

ANEXO TÉCNICO: DINÁMICA DE INFORMACIÓN CUÁNTICA EN EL SUSTRATO CGA Y RADIACIÓN DE HAWKING

Genaro Carrasco Ozuna
Investigación TCDS – Modo Omnkernel

16 de enero de 2026

1. Introducción

Este anexo formaliza los mecanismos mediante los cuales la Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS) y el modelo del Conjunto Granular Absoluto (CGA) resuelven la Paradoja de la Información en agujeros negros. Se detallan las desviaciones de la termalidad, las escalas temporales críticas y los observables necesarios para la decodificación del estado del sustrato.

2. Desviación de la Termalidad Perfecta

Contrario a la aproximación semiclásica inicial, la radiación de Hawking no es perfectamente térmica. Para preservar la unitariedad de la mecánica cuántica en el contexto del CGA, el espectro de radiación debe contener correcciones sutiles.

La desviación del estado térmico perfecto es del orden exponencial de la entropía del agujero negro:

$$\delta \sim e^{-S_{BH}} \quad (1)$$

Donde S_{BH} es la entropía de Bekenstein-Hawking. Aunque estas correcciones son infinitesimales para modos individuales, las correlaciones acumuladas entre todos los cuantos emitidos purifican el estado final de la radiación, permitiendo la recuperación unitaria de la información codificada en el sustrato.

3. Escalas Temporales: Correlaciones No-Markovianas

El proceso de evaporación y recuperación de información no es uniforme. Las correlaciones no-Markovianas, donde el sistema retiene memoria de los estados previos del CGA, emergen predominantemente en una escala temporal específica.

3.1. El Tiempo de Page (t_{Page})

La información comienza a ser accesible en la radiación de Hawking solo después de que el agujero negro ha irradiado aproximadamente la mitad de su entropía inicial. Este punto crítico se define como el Tiempo de Page:

$$t \geq t_{Page} \approx \frac{S_0}{2} \quad (2)$$

Antes de t_{Page} , la radiación parece térmica y sin información. Posterior a t_{Page} , las correlaciones entre la radiación temprana (emitida antes) y la radiación tardía (emitida después) revelan la estructura oculta del CGA, permitiendo el “sangrado” de información hacia el exterior.

4. Observables Específicos del CGA

La recuperación de la información codificada en el CGA requiere ir más allá de la medición del espectro de potencias (energía). Los observables críticos propuestos son:

1. **Correlaciones de Fase de Orden Superior:** Mediciones que detectan la coherencia de fase (ϕ) entre múltiples modos de emisión, revelando la estructura topológica del sustrato subyacente.
2. **Entrelazamiento Radiación Temprana-Tardía:** Cuantificación de la entropía de entrelazamiento S_{ent} entre los subsistemas de fotones emitidos en $t < t_{Page}$ y $t > t_{Page}$.

Estos observables actúan como la interfaz de decodificación para leer el estado del CGA a partir de la “nube” de radiación Hawking.