pasa en el Pleno? Sorprendentemente, con solo dos datos en cada punto —los mismos dos que ya aparecieron en la fórmula $\Psi = S \cdot e^{i\theta}$ —:

- **Cuánto está tensado o comprimido** —es la S de la fórmula—. Llamémoslo su *tensión*. En reposo, esa tensión tiene un valor de fondo; donde hay “algo” —una partícula, una onda—, la tensión sube o baja.
- **Hacia dónde está girando** —es la θ de la fórmula—. El Pleno tiene en cada punto una especie de orientación de giro, como la manecilla de un reloj diminuto. Lo importante no es la manecilla de un punto suelto, sino cómo cambia la orientación de un punto al siguiente: si todas apuntan igual, el medio está en calma; si la orientación va rotando de un punto del medio al siguiente, eso es una onda viajando.

Con estas dos cualidades —la tensión y el giro— se entiende casi todo. De la tensión nacen las partículas y la materia; del giro, la luz y las fuerzas. La tensión del Pleno nunca llega a dos extremos. No puede estirarse hasta desaparecer (tiene un piso, nunca llega a cero) ni comprimirse sin fin (tiene un techo). El medio siempre conserva “algo” de sustancia y nunca colapsa del todo.

Esos dos límites no son una precaución añadida a mano. Son las dos paredes de un pozo: el Pleno tiene una curva de energía propia, con un fondo donde reposa y dos muros a los lados, y de esa curva salen tanto la energía oscura como la imposibilidad de que el universo colapse en un punto.

El potencial efectivo del Pleno $V_{\text{eff}}(S)$: pared IR, pozo del Pleno-suelo y pared de Gent
El objeto central de PIU- Ψ : tres componentes estructurales fijan el estado fundamental del medio

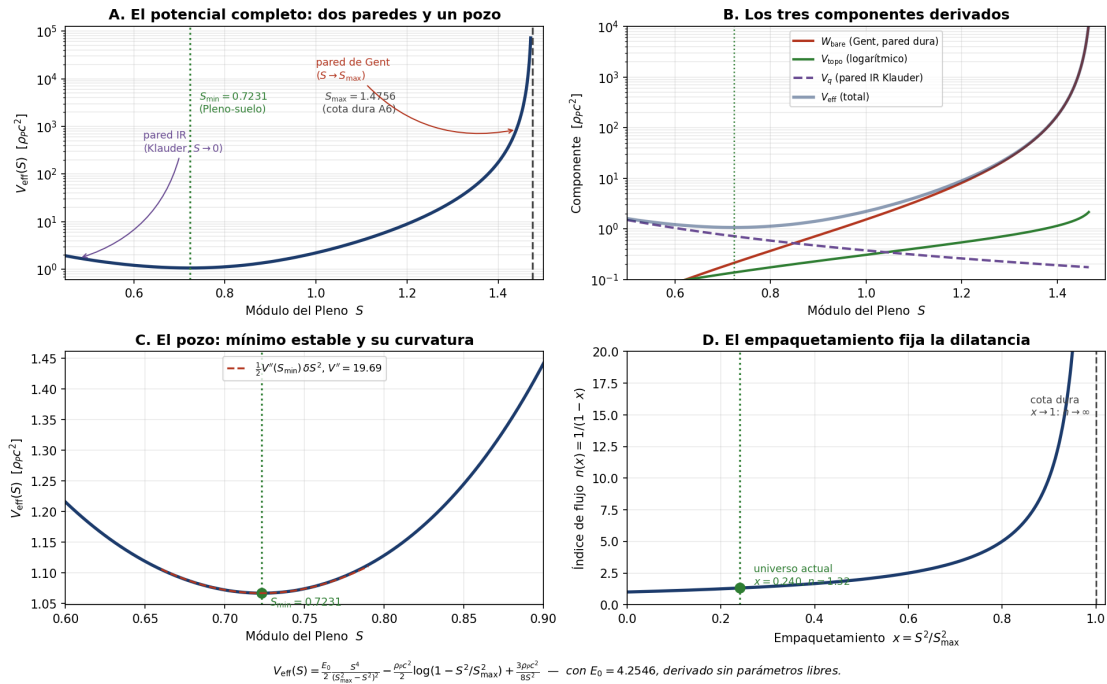


Figura 2: El potencial efectivo del Pleno: la pared inferior que impide que el medio se anule, el pozo donde reposa hoy, y la pared dura que impide comprimirlo sin fin. Las tres piezas están derivadas, sin parámetros libres.

El pozo, y por qué el medio no puede salirse de él

Las dos cotas no son estipulaciones: son las dos paredes de una curva que F_1 lleva dentro. Sumando los tres componentes del potencial se obtiene el potencial efectivo $V_{\text{eff}}(S)$, que dice cuánta energía cuesta cada configuración del medio, y su forma es la de un pozo con un muro a cada lado.

La **pared inferior** viene del término de Klauder, que diverge cuando el módulo tiende a cero: anularse le costaría al medio una energía infinita, de modo que la ausencia de vacío no es una prohibición impuesta desde fuera sino una imposibilidad energética. La **pared superior** viene del término logarítmico de Gent, que diverge al acercarse S a su valor de saturación: comprimir la red más allá del empaquetamiento máximo cuesta también energía infinita.

Entre las dos paredes queda el **fondo**, y ahí reposa el medio hoy. Su posición es $S_{\text{mín}} = 0,7231$ —el mismo número que dio la red—, y la curvatura del pozo en ese punto vale

$$\xi = \frac{V''_{\text{eff}}(S_{\text{mín}})}{\rho_P c^2} \approx 19,69,$$

un número adimensional que mide cuánto se resiste el medio a apartarse de su reposo. En esa configuración fundamental el Pleno tiene el 52 % de su densidad estructural primaria: $\rho_{\text{Pleno-suelo}} = \rho_P S_{\text{mín}}^2 \approx 0,5229 \rho_P$.

Qué significa haber llegado aquí. El potencial no se elige entre una familia de formas posibles para que salgan las cuentas, que es como se procede habitualmente cuando un modelo necesita un potencial: sus tres componentes están derivados y su escala de energía, $E_0 = 4,2546$, sale en forma cerrada de π y $\sqrt{6}$, sin un solo símbolo libre. Un pozo sin parámetros libres es lo que permite que cuanto se deduzca de él sea consecuencia y no ajuste. **[DERIVADO]**

6. Un medio firme que, llegado el caso, fluye

El Pleno tiene dos formas distintas de resistirse a que lo deformen, y de cada una brota una consecuencia célebre de la física. A la primera podemos llamarla su *firmeza*; a la segunda, su *resistencia a los cambios bruscos*. Son dos propiedades diferentes del mismo medio, no una sola.

La firmeza: cuánto cede el medio cuando lo empujas. Una buena manera de medir qué tan firme es algo es ver cuánto cede cuando lo aprietas. Hunde el dedo en una almohada: se hunde mucho. Apoya el mismo dedo, con la misma fuerza, sobre una mesa de madera: casi no cede. La almohada es blanda; la mesa, firme. “Firme” no significa más que eso: que ante un empujón dado, cede poco.

Pues bien, el Pleno —incluso en reposo, tranquilo, que es como está hoy— es extraordinariamente firme en ese sentido: cuando algo lo empuja, cede poquísimo. Que el Pleno sea firme no quiere decir que esté tenso o comprimido, como una cuerda estirada a punto de romperse. Al contrario: hoy el medio está en su estado más *relajado*, en calma, asentado en su reposo —el estado que el programa identifica con la energía oscura—. Es la firmeza serena de algo profundamente asentado, no la tirantez de algo forzado. De esta firmeza en reposo saldrá, contra toda intuición, la debilidad de la gravedad.

La resistencia a los cambios bruscos: por qué existe la velocidad de la luz. La segunda propiedad es de otra naturaleza, y aquí aparece una de las ideas más elegantes de todas. Ese medio firme se comporta normalmente como un sólido elástico: si lo deformas un poco, recupera su forma, como un resorte. Pero además tiene un carácter que depende de la *prisa*: cuanto más deprisa se le obliga a deformarse, más se resiste, hasta volverse infinitamente rígido en el límite. No es lo mismo que su firmeza estática —es una resistencia que crece con la velocidad del cambio—.

Hay sustancias cotidianas que hacen exactamente esto. La mezcla de maicena con agua: si la golpeas de repente, se comporta como un sólido y hasta puedes correr sobre ella; si la empujas

espacio, fluye entre los dedos. Su resistencia depende de qué tan rápido la fuerzas. El Pleno tiene un carácter parecido, y esa “resistencia que crece con la velocidad” esconde una consecuencia profunda: explica por qué nada puede ir más rápido que la luz. Acercarse a la velocidad de la luz equivale a intentar deformar el medio cada vez más deprisa; y el medio se endurece tanto que se vuelve imposible empujarlo más allá. La velocidad de la luz no es una regla impuesta desde fuera: es, sencillamente, el punto donde el Pleno se atasca.

Por qué existe un límite de velocidad

Todo material tiene una curva que dice cuánto se resiste según la prisa con que se le deforme. La del Pleno es

$$n(x) = \frac{1}{1-x}, \quad x = \frac{\text{tasa de deformación}}{\text{tasa máxima que el medio admite}},$$

la curva de un fluido dilatante: la resistencia crece con x y, al acercarse x a uno, se dispara sin cota.

Ahí está el contenido del límite de la luz. Acelerar un cuerpo es obligar al medio a reorganizarse a su alrededor cada vez más deprisa, es decir, subir x . La energía que eso cuesta va como la resistencia del medio, y esa resistencia diverge en $x = 1$. No es que empujar más allá de c esté prohibido por una regla: es que costaría una energía infinita, que es exactamente lo que dice el factor de Lorentz.

Qué significa haber llegado aquí. En la relatividad especial, el límite de velocidad es un postulado: se enuncia al principio y de él cuelga todo lo demás. Aquí no se postula nada; se calcula la respuesta de un material y el límite aparece donde su curva se hace vertical. Una de las dos piedras angulares de la física del siglo XX pasa de ser punto de partida a ser consecuencia. [\[DERIVADO\]/\[DLF\]](#)

Dos propiedades, entonces, dos frutos: de la *firmeza* vendrá la debilidad de la gravedad; de la *resistencia a los cambios bruscos*, el límite de la velocidad de la luz. Y de aquí salen también el espacio y el tiempo. El espacio es la extensión del propio medio; y el tiempo no es un escenario donde ocurren las cosas, sino el propio latido del Pleno. No son el teatro donde actúa la sustancia: son aspectos de la sustancia misma.

7. El tiempo: no un escenario, sino el latido del Pleno

Estamos acostumbrados a pensar el tiempo como un río que corre por su cuenta, independiente de todo, y a las cosas del universo como barcas que flotan en él. Primero está el tiempo; después, lo que pasa dentro. En el Pleno esa imagen se invierte, y la inversión es una de las ideas más profundas de toda la propuesta.

Aquí el tiempo no existe “por fuera”. No hay un río previo. Lo que llamamos tiempo es, sencillamente, cuánto ha cambiado el Pleno: la cuenta de sus cambios acumulados, medida contra el único ritmo de referencia que existe —la velocidad máxima a la que el medio puede reaccionar, que es la velocidad de la luz—. Piénsalo en un reloj: un reloj no mide un tiempo que estaría ahí de todos modos; con su tic-tac, fabrica el tiempo, lo va contando latido a latido. El Pleno es así: no envejece dentro del tiempo; su envejecer es el tiempo.

Esto suena abstracto, pero deshace de un plumazo preguntas que parecían insondables. “¿Qué había antes del universo?” o “¿a qué velocidad pasa el tiempo?” resultan ser preguntas mal planteadas —como preguntar qué hay al norte del Polo Norte—. No hay un “antes” sin Pleno que cambie, porque el “antes” mismo es una medida de cambio; y no hay una “velocidad del tiempo”, porque no existe un segundo reloj externo contra el cual cronometrar al primero. El tiempo no es un recipiente que se pueda llenar o vaciar: es la huella que va dejando la sustancia al transformarse.

Y hay un rasgo del desarrollo matemático que corona la idea. Tres cosas que a primera vista parecen distintas resultan ser una sola: la curva por la que el Pleno se relaja desde su estado más tenso hacia el reposo, el gran reloj que marca la historia del cosmos, y el paso mismo del tiempo.

No son tres relojes sincronizados: son el mismo objeto descrito de tres maneras.

8. La gravedad: no una fuerza que tira, sino el medio que se relaja

Durante siglos la pensamos como la describió Newton: una fuerza invisible que un cuerpo ejerce sobre otro, tirando de él a distancia. La Tierra “tira” de nosotros; el Sol, de la Tierra. Funciona de maravilla para calcular, pero deja una pregunta incómoda: ¿cómo hace un cuerpo para tirar de otro que está lejos, sin tocarlo, a través del vacío?

Hace un siglo, Einstein dio un vuelco a esa imagen y respondió, en buena parte, esa pregunta. En su relatividad general, la gravedad no es una fuerza que tira: es la *forma* del espacio. Una masa deforma el espacio a su alrededor —lo curva—, y los demás cuerpos, al moverse, no sienten ningún tirón: simplemente siguen el camino más recto que ese espacio curvado les permite. La imagen habitual es la de una bola pesada sobre una tela tensada: hunde la superficie, y una canica que pasa cerca cae hacia ella no porque la bola la atraiga, sino porque el suelo bajo la canica está inclinado. Einstein, así, disolvió el misterio del “tirón a distancia”: no hay tirón, hay geometría. La Tierra no jala a la Luna; encorva el espacio, y la Luna sigue la curva.

Aquí es donde PIU- Ψ entra, y no para contradecir a Einstein sino para responderle la pregunta que él dejó abierta. Einstein nos dice *que* el espacio se curva, y describe con una precisión exquisita *cómo* lo hace. Pero no dice *qué* es el espacio, ni *por qué* puede curvarse: lo toma como el escenario último, dado. PIU- Ψ da el paso siguiente. El espacio no es el suelo final de la realidad: es una descripción de cómo se comporta el Pleno visto desde lejos. Lo que Einstein llama “curvatura del espacio” es, mirado de cerca, la tensión del Pleno. Dicho en una frase: para Einstein, la geometría es el *punto de partida*; para PIU- Ψ , es el *punto de llegada* —algo que emerge del medio, no algo que haya que suponer—. Einstein geometrizó la gravedad; PIU- Ψ explica de qué está hecha esa geometría. Y cuando uno hace las cuentas, las ecuaciones de Einstein reaparecen intactas dentro de PIU- Ψ —no se tumban, se *derivan*—.

En el Pleno, la gravedad *no es una fuerza que tira*. Es algo más profundo, y nace directamente de la tensión que ya conocemos. Una masa —una estrella, un planeta, tú mismo— es, vista de cerca, una perturbación de la tensión del Pleno: una región donde el medio está alterado respecto del reposo, y esa alteración se desvanece poco a poco con la distancia. Ahora pon dos masas cerca: sus dos alteraciones se solapan en el medio que comparten. Y al Pleno le “cuesta” energía sostener dos zonas tensas separadas; le resulta más económico cuando se acercan y se funden. Por su propia elasticidad, el medio tiende a relajar esa tensión, y la forma de relajarla es juntar las dos masas. Eso que llamamos “atracción gravitatoria” no es una masa tirando de otra: es el medio entre ellas relajando su tensión al unir las.

Piensa en dos gotas de agua sobre una mesa: cuando quedan muy cerca, se funden en una sola. No es que una “tire” de la otra; es la tensión del propio líquido la que, al tocarse sus bordes, las une. La gravedad del Pleno es de esa misma familia. Y así, la vieja pregunta incómoda de Newton ni siquiera se plantea: no hay nada que tire a través del vacío, porque no hay vacío; hay un medio continuo que lo explica todo por contacto, punto a punto.

Un medio muy firme debería producir una gravedad muy fuerte. Ocurre justo lo contrario: produce la fuerza más débil de toda la naturaleza. La razón es limpia una vez que se entiende qué es, en realidad, la “constante de la gravedad” —ese número que fija su intensidad—. En PIU- Ψ ese número no mide una fuerza: mide **cuánto cede el medio** cuando pones una masa en él —y esa cesión es lo que un observador lejano lee como curvatura del espacio—. Y “ceder poco” es exactamente lo que significaba ser firme. Firmeza y gravedad no son, pues, dos hechos: son el mismo hecho visto por sus dos lados. Un medio que casi no cede es un medio donde una masa apenas altera la geometría que se lee de él; y una curvatura mínima es una gravedad mínima. La

constante de la gravedad es tan pequeña, precisamente, porque mide la cesión de un medio que en reposo apenas cede.

La constante de Newton como identidad estructural

Se toman dos perturbaciones del módulo separadas una distancia r y se calcula, con F1, la energía que cuesta sostenerlas. El resultado tiene la forma $-GM_1M_2/r$ del potencial de Newton, y al comparar los dos no queda ningún factor suelto: el coeficiente que multiplica al término cinético de F1 es c^4/G . Despejando,

$$\rho_P c^2 \ell_P^2 = \frac{c^4}{G} \quad \Longleftrightarrow \quad \boxed{G = \frac{c^2}{\rho_P \ell_P^2}}$$

Es decir: la constante de la gravedad es la velocidad de la luz al cuadrado dividida por la densidad del medio y por el cuadrado de su grano. Nada más entra en la fórmula.

Esto no es análisis dimensional. El programa tiene invariantes adimensionales propios, y cualquiera de ellos multiplicando a esa expresión daría las mismas unidades; la derivación no elige la forma, devuelve el **coeficiente**, y el coeficiente vale uno. De ahí sale también la rigidez del medio, $c^4/2G \approx 6 \times 10^{43}$ newtons, que es el mismo coeficiente que lleva la acción de Einstein-Hilbert.

Queda una frontera. Que G dé el número exacto que da en el sistema internacional exige haber fijado antes la calibración del metro, el kilogramo y el segundo en un punto. Eso es una afirmación sobre la vara de medir, no sobre la derivación —el valor SI de una constante con dimensiones es inderivable en principio, para cualquier teoría—. Fijado ese único punto, la estructura fuerza el resto.

Qué significa haber llegado aquí. En la relatividad general y en el modelo estándar, G entra como dato: se mide y se acepta. Ninguna teoría anterior la devuelve desde su propia dinámica. Aquí sale como identidad del medio, y con ella deja de ser un enigma que valga lo minúsculo que vale: su pequeñez es la firmeza del Pleno leída del otro lado. **[DERIVADO]**

Y con ella, las ecuaciones de Einstein

La constante sola no bastaría. Lo que hace falta es que reaparezca la ecuación entera de la relatividad general, y reaparece por un mecanismo conocido —el de Sakharov—: se integran las fluctuaciones del modo tensorial del medio y lo que queda como acción efectiva de la geometría es, término a término,

$$\Gamma_{\text{ind}}[g] = -\frac{c^4}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} R + \mathcal{O}(R^2/E_P^2) \quad \Longrightarrow \quad \boxed{R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}^{(\text{Pleno})}}$$

El primer miembro es la curvatura del espacio-tiempo; el segundo, lo que el Pleno contiene en cada punto. Es la ecuación de campo de Einstein, sin retoques.

El coeficiente sale *completo*, no “del orden de”: el factor $c^4/16\pi G$ aparece con su valor, con G ya derivada en el cuadro anterior. Y de la misma cuenta, resolviendo alrededor de una masa estática, se lee la métrica de Schwarzschild con su radio $r_s = 2GM/c^2$ —la geometría de los agujeros negros—.

Qué significa haber llegado aquí. La curvatura del espacio-tiempo no es aquí un punto de partida sino la acción elástica efectiva de un medio, y las ecuaciones de Einstein son lo que ese medio hace visto de lejos. La relatividad general queda íntegra dentro del programa, como límite efectivo y con su coeficiente exacto: no se corrige, se explica de qué está hecha. **[DERIVADO]**

Nada de esto exige un acto de fe: no hace falta afirmar de antemano “el Pleno es firmísimo”. Podemos ir al revés. La debilidad de la gravedad es un hecho *medido*, que todos conocemos; y de esa debilidad medida se *deduce* cuán firme es el medio, sin tener que suponerlo. La firmeza del Pleno no es un postulado que haya que creer: es la huella que la propia gravedad, con lo débil que es, deja al descubierto. La debilidad de la gravedad deja de ser un misterio y pasa a ser la lectura directa de esa firmeza en reposo.

¿Y cuán débil es? Más de lo que la intuición sospecha. Un simple imán de nevera, del tamaño de una moneda, levanta un clip venciendo la atracción gravitatoria de todo el planeta Tierra tirando en sentido contrario. Esa pizca de magnetismo le gana al planeta entero. Y sin embargo la

gravidad, siendo billones de billones de veces más débil que las demás fuerzas, es la que gobierna el universo a gran escala. ¿Cómo puede la más débil mandar sobre las galaxias? La clave está en su alcance. Las otras fuerzas, con toda su intensidad, o bien solo actúan a distancias diminutas —las nucleares no llegan más allá del núcleo de un átomo—, o bien se cancelan a sí mismas: en la materia hay tantas cargas positivas como negativas, y sus tirones eléctricos se anulan casi por completo. La gravedad, en cambio, nunca se cancela —no hay “masa negativa” que la contrarreste— y su alcance no tiene límite: se suma y se suma a través de distancias cósmicas, de planeta a estrella, de estrella a galaxia. Así, la fuerza más floja de todas, precisamente por actuar sin cancelarse sobre distancias inmensas, termina siendo la que da forma al cosmos entero.

Esa debilidad descomunal de la gravedad es uno de los grandes enigmas sin resolver de la física: nadie sabe, en el marco habitual, por qué es tan extraordinariamente más floja que el resto. Se acepta como un hecho, un “es así”. Lo hermoso de una buena teoría es que convierte un “es así” en un “es así porque”; y aquí el programa no reemplaza nada —la gravedad de Newton y de Einstein sigue intacta—, sino que le da una razón por debajo: por qué su constante vale lo minúsculo que vale. No es la palabra final —queda mucho por confirmar—, pero muestra la aspiración: no solo describir el universo, sino entender por qué es como es.

9. La otra constante: el giro de un grano

Si la firmeza del medio da la constante de la gravedad, la otra gran constante de la física —la cuántica, la de Planck— sale del otro lado del campo: del giro.

El Pleno tiene grano: no es infinitamente divisible, sino que está hecho de celdas de un tamaño mínimo, y cada celda tiene una orientación de giro. Una celda girando sobre sí misma, a la máxima velocidad que el medio permite, tiene una cantidad de rotación bien definida —lo que en física se llama momento angular—. Ese número, el momento angular de un solo grano girando a tope, *es* la constante de Planck. No es una analogía: es una identidad, y sale de la misma estructura de la que salió la gravedad.

En el marco habitual, la gravedad y la cuántica son dos teorías separadas, con dos constantes independientes, y el problema del siglo ha sido casarlas. En el Pleno, ambas constantes son dos lecturas del mismo medio: una mide cuánto cede cuando lo aprietas, la otra cuánto gira su grano más pequeño. Y hay una propiedad del medio —su rigidez a doblarse, algo tan elástico y tan poco cuántico como la rigidez de una lámina— que resulta valer exactamente una cantidad cuántica. Gravedad y mecánica cuántica no son dos teorías por reconciliar: son dos maneras de leer el mismo coeficiente.

De la misma estructura sale también el famoso principio de incertidumbre de Heisenberg, y sale con su valor exacto: no “del orden de” la constante de Planck, sino con el factor un medio que la teoría cuántica exige, y con una corrección diminuta que aparece cuando uno se acerca al tamaño del grano.

La constante de Planck es el giro de un grano

Una celda del medio tiene un momento de inercia respecto de su fase interna, $I_\theta = \rho_P \ell_P^5$ —masa por radio al cuadrado, con el tamaño del grano—, y puede girar como máximo a la tasa $\omega_P = c/\ell_P$, porque nada en el Pleno cambia más rápido que c . Su momento angular es el producto de ambos:

$$\hbar = I_\theta \omega_P = (\rho_P \ell_P^5) \cdot \frac{c}{\ell_P} = \rho_P c \ell_P^4$$

Otra vez el coeficiente que devuelve la derivación vale uno, y con una diferencia respecto del caso de G : la densidad ρ_P ya quedó fijada por la identidad de la gravedad. Evaluar $\hbar$ con ella no es un segundo ajuste, es una consecuencia —y reproduce el valor medido a quince cifras—. Entre las dos

identidades se cumple además, exactamente, la relación $\ell_P = \sqrt{\hbar G/c^3}$.

La rigidez del medio a doblarse —el tercer término de F1, una propiedad puramente elástica— resulta valer $\gamma_\kappa = \hbar c/40$: una cantidad cuántica. Y el principio de incertidumbre sale con su piso exacto, con el factor un medio que la teoría cuántica exige, más una corrección que solo aparece al acercarse al tamaño del grano:

$$\Delta x \cdot \Delta p = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + \frac{3}{80} \left(\frac{\ell_P}{\sigma} \right)^2}$$

Qué significa haber llegado aquí. La gravedad y la mecánica cuántica llevan un siglo tratadas como dos teorías con dos constantes independientes, y el problema central de la física fundamental ha sido casarlas. Aquí las dos constantes salen del mismo medio con las mismas dos escalas: una mide cuánto cede al apretarlo, la otra cuánto gira su grano. No hay dos teorías que reconciliar; hay un material leído por dos lados. **[DERIVADO]**

Y no se queda en la constante. La mecánica cuántica es una teoría con varios enunciados que se aceptan sin demostración: que la probabilidad de encontrar una partícula en un sitio sea el cuadrado de la función de onda, o que las correlaciones entre partículas separadas puedan superar lo que permite la física clásica pero se detengan exactamente en cierto número. Son postulados: reglas que funcionan y que la teoría no explica. En el Pleno dejan de serlo.

Los postulados de la cuántica, como consecuencias

Por qué la probabilidad es el cuadrado. La simetría de la fase le da al medio una corriente exactamente conservada —el teorema de Noether otra vez—, y esa corriente se puede repartir por regiones como se reparte un caudal. La probabilidad de hallar la partícula dentro de una región no es entonces una regla añadida, sino la fracción de esa corriente que la región contiene:

$$P(R) = \int_R |\psi_{\text{norm}}|^2 d^3x.$$

Lo que en la mecánica cuántica es la regla de Born, aquí es contabilidad de una cantidad que se conserva.

Por qué las correlaciones se detienen donde se detienen. Dos partículas que compartieron origen mantienen una relación de fase, y medirlas en dos ángulos a y b da la correlación $E(a, b) = -\cos(2(a - b))$. Ese factor dos —la fase gira el doble que el ángulo del aparato— es geometría de la fase del medio, y arrastra una consecuencia inmediata:

$$|S| \leq 2\sqrt{2} = 2,8284.$$

La física clásica no puede pasar de 2; el experimento llega hasta 2,83 y ni un paso más. Ese techo —la cota de Tsirelson— es un hecho medido que la mecánica cuántica constata sin explicar; aquí sale de cómo gira la fase.

Y las ecuaciones del régimen cuántico salen como límites de F1: a baja energía aparece la ecuación de Schrödinger no lineal de un condensado, con sus coeficientes fijados por el medio; y sobre la red diamante la estructura de bandas produce conos con un álgebra de Clifford completa, de donde la ecuación de Dirac del electrón emerge por dos vías convergentes, sin postular espinores.

Qué significa haber llegado aquí. Esta rama entera —de $\hbar$ al piso de la incertidumbre, de la regla de Born a la cota de las correlaciones— *no contiene un solo eslabón calibrado*. No hay en ella ningún parámetro donde absorber una discrepancia, lo que la convierte en la parte más expuesta del programa: cualquiera de estos números podría haber salido mal y no habría dónde esconderlo. Y desde ella se alcanza además un resultado astrofísico, la masa a la que una estrella colapsa,

$$M_{\text{Ch}} = \frac{\sqrt{3}\pi}{2} (-\xi^2 \theta')_{n=3} \frac{(\hbar c/G)^{3/2}}{(\mu_e m_u)^2} \approx 1,456 M_\odot,$$

con $\hbar$ y G ya derivadas, frente al valor conocido de unas 1,44 masas solares. **[DERIVADO]**

10. De dónde sale “todo”

Con las pocas ideas que ya tenemos —un medio elástico cristalino, con tensión y giro, firme pero capaz de fluir— la propuesta reconstruye el catálogo entero de cuanto existe:

- **Las partículas** (un protón, un electrón) son nudos estables del medio: torsiones que se enrollan sobre sí mismas y no se deshacen fácilmente, como un nudo bien hecho en una cuerda. Por eso son estables, y por eso vienen en cantidades enteras: un nudo está o no está, no hay medio nudo. Su masa es, a grandes rasgos, la energía guardada en sostener ese nudo.
- **La luz** y todas las ondas electromagnéticas son ondas del giro recorriendo el medio: la orientación local va rotando de punto en punto, y esa rotación viaja. No hace falta un campo electromagnético aparte; es el propio Pleno ondulando en su orientación.
- **La materia oscura** —esa masa invisible que mantiene unidas a las galaxias— sería otra familia de configuración del mismo medio. Las partículas ordinarias son nudos que, además de tensar el Pleno, lo hacen girar sobre sí mismo, y de ese giro nacen la carga eléctrica y la luz. La materia oscura sería un grumo más liso: pesa (tensa el medio y por eso gravita), pero le falta justamente ese giro —la circulación que produce el electromagnetismo—. Y ahí está la razón de que sea oscura: no es que “apenas interactúe” por casualidad, es que no tiene el mecanismo que genera luz, así que no puede brillar ni reflejar nada. No es una partícula exótica de otra naturaleza: es el mismo Pleno, organizado sin ese giro. Materia ordinaria y oscura son, pues, primas hermanas —una anudada y luminosa, la otra lisa y muda—. La teoría, además, *calcula* cuánta materia oscura debe haber en relación con la ordinaria, y el número le sale de la pura geometría del cristal, cayendo dentro del margen de error de las mediciones, sin ajustar nada.
- **La energía oscura** sería el estado de reposo profundo del propio Pleno: aun donde no hay partículas ni ondas, el medio relajado conserva una energía basal, presente en todas partes, como el fondo del océano sobre el que ocurre todo lo demás. En su estado de reposo —que es el estado en el que el universo ya se encuentra hoy— esa energía se comporta **exactamente como una constante**: la misma en todas partes y en todo momento, sin la menor variación. No es “casi” constante: es una constante genuina, porque es una propiedad de simetría del reposo del medio, no un campo que todavía esté rodando hacia alguna parte. Lo que sí cambia con el tiempo es su *peso relativo* en el balance del universo, y la razón está en qué es la expansión. Lo que se expande no es un recipiente que contenga al Pleno: es el Pleno mismo distendiéndose. Al distenderse, las configuraciones anudadas —la materia— quedan cada vez más separadas y su densidad cae; el fondo en reposo, en cambio, conserva la suya, porque no depende de cuánto se haya distendido el medio sino de dónde está el suelo de su curva de energía. La fracción que representa el fondo crece así poco a poco, hasta un tope fijado por la geometría del cristal. Por eso hoy lo vemos dominar: no porque aumente, sino porque lo demás se rarifica.
- Y a la mayor escala de todas, **el Pleno entero podría respirar**: comprimirse y volver a distenderse en ciclos. Como el medio no puede comprimirse hasta el infinito —recuerda su techo—, un colapso no termina en una catástrofe sin salida, sino que rebota y da lugar a una nueva expansión. Y ese rebote no es un detalle lejano: en la propuesta es el momento en que nace todo lo demás. Al descomprimirse y enfriarse, el Pleno “cuaja” —como el agua que se vuelve hielo formando cristales—, y en ese cuajar se separan y quedan fijadas las distintas configuraciones: la materia que vemos, la materia oscura, el fondo de energía oscura, e incluso las pocas clases de partículas fundamentales que existen. El rebote es, por así decirlo, la fragua donde se forjó el inventario del universo.

La luz y las fuerzas: la fase que circula

Tómese la fase del Pleno y recórrase una cara elemental de la red, volviendo al punto de partida. Lo que en general no vuelve a su valor inicial es el ángulo: queda una circulación neta. Esa circulación, escrita como campo, es el electromagnetismo:

$$E_{\text{mag}} = \frac{8}{9} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}, \quad F_{\mu\nu} = \partial_\mu a_\nu - \partial_\nu a_\mu,$$

donde a_μ es el ángulo de fase acumulado en cada dirección y el coeficiente 8/9 sale de la geometría de esas caras, no de un ajuste. De ahí se siguen las identidades de Bianchi y, por Euler-Lagrange, las ecuaciones de Maxwell. Si el grupo interno no conmuta, la misma construcción añade el término $i[A_\mu, A_\nu]$ y aparece Yang-Mills, la estructura de las fuerzas nucleares.

Y la luz viaja a c sin que haya que imponerlo: la perturbación de la fase se propaga a la tasa máxima de cambio del medio. La velocidad de la luz y la velocidad límite no son dos constantes que casualmente coinciden; son la misma cantidad medida de dos maneras.

Qué significa haber llegado aquí. Maxwell y Yang-Mills se obtienen sin postular ningún campo electromagnético: no hay un campo aparte que viva sobre el espacio, hay una sola sustancia cuya fase circula. Que las dos teorías gauge del modelo estándar salgan de la misma construcción geométrica, con coeficiente derivado, es lo que permite tratarlas como ramas del mismo tronco y no como capítulos independientes. [\[DERIVADO\]](#)

La materia: nudos, carga entera y tres quarks

En el mismo campo caben configuraciones que no se pueden deshacer estirando: nudos. Son de dos clases según cómo se enrollen —skyrmiones, con un número de vueltas B que se conserva por topología, y Q -balls, sostenidas por la carga conservada de la fase—, y esa clasificación es la clasificación de la materia.

La carga eléctrica es el número de vueltas. No una propiedad que se le adjudica a la partícula, sino cuántas veces se enrolla la fase alrededor del nudo. Y un enrollamiento solo puede ser un número entero: no existe media vuelta. De ahí salen dos exactitudes que la física estándar da por buenas sin explicarlas. La neutralidad de la materia —que la carga del protón y la del electrón se cancelen— es exacta por construcción, y el experimento la confirma hasta una parte en 10^{21} . Y la proporcionalidad entre carga y masa se cumple hasta una parte en 10^{15} .

De ahí sale también la química. Cuando el número de vueltas es impar, un teorema topológico —el criterio de Finkelstein-Rubinstein— obliga al nudo a comportarse como fermión. Es decir: el principio de exclusión de Pauli, y con él el que los electrones se apilen en capas y exista la tabla periódica, no es un postulado añadido a la cuántica sino una consecuencia de cómo está anudado el medio.

Y los tres quarks. La vuelta $B = 1$ del protón no se reparte de cualquier modo: se reparte en tres vórtices enlazados de forma borromea —tres anillos que se sostienen entre sí y se separan al quitar cualquiera—, y la aritmética módulo 3 sobre esos tres devuelve las cargas observadas: $(2, 2, -1)$ para el protón, $(2, -1, -1)$ para el neutrón. Con la masa del protón como única escala de entrada, el tamaño sale $R_p = 0,851$ fm frente a $0,8409$ medido, y la masa de la Δ , 1202 MeV frente a 1232 .

Qué significa haber llegado aquí. Que la materia venga en unidades enteras, que la carga esté cuantizada, que los quarks sean tres y no dos ni cinco, y que exista el principio de exclusión, son hechos que el modelo estándar describe con precisión pero no explica: los toma como estructura dada. Aquí son consecuencias de que el medio se anude, y el que la cuenta cierre además con el radio del protón dentro del uno por ciento indica que la imagen no es solo cualitativa. [\[DERIVADO\]/\[DLF\]](#)

Todo esto, con *una sola sustancia*. No hay un ingrediente para la gravedad, otro para la luz, otro para la materia oscura. Hay el Pleno, y sus distintas maneras de tensarse, girar, ondular y fluir.

El reparto del cosmos, desde la geometría del cristal

La materia ordinaria se anuda y por eso ocupa la esfera entera de direcciones del medio; la oscura, sin ese anudamiento, ocupa solo la celda de la red —el tetraedro de Voronoi—. La proporción entre ambas es entonces una razón entre dos áreas, y esa razón es un número puro:

$$\frac{\Omega_{MO}}{\Omega_M} = \frac{2A_{\text{esfera}}}{A_{\text{tetraedro}}} = \frac{2(4\pi R^2)}{(8\sqrt{3}/3)R^2} = \sqrt{3}\pi \approx 5,4414$$

La medición de Planck 2018 da $5,375 \pm 0,077$. Es un acuerdo a **0,86 σ** con *cero* parámetros libres. Y la comparación es limpia: se hace contra las densidades físicas leídas directamente de las alturas de los picos del fondo cósmico —donde el factor h^2 se cancela—, no contra parámetros que ya son salida de un ajuste previo.

Los valores individuales de cada componente heredan además una cantidad de estado —dónde se encuentra hoy el medio en su recorrido—, que en este sector se lee como la fracción de condensado f_c . Es la misma cantidad que marca la hora del reloj cósmico: una sola lectura de estado en todo el programa, no dos calibraciones. Con ella cae detrás todo el bloque de densidades:

Cantidad	PIU- Ψ	Planck 2018	Acuerdo
$\Omega_{EO} = f_c$	0,6869	$0,6847 \pm 0,0073$	$0,30\sigma$
$\Omega_m = 1 - f_c$	0,3131	$0,315 \pm 0,007$	$0,27\sigma$
Ω_{MO} (oscura)	0,2645	$0,2645 \pm 0,007$	$0,07\sigma$
Ω_M (bariónica)	0,0486	$0,0493 \pm 0,0006$	$1,2\sigma$

La energía oscura, además, es el condensado de fase en reposo en el suelo del pozo, y de ahí que su tensor de energía sea proporcional a la métrica: $w = -1$ *exacto*, sin residuo. Y si hubiera residuo, solo podría tener un signo —la positividad del término cinético impone $w + 1 \geq 0$ —, de modo que la teoría veta la región fantasma en la que w sería menor que -1 .

Qué significa haber llegado aquí. El sector oscuro es el 95 % del contenido del universo, y en el modelo estándar sus proporciones son parámetros que se ajustan a la observación: nadie sabe por qué valen lo que valen. Aquí la razón entre materia oscura y ordinaria no tiene perilla ninguna: es un cociente entre el área de una esfera y la de un tetraedro, y cae dentro del error de los satélites. Los valores absolutos cuelgan de una sola cantidad de estado, la misma en todo el programa. Un número sacado de la geometría de un cristal acertando en la composición del cosmos es la clase de coincidencia que no se produce por casualidad. [\[DERIVADO\]](#)/[\[CALIBRADO\]](#)

Queda el último punto de esa lista, el rebote, que es donde todo lo anterior se fabricó.

El rebote: por qué no hay singularidad

Comprimir el Pleno es subirlo por la pared superior de su pozo, y esa pared diverge. La consecuencia se puede cuantificar: la autogravedad de una región colapsando se queda corta por un factor de unas cuatrocientas mil veces respecto de la energía que haría falta para llegar hasta la pared. La configuración de saturación es *inalcanzable*, y no por poco.

Lo que ocurre en su lugar es un rebote, y la ecuación que lo gobierna es la de un oscilador amortiguado:

$$\rho_P \ell_P^2 \ddot{\bar{S}} + \eta(\bar{S}) \dot{\bar{S}} + V'_{\text{eff}}(\bar{S}) = 0,$$

donde $\bar{S}$ es el módulo medio del universo, V'_{eff} la pendiente del pozo —la fuerza que lo devuelve al fondo— y η el amortiguamiento del medio. Ese amortiguamiento no es constante: crece al comprimir, de 0,984 en la configuración actual hasta unas 10^4 veces más contra la pared. Un rebote sobreamortiguado es un rebote limpio, sin resonancias ni rizado.

Qué significa haber llegado aquí. La singularidad inicial es, en la relatividad general, un teorema: bajo condiciones muy generales el colapso termina en un punto donde las ecuaciones dejan de tener sentido. Los modelos que la evitan lo hacen normalmente añadiendo materia exótica o eligiendo condiciones iniciales particulares. Aquí no se evita: es *inaccesible*, porque el material no admite esa compresión, y la cota que lo impide es la misma pared A6 de la que salió el techo del pozo. El comienzo del universo deja de ser un punto donde la física se rompe y pasa a ser el punto donde el medio da media vuelta. [\[DERIVADO\]](#)

11. El calor del propio medio

Queda una familia entera de leyes por explicar, y es la que se pregunta por el calor. ¿Qué es la temperatura, si todo lo que existe es una sola sustancia? En la física habitual, el calor se trata con su propio aparato —la termodinámica y la mecánica estadística—, con sus propias reglas sobre cómo se reparten la energía muchas partículas. Aquí no cabe ese préstamo: si el Pleno es lo único que hay, el calor tiene que ser algo que le pasa al Pleno, y sus leyes tienen que salir de contarlos.

Y salen. La temperatura, en esta lectura, es el desorden del giro: cuando las orientaciones de todas las celdas están acompasadas, el medio está frío —es el condensado, el reposo, la energía oscura—; cuando cada celda gira por su cuenta, sin acuerdo con sus vecinas, el medio está caliente. Temperatura y descoherencia son la misma cosa. Y como el medio tiene un techo de compresión, también tiene una temperatura máxima: el punto donde el gas de vibraciones alcanza la densidad del propio medio y ya no cabe más calor.

Sin suponer ninguna distribución estadística de antemano —sin importar nada de la física del calor— basta repartir vibraciones indistinguibles entre los modos del medio y pedir equilibrio para que salga, sola, la estadística de Bose-Einstein, la que gobierna los fotones y toda la familia de los bosones. E integrando esa ocupación sobre los modos sale la ley de Stefan-Boltzmann, la que dice cuánto irradia un cuerpo caliente, con su coeficiente exacto. La termodinámica del Pleno no se toma prestada de otra teoría: se deduce del conteo de sus propias configuraciones.

Bose-Einstein y Stefan-Boltzmann, por conteo

Tres pasos, y en ninguno se supone una distribución estadística. **Primero**, se expande F1 hasta segundo orden alrededor del reposo: cada modo de la fase queda como un oscilador armónico, con su frecuencia ω_k fijada por el medio. **Segundo**, se cuenta de cuántas maneras pueden repartirse vibraciones *indistinguibles* entre esos osciladores; es combinatoria pura, y da la entropía por modo $\sigma(n)/k_B = (1+n)\ln(1+n) - n\ln n$. **Tercero**, se pide equilibrio usando la definición nativa de temperatura, $1/T = dS/dE$. Eso fuerza la ocupación media:

$$\langle n \rangle = \frac{1}{e^x - 1}, \quad x = \frac{\hbar\omega}{k_B T}$$

que es la estadística de Bose-Einstein. Y el carácter bosónico tampoco se postula: el modo de la fase es un bosón de Goldstone, su momento viene en múltiplos enteros de $\hbar$ y no tiene tope de ocupación. Integrando esa ocupación sobre todos los modos se obtiene la entropía por unidad de volumen, que es lo que fija cuánto irradia un cuerpo caliente:

$$\frac{s}{k_B} = \frac{g_*}{2\pi^2} \int_0^\infty k^2 \sigma_k dk = 0,877298168986 \quad \text{frente a} \quad \frac{2\pi^2}{45} g_* = 0,877298168986,$$

el coeficiente de la ley de Stefan-Boltzmann, coincidiendo en trece cifras.

Qué significa haber llegado aquí. La termodinámica y la mecánica estadística son, en la física habitual, un aparato aparte, con sus propios postulados sobre cómo se reparte la energía. Aquí no se importa ninguno: la estadística de los fotones y la ley que gobierna el brillo de una estrella salen de contar configuraciones de la misma sustancia de la que salieron la gravedad y la carga. Una rama entera de la física que se creía independiente resulta ser una consecuencia del mismo Lagrangiano.

[DERIVADO]

De la misma cuenta sale un piso de disipación —un mínimo de viscosidad por debajo del cual el medio no puede fluir—, y tiene una lectura física limpia. En un gas diluido, nada impide que un fluido fluya sin ninguna fricción interna: basta diluirlo lo suficiente. En el Pleno es imposible, porque el medio siempre está lleno y acoplado —no hay dónde diluir, no hay vacío—. La existencia de un mínimo de viscosidad, que en la física habitual se conjetura desde la teoría de cuerdas,

aquí es la imposibilidad del vacío leída como propiedad de transporte. Y la ventana que la teoría predice es la franja donde se mueven, en el laboratorio, el plasma de quarks y gluones y los gases atómicos ultrafríos: el mismo medio en regímenes separados por veintidós órdenes de magnitud en temperatura.

12. Cómo el Pleno cierra el abismo entre lo grande y lo pequeño

El gran problema del que partimos era este: lo muy grande (la gravedad, el cosmos) y lo muy pequeño (las partículas, lo cuántico) se describen con dos teorías que no encajan, y nadie ha logrado unirlos en un siglo.

PIU- Ψ no intenta pegar las dos teorías: parte de que nunca fueron dos cosas. Si todo —lo grande y lo pequeño— es el mismo Pleno, entonces la gravedad y lo cuántico no son dos mundos que reconciliar a la fuerza, sino dos comportamientos del mismo medio a escalas distintas. En lo pequeño, el Pleno se manifiesta como partículas y fenómenos cuánticos; en lo grande, como gravedad y cosmología. No hay abismo que salvar, porque debajo de ambos está la misma sustancia.

Y esto explica, de paso, por qué PIU- Ψ esquivo el atasco de los infinitos que arruinaba todos los intentos anteriores. Ese atasco nace de tratar la gravedad como una fuerza fundamental y querer “cuantizarla”. Pero en el Pleno la gravedad no es fundamental: emerge del medio a gran escala, como vimos. No hay que cuantizarla, igual que no “cuantizamos” las olas del mar —entendemos que son agua—. Y como el medio tiene un tope (no se comprime hasta el infinito: tiene techo), los infinitos sencillamente no aparecen: el propio material pone el límite. Que una sola idea hable con naturalidad tanto del cosmos como del átomo no resuelve el viejo problema de un plumazo —queda trabajo por hacer—, pero hace algo más elegante: lo disuelve, mostrando que tal vez nunca hubo dos cosas que unir, sino una sola vista desde dos distancias.

Los dos modos del medio, y de dónde sale el corte

Perturbar el Pleno ligeramente da dos ondas que no se mezclan: una en el módulo —cuánto se tensa— y otra en la fase —hacia dónde gira—. Que estén desacopladas a primer orden es la razón estructural de que la cosmología estándar pueda tratar el universo como una suma de fluidos independientes y le funcione.

El modo del módulo es *masivo*: su frecuencia no baja de un valor mínimo,

$$\omega^2 = c^2 k^2 + \omega_0^2, \quad \omega_0^2 = \frac{\xi c^2}{\ell_P^2}, \quad \xi = 19,69,$$

donde ξ es la curvatura del pozo en su fondo, calculada del potencial. Esa masa es del orden del grano, altísima, y el modo está congelado desde la cristalización: no queda ninguna dinámica de fondo que pueda mover w de -1 .

El modo de la fase viaja a la velocidad de la luz, con una corrección diminuta que solo se nota a longitudes de onda cercanas al grano:

$$\omega_{\text{TT}}^2 = c^2 k^2 \left[1 + \frac{(k \ell_P)^2}{20} + \dots \right],$$

la misma corrección que afecta al fotón. Y en el ultravioleta la resistencia a doblarse —el término flexural— hace que la segunda rama del propagador sea un polo sobreamortiguado, del tipo estudiado por Lee y Wick. Ahí está el corte: el medio no admite curvaturas más cerradas que su grano, y esa negativa es lo que impide que las cuentas diverjan.

Qué significa haber llegado aquí. Los infinitos que arruinan los intentos de cuantizar la gravedad se atajan normalmente con un corte introducido a mano y justificado a posteriori. Aquí no hay corte que introducir: el material tiene grano, y ese grano ya estaba en F1 desde el primer axioma. La regularidad del ultravioleta no es un remedio del formalismo, es una propiedad de la sustancia.

[DERIVADO]

13. Por qué esto es ciencia, y no un cuento bonito

Una historia hermosa no basta. ¿Qué hace de esto una propuesta seria y no una metáfora agradable? Que por debajo de cada imagen de este documento hay un programa de investigación formal, gobernado por las mismas exigencias que cualquier física profesional. El Pleno no se describe con palabras, sino con **matemáticas de alto nivel**: parte de principios enunciados con precisión, deriva sus resultados como quien demuestra teoremas, somete cada paso a verificación —recalculando los números con un programa independiente que no lleva ningún valor precargado— y clasifica cada afirmación según su grado de certeza, sin mezclar lo demostrado con lo conjeturado. Con ese aparato, la teoría hace tres cosas que una mera especulación jamás podría.

Reproduce leyes que ya sabemos ciertas. Esa docena larga de leyes del comienzo no son adivinanzas: la teoría las deriva —no las ajusta, las deriva— desde su única ecuación. Cuando PIU- Ψ llega a una de esas leyes, no está proponiendo algo nuevo por comprobar, sino alcanzando por otro camino un resultado que ya está confirmado. Y una ley validada no pierde su validez por llegarse a ella desde otro punto de partida. Esta parte de PIU- Ψ , por tanto, descansa sobre ciencia vieja y sólida, observada en miles de experimentos. **Su aporte no es reemplazar esa ciencia, sino integrarla**: darle a leyes que hoy viven en libros separados un mismo origen del que todas se deducen.

Acierta donde no hay margen para acomodarse. Los aciertos del programa son de dos clases, y las dos son duras. Los primeros son *coeficientes exactos*: la teoría no llega a una ley “salvo un factor”, sino con el número completo delante. El piso de la incertidumbre sale con su factor un medio; el límite de Chandrasekhar, con su coeficiente entero; la cota de las correlaciones cuánticas, exacta; el estiramiento temporal de las supernovas lejanas, exacto y confirmado por los datos. Los segundos son *predicciones sin parámetros*: las proporciones del cosmos —cuánta materia oscura, cuánta ordinaria, cuánta energía oscura— salen de la geometría del cristal y caen a menos de una desviación estándar de lo que miden los satélites, sin una sola perilla que girar.

En todo el árbol de resultados hay **exactamente un ingrediente calibrado**, y se declara: la posición actual del medio en su recorrido —el análogo de la hora que marca un reloj—. Aparece con dos caras, la fracción de condensado del sector oscuro y la constante de Hubble, pero es una sola cantidad leída en dos proyecciones, no dos ajustes. De él cuelga todo el bloque cosmológico, sin ajustes adicionales. Ningún coeficiente de la teoría se ajusta a los datos; ninguna rama cuántica contiene calibración alguna; y la única cantidad anclada es un dato de estado, no un parámetro libre.

Y acierta no una vez, sino muchas —y eso lo cambia todo. Llegar desde un origen nuevo a una ley conocida podría ser casualidad afortunada. Pero PIU- Ψ llega a más de una docena, hacia fenómenos que no tienen nada que ver entre sí. Aquí el argumento da un salto: una llave que abre una cerradura pudo forzarla por suerte; pero la misma llave que abre veinte cerraduras distintas ya no es casualidad: es que la llave es la correcta. Cuando una sola idea reproduce el mundo cuántico, la masa de las estrellas, el electromagnetismo, la radiación de un cuerpo caliente y las proporciones del cosmos, en algún punto deja de ser razonable hablar de coincidencia. Los científicos llaman a esto *poder unificador*: cuantos más fenómenos sin relación aparente caen bajo la misma explicación, más difícil es creer que sea un accidente.

Ese argumento está puesto en números. La sospecha natural ante una teoría que acierta con fórmulas cortas es la numerología: con suficientes combinaciones de π , raíces y enteros pequeños, algo acabará coincidiendo con algo. Esa sospecha se puede convertir en una pregunta contestable —¿cuántas fórmulas simples caerían sobre estos valores por azar?— y contestarla enumerando el espacio entero de fórmulas con un computador. También se puede hacer la pregunta más ambiciosa: ¿cuántos marcos teóricos completos reproducirían *todo* el conjunto de hechos, y no solo una razón afortunada? Las dos preguntas tienen respuesta cuantitativa, y las dos van en la

misma dirección.

Los dos factores de Bayes, y qué dice cada uno

Son dos preguntas distintas, y por eso sus factores no se multiplican ni se promedian.

La objeción estrecha: ¿cuántas fórmulas caerían ahí? Se enumera con el computador el espacio entero de expresiones algebraicas que pueden construirse con $\{1, 2, 3, 4, \pi, e\}$ hasta cinco operaciones —3778 expresiones distintas— y se cuenta cuántas caen dentro de la ventana de 2σ de los valores observados. La probabilidad de que dos de ellas acierten a la vez $\sqrt{3}\pi$ y f_c es menor que 3×10^{-4} : un factor de unas $6,7 \times 10^5$ contra leerlas como fórmulas afortunadas.

La objeción amplia: ¿cuántos marcos reproducirían el conjunto? Se admiten quince resultados bajo cuatro criterios declarados *antes* de contar —que el desenlace discrimine, que no haya libertad de ajuste, que el blanco estuviese establecido de antemano, y que el canal de medición sea propio—, leídos con quince instrumentos que no comparten mecanismo. Otros doce resultados quedan *fuera* del cómputo, con su motivo publicado: no por incorrectos, sino por no aportar evidencia independiente. Con el producto de probabilidades en $8,4 \times 10^{-10}$ y una penalización por el tronco compartido:

$$BF \approx 3,4 \times 10^4, \quad \text{rango [65 a } 1,2 \times 10^9 \text{]}$$

según lo severa que se haga esa penalización. Se reporta siempre con el rango, nunca como punto.

Robustez. Triplicando *todas* las probabilidades y aplicando además una penalización dura, el factor se mantiene por encima de 10; bajo el supuesto más punitivo —equivalente a declarar que los quince resultados son casi un solo hecho— sigue valiendo 65; y retirando un ítem cada vez, ninguna omisión individual lo baja más de cuatro veces y media.

Qué significa haber llegado aquí. Un factor de Bayes compara dos hipótesis y no valida ninguna: esto no demuestra que el programa sea correcto. Lo que sí establece es que la explicación alternativa —que los aciertos sean coincidencias numerológicas— queda desfavorecida bajo cualquier elección razonable de supuestos, incluidas las diseñadas para perjudicar al programa. La sospecha más natural ante una teoría que acierta con fórmulas cortas queda así contestada con un cálculo, no con una réplica. [MÉTODO]

A eso se añade, como argumento de otra naturaleza y por eso no sumado al factor, la coherencia entre sectores: que el mismo medio, con las mismas dos escalas, dé a la vez la constante de la gravedad, la constante cuántica, el piso exacto de Heisenberg y la masa a la que muere una estrella. Y todo apoyado en un hecho revelador: muchos de esos números brotan, inevitables, de la simple geometría tetraédrica del cristal —el ángulo de las uniones, el número de vecinos—, no de un ajuste cómodo.

Por último, en PIU- Ψ no hay una sola afirmación a mano alzada. Cada resultado se desarrolla con su matemática explícita y lleva declarado con exactitud su grado de certeza. Esa disciplina es lo que da contenido a la palabra *derivado*. Donde el programa tiene la estructura pero no el valor cerrado, lo dice; donde usa un resultado ajeno, lo marca como importación en el punto donde entra, y no lo recalibra.

Cómo se lee cada afirmación del programa

Cada resultado lleva una de estas etiquetas, y ninguna se usa por otra:

- [DERIVADO] prueba completa, sin hueco conceptual
- [DLF] deducción lógica fuerte: la estructura está, el álgebra cerrada no
- [CALIBRADO] valor anclado a un dato, con el ancla declarada

La verificación numérica se emite con **dos veredictos que no deben confundirse**. El primero es la fidelidad entre documento y código: que el programa recalculé exactamente lo que el documento afirma, con tolerancia cero, y debe pasar entera. El segundo es el acuerdo con la medida, que solo aplica donde hay algo que medir —una identidad estructural no admite cifra de acuerdo, porque publicarla sería presentar álgebra de la entrada como si fuese predicción—.

El programa, en números

De un solo enunciado —el universo es energía finita y conservada— y un solo objeto dinámico, $F1$, $PIU-\Psi$ deriva **72 resultados organizados en ocho cadenas**, unidos por **69 eslabones** que van uno de otro sin insertar suposiciones nuevas por el camino. De ellos, **41 cantidades se recalculan numéricamente** desde sus fórmulas de primeros principios, sin valores precargados; el cuaderno de verificación recalcula **99 cantidades** en total —esas cuarenta y una más sus intermedios y controles— y todas pasan.

En todo ese árbol hay **un solo ingrediente calibrado**, una cantidad de estado, declarado; **tres resultados importados** de la literatura, marcados como tales y no presentados como derivaciones propias; **siete predicciones falsables**; y **catorce cabos abiertos** inventariados con su severidad, uno por uno.

Esa verificación no se pide por fe. El programa de cómputo que recalcula cada una de esas cantidades está disponible para descarga en el sitio del proyecto, para que cualquiera lo ejecute y compruebe los números por sí mismo. Y detrás de cada afirmación hay un desarrollo formal completo: un corpus de más de cuatrocientas páginas donde cada derivación se hace paso a paso, y un compendio matemático que condensa las demostraciones con su álgebra intermedia y su análisis de unidades. La invitación, como siempre en este programa, es a verificar.

14. El idioma con que opera el universo

Ese último hecho —que los números no son arbitrarios, sino que brotan de la geometría— tiene una consecuencia profunda. Tomados en conjunto, todos los números que la teoría produce forman un mismo patrón: razones geométricas nacidas de la forma del cristal, combinadas según reglas fijas. Dicho de otro modo, el aparato del programa contiene una especie de “idioma” con el que el Pleno genera sus magnitudes: una gramática, con sus palabras elementales y sus reglas de combinación, de la que se siguen los valores de la teoría.

En la física habitual, las constantes de la naturaleza se miden y se aceptan tal cual, sin saber por qué valen lo que valen. El idioma del Pleno cambia esa relación: permite leer por qué un número vale lo que vale, e incluso anticipar el valor de una magnitud a partir de su lugar en la gramática, antes de calcularla por otra vía. Una gramática no solo describe frases ya escritas: permite escribir frases nuevas. Es la diferencia entre memorizar una lista de constantes y comprender la regla que las produce —entre leer el universo y entender el lenguaje en que está escrito—.

Qué es un número puro, y por qué importa

Casi todas las cantidades de la física llevan unidades y, con ellas, una vara de medir elegida por convenio: un metro, un kilogramo. Un *número puro* es una cantidad que el medio produce sin ninguna vara —el mismo número lo obtendría cualquier civilización, en cualquier sistema de unidades—. Que el programa los genere es lo que permite hablar de una gramática y no de una lista de constantes medidas.

El ejemplo más claro es el piso de disipación del medio. La cuenta se hace con la temperatura máxima, la constante de Planck y la de Boltzmann, y al sustituir $\hbar = \rho_P c \ell_P^4$ todas las constantes se cancelan entre sí —incluida k_B , porque en el idioma nativo del medio la temperatura *es* energía— y lo que queda es

$$R_{\text{piso}} = \frac{2 \cdot 5^{3/4} 6^{7/8} \sqrt{\pi}}{75} = 0,7579726,$$

sin un solo símbolo libre. Lo mismo pasa con la profundidad del pozo, $E_0 = 4,2546$, cerrada en π y $\sqrt{6}$, y con el punto en el que la energía oscura iguala a la materia, $\sqrt{2} S_{\text{mín}} = 1,0226$ —la geometría fija en qué *estado* ocurre ese cruce, aunque no cuándo—.

Qué significa haber llegado aquí. Cuando una constante sale como número puro, deja de ser un dato que hay que medir y pasa a ser algo que se puede *leer*: se ve de qué geometría viene y por qué

no podía valer otra cosa. Esa es la diferencia entre tener una tabla de constantes y tener la regla que las produce. [DERIVADO]

15. El reloj cósmico: leer la hora del universo

Hay un número que la astronomía mide con esmero: la velocidad a la que el universo se expande, conocida como la constante de Hubble. En la física habitual es, otra vez, un dato que se mide y se acepta —un número más en la lista de “es así”—. La propuesta del Pleno ofrece una forma distinta y hermosa de entender qué es ese número.

La clave es una idea que ya vimos: en el Pleno, el tiempo es el latido del medio, contado en unos “tics” ínfimos —los más pequeños que la física conoce, los llamados tics de Planck—. Pues bien: la teoría muestra que la velocidad de expansión del universo no es un ingrediente fundamental, sino algo que la teoría *calcula*. PIU- Ψ da una fórmula cerrada para esa velocidad, con tres piezas: la geometría del Pleno, el ritmo del tic de Planck, y el estado en que se encuentra hoy el medio. Las dos primeras salen enteras de la teoría; la tercera es la lectura del reloj cósmico en este momento. Y cuando se evalúa esa fórmula, da el número: unos **67 kilómetros por segundo por megapársec** —exactamente el valor que miden los satélites—. No es un ajuste ni un dato metido a mano: es el resultado de una cuenta, y la cuenta acierta.

Conviene precisar un matiz, porque es sutil y hermoso. Ese número no es una constante eterna grabada en la naturaleza, sino la lectura de un reloj en un instante dado —la “hora” del cosmos—. Preguntar “¿por qué la expansión vale justo eso y no otra cosa?” es como preguntarle a un reloj “¿por qué son las 3 y no las 5?”: el mecanismo del reloj es cosa de la teoría, y la teoría lo tiene; la hora concreta depende de en qué punto de su recorrido está el universo. La curva entera es teoría; el punto sobre la curva, hoy, es lo que el reloj marca ahora. Esto —por sutil que parezca— desactiva uno de los mayores escándalos de la física moderna. Existe un número famoso por lo absurdo: la energía del vacío que predice la teoría cuántica supera a la observada por un factor de un uno seguido de *ciento veinte ceros*. Se le ha llamado “la peor predicción de la historia de la física”. Bajo la lectura del Pleno, ese monstruo se domestica: no es un ajuste fino imposible, sino, otra vez, la edad del universo en tics, elevada al cuadrado. Un número gigantesco, sí, pero por una razón entendible y no por una casualidad milagrosa.

La hora del reloj, y tres anomalías que se reducen a un hecho

La velocidad de expansión no es un ingrediente de la teoría sino algo que la teoría calcula, y su fórmula tiene tres piezas:

$$H_0 = \sqrt{\frac{8\pi}{3}} \frac{c}{\ell_P} \sqrt{\Theta_0},$$

una constante geométrica, el ritmo del tic de Planck c/ℓ_P —el reloj más rápido que existe— y Θ_0 , que es dónde está hoy el medio en su recorrido —la misma cantidad de estado que en el reparto del cosmos aparecía como f_c , léida aquí en otra proyección—. Las dos primeras son teoría entera; la tercera es la lectura del reloj en este momento, y vale

$$\Theta_0 = \frac{3}{8\pi N_{\text{tic}}^2} \approx 1,66 \times 10^{-123}, \quad N_{\text{tic}} \approx 8,5 \times 10^{60},$$

donde N_{tic} es sencillamente la edad del universo contada en tics de Planck. Evaluada, la fórmula da los 67 km/s por megapársec que miden los satélites.

Con la posición fijada, la historia de expansión queda forzada por el potencial, sin libertad para retocarla. Contra las medidas de DESI da $\chi^2 = 6,54$ frente a 6,53 del modelo estándar —estadísticamente idéntico, con los mismos grados de libertad, pero con los parámetros derivados en vez de ajustados—. Y el estiramiento temporal de las supernovas lejanas sale exacto, $b = 1$ frente a $1,003 \pm 0,011$ observado: acuerdo a $0,27\sigma$ sin ningún parámetro.

Qué significa haber llegado aquí. Ese 10^{-123} es el número que la física llama el peor ajuste fino de la historia: la energía del vacío predicha excede a la observada por ese factor. Aquí no es un ajuste, es el inverso del cuadrado de la edad del universo en tics —una cantidad grande por una razón entendible—. Y la misma lectura posicional resuelve de un golpe otras dos anomalías que el modelo estándar trata por separado: el H_0 primordial no es una medición sino el valor que ese modelo necesita para encajar el fondo cósmico, y la señal de energía oscura variable de DESI es lo que produce forzar un medio con $w = -1$ dentro de un molde que espera lo contrario. Tres problemas abiertos, un solo hecho. [DERIVADO]/[DLF]

Y de aquí sale una afirmación fuerte sobre un enigma que trae de cabeza a los astrónomos. Al medir la velocidad de expansión de dos maneras —una mirando el universo joven y lejano, otra el cercano y actual— se obtienen números distintos: alrededor de 67 en el primer caso, alrededor de 73 en el segundo. A esa discrepancia la llaman “la tensión de Hubble”, y en el modelo habitual nadie sabe explicarla. PIU- Ψ dice dos cosas. **Primero:** el verdadero valor de fondo del universo es el bajo, esos 67 que la teoría ya calculó y que coinciden con lo que miden los satélites; el valor alto, los 73, queda descartado como valor de fondo —no por preferencia, sino por una imposibilidad del medio, que se relaja hacia su reposo siempre en el mismo sentido, sin dar marcha atrás ni pegar acelerones, y un fondo tan alto exigiría justo lo prohibido—. El 67 no está en duda; es un número real, el que el Pleno calcula y el que la observación confirma. Lo que PIU- Ψ pone en cuestión no es ese valor, sino *que las dos mediciones sean incompatibles*.

Segundo, y aquí está el giro propio del programa: esa incompatibilidad —la “tensión”— no es una anomalía física que reclame nueva materia o nuevas fuerzas, sino un *artefacto del método de medida*. Cuando se analiza un medio como el Pleno con la plantilla del modelo estándar —una plantilla que no es la suya—, las dos formas de medir parecen chocar aunque el fondo sea uno solo: la brecha entre 67 y 73 aparece por el molde con que se leen los datos, no porque el universo esconda dos ritmos de expansión en pugna. Dicho de otro modo: lo real es el 67; la “tensión” es el espejismo. De ahí sale una predicción falsable —de lo más valioso que puede ofrecer una teoría—: esa discrepancia debe *disolverse* cuando la expansión se mida con métodos que no presuponen el modelo estándar, dejando un solo valor coherente. Si en cambio la brecha persiste en esas medidas limpias, la lectura del Pleno quedaría en aprietos. Lo mismo vale para la señal de energía oscura “cambiante” que rastreos como DESI empiezan a insinuar: el programa sostiene que es el mismo tipo de espejismo —el reflejo de forzar una energía oscura constante dentro de un molde que espera una variable— y que se desvanecerá en las medidas que no presuponen el resultado.

Están *cerradas* —derivadas o deducidas con fuerza— varias piezas de golpe: que H_0 sea la hora de un reloj y no una constante eterna; la reformulación de aquel “uno seguido de ciento veinte ceros” como la edad del universo en tics al cuadrado; la exclusión del 73 como fondo; y que el estiramiento del tiempo de las supernovas lejanas salga exactamente como debe, confirmado por los datos. Todo eso es lo que el modelo estándar *no* sabe hacer, y el Pleno sí. Lo único que queda *abierto* es una pieza fina y acotada: la forma exacta de una pequeña corrección a la curva de expansión en su tramo más extremo —un cabo de cálculo, no una grieta en el edificio—. La lectura del reloj, con esa reserva bien delimitada, es uno de los resultados más distintivos de todo el programa.

16. Hasta dónde llegamos, y hasta dónde podemos llegar

PIU- Ψ es el trabajo de un investigador independiente, un programa todavía en construcción, que aún no es consenso de la comunidad científica y que reconoce sin disimulo sus piezas abiertas y sus cabos por cerrar. Pero quedarse ahí sería tan injusto como exagerar: esto no es una especulación suelta, sino un edificio matemático que ya reproduce leyes confirmadas y ya acierta, con altísima precisión y sin ajustes, allí donde se le puede comparar con la realidad.

El programa traza sus propias fronteras, y las traza con nombre y apellido. **Lo calibrado** es una sola cantidad: la posición actual del medio en su recorrido, el análogo de H_0 en cualquier cosmología. **Lo importado** son tres resultados que vienen de la literatura —un coeficiente de Klauder, una constante de Lane-Emden, un momento de inercia de Skyrme—, usados y marcados como importaciones, no presentados como derivaciones propias. **Lo abierto** son catorce cabos declarados con su severidad, del que más pesa —la cascada que fijaría las masas de los leptones— al más leve. Saber exactamente dónde están esas tres fronteras es lo que permite tomarse al pie de la letra todo lo que queda dentro de ellas.

Lo que reproduce física ya validada no está a la espera de nada: esas leyes ya son ciertas, y que PIU- Ψ las alcance por una ruta nueva no las pone en duda —esa base es sólida hoy—. Lo que el tiempo y los datos confirmarán o desmentirán son sus predicciones propias, y son de las que un modelo con los mismos grados de libertad no puede hacer: las proporciones del cosmos; la energía oscura como una constante genuina, cuyo peso relativo crece hacia un tope fijado por la geometría; la lectura de la tensión de Hubble y de la señal de DESI como artefactos de método que deben disolverse en medidas limpias; una dispersión ultravioleta común al fotón y a la onda gravitacional, al alcance de LISA y de los detectores de tercera generación; y una densidad definida —sin singularidad— para el núcleo de un agujero negro primordial. Y, sobre todo, su visión integral: que todas esas leyes dispersas sean, en realidad, caras de una sola sustancia. Esa es la gran apuesta. Si resulta acertada, habremos descubierto que el universo entero es una sola sustancia tensándose y girando, y que las leyes que creíamos separadas fueron siempre la misma. Si no, sus predicciones nuevas fallarán y lo sabremos —pero las leyes que ya reproduce seguirán siendo ciertas, porque su validez nunca dependió de PIU- Ψ —. En cualquier caso, plantea una de esas preguntas que merece la pena hacerse, una que invita a mirar el cielo y la materia con otros ojos: ¿y si todo —de verdad todo— fuera lo mismo?

En conjunto: una idea que vale la pena seguir

Partimos de un hecho incómodo: la física, pese a todos sus triunfos, sigue siendo un rompecabezas con piezas que no encajan —lo muy grande y lo muy pequeño descritos por teorías que se contradicen, y cerca del 95 % del universo hecho de algo que sabemos que está ahí pero no entendemos—. Son huecos reales, reconocidos, que llevan décadas resistiéndose. Y frente a ellos, PIU- Ψ se atreve a hacer una pregunta distinta: ¿y si no fueran muchas cosas mal encajadas, sino una sola cosa mal entendida?

Esa audacia, por sí sola, no probaría nada. Lo que hace a PIU- Ψ digno de atención es cómo persigue esa pregunta: no con un relato cómodo, sino con matemáticas que reproducen leyes ya confirmadas, con una precisión alta y sin números ajustados a mano, y exponiéndose a ser refutada por las observaciones que vienen. Así es, justamente, como la ciencia ha dado sus mayores saltos: alguien se atreve a sospechar que fenómenos separados son manifestaciones de algo más profundo, y luego lo somete a la prueba implacable de los datos. Newton unió la manzana y la Luna; Maxwell unió la electricidad y la luz; PIU- Ψ intenta unir, nada menos, lo cuántico y lo cósmico bajo una sola sustancia —no derogando a Newton, Maxwell o Einstein, sino mostrando que todos escribían, sin saberlo, capítulos del mismo libro—.

No es casualidad, entonces, el nombre que lleva el programa: *Principio de Integridad Universal*. Cada palabra dice algo. Es un *Principio* porque todo arranca de una sola raíz —una ecuación, un punto de partida— del que lo demás se deduce, en lugar de un catálogo de reglas sueltas. Habla de *Integridad* en su doble sentido más hermoso: el de unidad —un universo íntegro, entero, no fragmentado en piezas que no se hablan— y el de coherencia —un edificio que no se contradice consigo mismo ni se rompe en infinitos—. Y es *Universal* porque no se reserva un rincón: aspira a abrazar todo cuanto existe, de la partícula más diminuta al cosmos entero, con una sola

explicación. El nombre, en suma, no es una etiqueta: es la motivación misma del programa hecha palabra —la búsqueda de la unidad íntegra de todo lo que hay—. Y el símbolo Ψ que aparece junto a sus siglas recuerda de dónde parte todo: del Pleno, escrito como la función de onda de un universo que late, en el fondo, como una sola cosa.

Dónde seguir

Todo el material del programa está disponible para descarga en **piuniversal.com** y en Zenodo, bajo licencia Creative Commons.

Corpus PIU-Ψ V5.1	el programa completo, cada derivación paso a paso (429 pp.)
Compendio matemático	el álgebra intermedia y el análisis de unidades (106 pp.)
Síntesis de resultados	el inventario de las ocho cadenas, resultado a resultado (25 pp.)
Cuaderno de verificación	el programa que recalcula las cantidades, con sus tablas y datos

Edición española e inglesa equivalentes: misma estructura, mismas ecuaciones, misma clasificación resultado a resultado. DOI: 10.5281/zenodo.21724390

piuniversal.com • Manuel Alberto Celedón Mejía • Medellín, Colombia

Zenodo DOI: 10.5281/zenodo.21724390