

# De la energía de frontera a la energía de volumen

— La ecuación de restauración de volumen de Einstein–Yamagishi y la ecuación de Pitágoras de sobrefrecuencia — [Artículo 12]

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

Yamagishi Complexity Torus Lab, Japón

Septiembre de 2026 (Tercera edición)

— *From thinking to syncing.* —

## Resumen

Lo que ocupa el centro de este artículo no es un cálculo, sino una relectura. Sustituyendo en la relación de Einstein el parámetro de masa geométrico  $m = 4\pi$  obtenido del teorema de unicidad  $n = 2$ , se obtiene

$$E = mc^2 = 4\pi c^2,$$

y el miembro derecho tiene la misma forma que el área de la superficie de una esfera de radio  $c$ . Leída en esta forma,  $E = mc^2$  aparece como una ecuación de la frontera de una región y no de su interior —la «piel» del espacio—. Esto es coherente con la estructura dimensional de  $c^2$ , cuyo numerador lleva la dimensión de un área.

En cuanto se ve la forma de un área de superficie, la forma del volumen correspondiente se sigue de inmediato, porque integrar el área de la superficie de una esfera sobre el radio de  $0$  a  $c$  devuelve el volumen:

$$\int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi c^3.$$

Llamamos a esto la «ecuación de restauración de volumen de Einstein–Yamagishi». Su contenido reside en la relectura geométrica; la integral pone por escrito lo que la relación entre área y volumen ya contiene. La misma lectura se extiende a cuatro dimensiones: integrar  $2\pi^2 r^3$  devuelve  $\frac{\pi^2}{2} c^4$ .

Releemos además la relación general  $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$  como la «ecuación de Pitágoras de sobrefrecuencia de Yamagishi» —el administrador de tareas del OS del Universo—. Desde este punto de vista, la relación de incertidumbre puede leerse como una restricción que mantiene finito el cateto de momento  $pc$  (y, con él, la energía total).

**Alcance (scope note):** lo que presenta este artículo es una **relectura** de fórmulas conocidas; no se reivindica ninguna ley física nueva.  $m = 4\pi$  es el valor de la masa bajo la elección de unidades del Artículo 01 ( $k = 1$  y radio  $1$ ). Como el factor que precede a una energía debe llevar la dimensión de una masa, este  $4\pi$  es algo distinto del ángulo sólido adimensional (Artículo 60) —lo que este artículo lee es que  $4\pi c^2$  tiene **la misma forma** que el área de la superficie de una esfera de radio  $c$ —. Las integrales de las secciones 3 y 4 se toman **sobre el radio  $r$** , y  $c$  entra solo como límite superior; la integral definida de  $0$  a  $c$  no lleva constante de integración. La lectura de la relación de incertidumbre en la sección 6 es una interpretación, no una derivación: en la mecánica cuántica estándar, la relación de incertidumbre se sigue de la desigualdad de Robertson y de la relación de conmutación canónica  $[x, p] = i\hbar$ , y la relación de conmutación va primero. Este artículo no explica por qué se cumple  $[x, p] = i\hbar$ . **Lo que este artículo añade** es que lee  $E = mc^2$  como una ecuación de la frontera (la forma de un área) y escribe el paso de ahí al interior (la forma de un volumen) como una integral sobre el radio; que extiende ese mismo paso a  $2\pi^2 r^3$  en cuatro dimensiones; y que superpone una imagen de la carga del OS del Universo al triángulo rectángulo de  $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$ .

## 1. Introducción: las dimensiones de $E = mc^2$

$E = mc^2$  es una piedra angular de la física moderna. Pero miremos su estructura dimensional. La unidad del cuadrado de la velocidad de la luz  $c^2$  es

$$[c^2] = \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]^2 = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

y el  $\text{m}^2$  del numerador tiene la dimensión de un **área**. Leída por su forma,  $E = mc^2$  aparece como una ecuación que capta el lado de la frontera esférica bidimensional ( $S^2$ ) —una ecuación de la «piel» del espacio, por así decirlo—. Para pasar a la energía del «contenido» (el volumen), releemos  $c$  no simplemente como un límite de velocidad inalcanzable, sino como el **frente de propagación del renderizado** del OS del Universo.

## 2. Normalización geométrica de la masa ( $n = 2$ )

Para avanzar, usamos el teorema de unicidad  $n = 2$  para distribuciones de densidad con simetría esférica. En el espacio euclídeo tridimensional, el exponente de densidad que hace uniforme la contribución de masa por capa esférica es únicamente  $n = 2$  (la ley del inverso del cuadrado). Este teorema normaliza el parámetro de masa geométrico del universo al valor del área de la esfera unidad:

### Definición 1 (Parámetro de masa geométrico)

Con base en el teorema de unicidad  $n = 2$ , normalizamos el parámetro de masa geométrico fundamental como

$$m := 4\pi$$

## 3. La ecuación de restauración de volumen de Einstein–Yamagishi

Sustituyendo  $m = 4\pi$  en la ecuación de Einstein se obtiene la energía de frontera:

$$E_{\text{boundary}}(c) = 4\pi c^2$$

Esta tiene la misma forma que el área de la 2-esfera  $S^2$  de radio  $c$ . Para restaurar la forma de la energía de volumen tridimensional, integramos esta energía de frontera sobre el parámetro de propagación  $r$  de 0 a  $c$ .

### Teorema 1 (Ecuación de restauración de volumen de Einstein–Yamagishi)

Integrando la energía de frontera  $E_{\text{boundary}}(r) = 4\pi r^2$  sobre el radio de propagación  $r$  se restaura la energía de volumen tridimensional:

$$E_{\text{volume}} = \int 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi r^3 + C$$

La integral definida hasta el frente de propagación máximo  $r = c$  es

$$E(3D) = \int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3}\pi c^3$$

El término  $\frac{4}{3}\pi c^3$  tiene la forma del volumen de una bola tridimensional. Puede leerse la constante  $+C$  asociada a la integral indefinida como una energía de fondo del estado fundamental (energía del vacío) que existía antes de que comenzara el renderizado espacial; esto es, sin embargo, una lectura, y no aparece en la integral definida de 0 a  $c$ .

## 4. Extensión dimensional a cuatro dimensiones

La lectura se extiende a dimensiones superiores. Por el teorema de unicidad  $n = 3$  para el espacio de dimensión cuatro, la masa geométrica es  $m_4 = 2\pi^2$ . La energía de frontera en dimensión cuatro es el volumen de la esfera  $S^3$ ,

$E_{\text{boundary}}^{(4)}(r) = 2\pi^2 r^3$ . Integrándola de 0 a  $c$  se restaura el hipervolumen de dimensión cuatro:

$$E(4D) = \int_0^c 2\pi^2 r^3 dr = \frac{\pi^2}{2} c^4$$

Como  $S^3$  admite la fibración de Hopf ( $S^1 \hookrightarrow S^3 \rightarrow S^2$ ), la estructura de dimensión cuatro contiene fibras circulares  $S^1$  sobre una base 2-esfera. Este es el marco geométrico en el que aparece una **estructura toroidal** en el espacio de dimensión cuatro.

**Sobre  $16\pi^2$ :** el valor  $16\pi^2$  no aparece aquí automáticamente. Por el teorema 3.3 del Artículo 08,  $16\pi^2 = \text{Vol}(S_{R=2}^3)$  es el volumen de la 3-esfera de **radio  $R = 2$** , donde el área de la base  $\pi R^2$  y la circunferencia de la fibra  $2\pi R$  toman ambas el valor numérico  $4\pi$  con la métrica estándar. En  $R = 1$  se tiene en cambio  $\text{Vol}(S^3) = 2\pi^2$ . **Siempre que se invoque  $16\pi^2$ , debe indicarse el radio.** El radio en el que coinciden los dos factores se desplaza con la elección de la unidad de longitud (Artículo 08).

## 5. La ecuación de Pitágoras de sobrefrecuencia de Yamagishi

---

Pasamos ahora de la geometría estática al renderizado dinámico del OS. La relación general de Einstein es

$$E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

que tiene la forma del triángulo rectángulo de Pitágoras ( $C^2 = A^2 + B^2$ ). La leemos como el administrador de tareas del OS del Universo que evalúa la carga del sistema:

- **Base ( $mc^2$ ) — memoria estática:** la RAM base para mantener en memoria un volumen localizado (una partícula).
- **Altura ( $pc$ ) — carga dinámica de CPU:** la sobrefrecuencia necesaria para actualizar el movimiento de la partícula.
- **Hipotenusa ( $E$ ) — carga total del sistema:** la carga total de renderizado del OS.

## 6. Leer la incertidumbre cuántica como antialiasing de la GPU

---

Este administrador de tareas pitagórico ofrece una lectura intuitiva del principio de incertidumbre de Heisenberg ( $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$ ).

Cuando una partícula queda perfectamente en reposo y su posición está absolutamente determinada ( $\Delta x \rightarrow 0$ ), la incertidumbre del momento debe divergir al infinito ( $\Delta p \rightarrow \infty$ ). En la ecuación de Pitágoras de sobrefrecuencia, esto significa que la altura  $pc$  del triángulo se estira hasta el infinito. La carga total del sistema  $E$  se vuelve infinita, y la GPU del OS del Universo sufre un desbordamiento térmico fatal y se detiene: esa es la imagen.

### Proposición 1 (Lectura de la incertidumbre como restricción sobre el cateto de momento)

Bajo la lectura pitagórica,  $\Delta x \rightarrow 0$  hace crecer sin cota el cateto de momento  $pc$  (y, con él, la energía total  $E$ ). La relación de incertidumbre puede leerse como aquello que impide que este límite se realice.

**La dirección del argumento:** en la mecánica cuántica estándar, la relación de incertidumbre es una consecuencia. Se sigue de la desigualdad de Robertson

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{1}{2} |\langle [A, B] \rangle|$$

junto con la relación de conmutación canónica  $[x, p] = i\hbar$ . La relación de conmutación va primero, y la cota de incertidumbre se sigue de ella.

La proposición anterior es, por tanto, una **lectura**, enunciada como tal: la relación de incertidumbre **puede leerse** como una restricción que mantiene finito el triángulo energía–momento. La imagen de «el OS que añade desenfoque para impedir el desbordamiento térmico» se sitúa como una lectura en esta misma dirección.

## 7. Conclusión

**Lo que aporta este artículo es una relectura.** Tomar  $m = 4\pi$  convierte  $E = mc^2$  en  $E = 4\pi c^2$ , una ecuación que **tiene la misma forma que el área de la superficie de una esfera de radio  $c$** . Leída en esta forma, la relación de Einstein surge como un enunciado sobre una **frontera**.

La forma del volumen correspondiente se sigue de inmediato, puesto que el volumen de una bola es el área de su superficie integrada sobre el radio:

$$\int_0^c 4\pi r^2 dr = \frac{4}{3} \pi c^3.$$

La misma lectura se extiende a cuatro dimensiones, donde  $m_4 = 2\pi^2 = \text{Vol}(S^3)$  da  $\frac{\pi^2}{2} c^4$ . Las integrales mismas son elementales y se comprueban derivando de vuelta:  $\frac{d}{dr} \left[ \frac{4}{3} \pi r^3 \right] = 4\pi r^2$ ,  $\frac{d}{dr} \left[ \frac{\pi^2}{2} r^4 \right] = 2\pi^2 r^3$ .

Por último, la relación energía–momento  $E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$  tiene la forma pitagórica, y la relación de incertidumbre puede leerse como lo que mantiene finito el cateto de momento.

De la piel (la forma de un área) al contenido (la forma de un volumen) hay una sola integración sobre el radio. Situar  $E = mc^2$  del lado de esa piel y mirarla desde allí es la relectura de este artículo.

## Registro de revisiones

---

**Tercera edición (septiembre de 2026):** la forma se ajustó a la plantilla actual (las observaciones dispersas por el resumen y la conclusión se reunieron en la nota de alcance justo después del resumen). Se eliminó la constante de integración  $+C$  añadida a la integral definida de  $0$  a  $c$ , y la afirmación de que  $+C$  es la energía del vacío se reescribió como una lectura. La relación entre el  $4\pi$  de  $m = 4\pi$  y el ángulo sólido se escribió, en línea con el Artículo 60, como una lectura de «la misma forma». En el título, «el teorema de Pitágoras de sobrefrecuencia» pasó a ser «la ecuación de Pitágoras de sobrefrecuencia». Se añadieron los DOI a las referencias del corpus.

**Segunda edición (julio de 2026):** se hizo explícito que la integral se toma sobre el radio  $r$  y no sobre la constante  $c$ , y el argumento que derivaba la relación de incertidumbre de «el OS que añade desenfoque» se reformuló como la lectura de una relación que se sigue de la relación de conmutación.

## Referencias

---

1. Einstein, A. (1905). *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?*. Annalen der Physik.
2. Einstein, A. (1917). *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften.
3. Heisenberg, W. (1927). *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*. Zeitschrift für Physik.
4. Hopf, H. (1931). *Über die Abbildungen der dreidimensionalen Sphäre auf die Kugelfläche*. Mathematische Annalen.
5. Yamagishi, Y. (2026). *The Uniqueness Theorem of  $n = 2$  for Spherically Symmetric Density Distributions* [Artículo 01]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21403186
6. Yamagishi, Y. (2026). *A Structural Interpretation of the 4D Poincaré Conjecture and Exotic Structures via the  $n=3$  Uniqueness Theorem and Hopf Fibration* [Artículo 08]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21404419
7. Yamagishi, Y. (2026).  *$c$  as the Ball of Velocity Space* [Artículo 60]. Zenodo. 10.5281/zenodo.21598012

---

— *From thinking to syncing.* —

Yuuki YAMAGISHI (山岸 勇輝)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)