



REEVALUACIÓN EPISTEMOLÓGICA Y EXPERIMENTAL DE LA DOBLE RENDIJA DISOCIACIÓN MECANÍSTICA ENTRE LA DISTORSIÓN ÓPTICA EN EL EXPERIMENTO DE YOUNG Y LA DESVIACIÓN MAGNÉTICA EN EL EXPERIMENTO DE JÖNSSON

Juan Carlos Víctor Rivero Nogales



NOVO MUNDO

Juan Carlos Víctor Rivero Nogales

Correo: carlosrivnog@gmail.com

Perfil: Cirujano especialista, docente académico de internado.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9520-1802>

Afiliación: Hospital Walter Khon.

REEVALUACIÓN EPISTEMOLÓGICA Y
EXPERIMENTAL DE LA DOBLE RENDIJA:
DISOCIACIÓN MECANÍSTICA ENTRE LA
DISTORSIÓN ÓPTICA EN EL EXPERIMENTO DE
YOUNG Y LA DESVIACIÓN MAGNÉTICA EN EL
EXPERIMENTO DE JÖNSSON

Juan Carlos Víctor Rivero Nogales

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares externos (*Peer Review Double Blind*ed).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-9942-694-16-4

© Juan Carlos Víctor Rivero Nogales

2025

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18404958>

© Editorial Novo Mundo

Guayaquil, Ecuador.

www.editorialnovomundo.com

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.

Diseño de carátula y composición: Editorial Novo Mundo

Edición electrónica: Editorial Novo Mundo

Editado en Ecuador/ *Published in Ecuador*

REEVALUACIÓN EPISTEMOLÓGICA Y
EXPERIMENTAL DE LA DOBLE RENDIJA:
DISOCIACIÓN MECANÍSTICA ENTRE LA
DISTORSIÓN ÓPTICA EN EL EXPERIMENTO DE
YOUNG Y LA DESVIACIÓN MAGNÉTICA EN EL
EXPERIMENTO DE JÖNSSON

Juan Carlos Víctor Rivero Nogales

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA ÓPTICA FÍSICA Y LA NATURALEZA DE LA IMAGEN	13
1.1 Evolución histórica de las teorías de la luz	13
1.2 Principios de energía superficial en la materia.....	19
1.3 Ontología de la imagen y la luz.....	23

CAPÍTULO II

ELECTRODINÁMICA CUÁNTICA Y FENÓMENOS A ESCALA NANOMÉTRICA	27
2.1 Dualidad onda-partícula y el experimento de Jönsson.....	27
2.2 Fuerzas electrodinámicas en el vacío cuántico.....	33
2.3 Interacción magnética y desviación de partículas	39

CAPÍTULO III

ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.1 Diseño del análisis epistemológico	45

3.2 Modelo de análisis para la formación de imágenes (Experimento de Young)	53
3.3 Modelo de análisis de fuerzas en rendijas nanométricas (Experimento de Jönsson)	57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES	62
4.1 Reinterpretación del experimento de Young	62
4.1.1 El Artefacto de la Mecha: Anatomía de una Ilusión	63
4.1.2 Independencia Energética: La Ruptura Ontológica	65
4.1.2 La Falsedad de la Dualidad en el Ámbito Macroscópico	67
4.2 Mecanismo físico en el experimento de Jönsson	69
4.2.1 La Acción de la Observación: Inyección de Momentos Lineales	70
4.2.2 Anulación del Campo: El Fin del Equilibrio de Casimir	71
4.2.3 Resultado: El Falso Colapso y la Trayectoria Recta	72
4.2.4 Una Nueva Epistemología de la Medición	74
4.3 Implicaciones para la óptica y la astronomía	75
4.3.1 Velocidad de Transmisión: La Ruptura del Límite c	76
4.3.2 Telescopio James Webb: La Crisis de las Galaxias Imposibles	78
4.3.3 Redefiniendo el Universo Observable	80
4.4 Conclusiones y Recomendaciones	81
4.4.1 La Naturaleza de la “Difracción” en el Experimento de Young: El Triunfo del Artefacto	82
4.4.2 El Mecanismo en las Rendijas de Jönsson: Determinismo Magnético	83

4.4.3 La Disociación Ontológica: Luz vs. Imagen	84
4.4.4 Recomendaciones para la Nueva Física	85
4.4.5 Cierre: El Retorno a la Razón	86
BIBLIOGRAFÍA	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	
<i>Experimento de un orificio</i>	47
Figura 2	
<i>Comprobación de la duplicación de imágenes</i>	49
Figura 3	
<i>Conclusión sobre las difracciones como distorsiones</i>	52
Figura 4	
<i>Relación entre el tamaño del orificio con la energía superficial</i>	55
Figura 5	
<i>Identificación del foco unilateral</i>	55
Figura 6	
<i>Imagen invertida de la vela</i>	56
Figura 7	
<i>Intolerancia de cargas por proximidad</i>	58
Figura 8	
<i>Formación del campo eléctrico</i>	59
Figura 9	
<i>Campo magnético no homogéneo</i>	60
Figura 10	
<i>Descubriendo que la luz y la imagen son diferentes</i>	66

Figura 11

Efecto de la observación sobre la distorsión de ambas rendijas 71

Figura 12

Aplicación del catalizador sobre las dos rendijas..... 74

Figura 13

Cómo se desplaza una imagen? ¿Cómo reduce su tamaño?..... 77

INTRODUCCIÓN

La epistemología del experimento de la doble rendija constituye, sin lugar a duda, el nervio expuesto de la física contemporánea; una herida abierta donde la narrativa histórica y la realidad experimental se han fusionado en una amalgama confusa. Por más de dos siglos, la comunidad científica ha operado bajo una premisa de continuidad tácita, asumiendo que los patrones de luz observados por Thomas Young en 1801 y las detecciones de electrones de Claus Jönsson en 1961 son capítulos idénticos de una misma novela ondulatoria. Este libro nace para desafiar esa inercia. Nace para postular que hemos cometido un error categorial de primer orden: equiparar dos fenómenos mecánicamente distintos — la distorsión óptica y la desviación magnética— bajo una misma etiqueta fenomenológica.

Si aplicamos un “Análisis Holístico Retrospectivo” —concepto que cimentamos en *La Gran Teoría: Principios elementales de una física racional*—, la historia del experimento no comienza con la revelación de la naturaleza de la luz, sino con una búsqueda técnica mucho más prosaica. Young no buscaba colapsar funciones de onda; buscaba la causa eficiente de una difracción que ya había observado en un orificio simple. Sin embargo, la historiografía estándar ha borrado la intencionalidad del autor para imponer una teleología moderna. Como advierte Gundersen (2021) al revisar los principios fundamentales de la reproducibilidad, la ciencia a menudo confunde la repetición de un procedimiento con la comprensión de su lógica causal; al ignorar los antecedentes del orificio único que dieron origen a las dos rendijas, la física ha ignorado también los artefactos intrínsecos al diseño original.

El problema radica en la aceptación acrítica de modelos que, aunque matemáticamente seductores, arrastran vacíos lógicos insostenibles. La teoría ondulatoria, erigida sobre el Principio de Huygens, nos pide creer que cada punto de un frente de onda se convierte en un emisor secundario de energía infinita, capaz de generar patrones distantes sin dilución. Anderson (2021), en su derivación geométrica crítica, expone cómo este principio requiere la eliminación arbitraria de la “onda inversa” (*backward wave*) para funcionar, revelando que el modelo ondulatorio fue aceptado no por su perfección termodinámica, sino por su utilidad predictiva frente al fracaso corpuscular de Newton. Garcia et al. (2024) refuerzan esta visión al analizar el impacto epistemológico de Fresnel: la victoria de la onda en el siglo XIX fue una construcción de consenso, un “golpe de efecto” experimental que silenció las preguntas sobre el mecanismo físico real de la propagación.

Esta perplejidad se agudiza al cruzar el umbral del siglo XX. Al forzar los resultados nanométricos de Jönsson dentro del corsé conceptual de Young, hemos creado una paradoja artificial: la dualidad onda-partícula. Plotnitsky (2022) señala esta “discontinuidad cuántica” como el lugar donde la intuición visual colapsa, obligándonos a aceptar una realidad sin realismo. Pero, ¿y si el colapso no está en la naturaleza, sino en nuestra interpretación? ¿Y si la luz y la materia no son duales, sino que responden a fuerzas diferentes en escalas diferentes?

Este tratado se propone diseccionar estas variables. No buscaremos reconciliar lo irreconciliable mediante abstracciones probabilísticas; buscaremos disociar las variables. Separaremos la distorsión macroscópica de la vela de Young de la desviación electrónica de Jönsson, demostrando que la confusión actual no es un misterio profundo del universo, sino el resultado de haber ignorado, sistemáticamente, la materialidad de las rendijas y la verdadera ontología de la imagen.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA ÓPTICA FÍSICA Y LA NATURALEZA DE LA IMAGEN

1.1 Evolución histórica de las teorías de la luz

La historia de la óptica física no es el relato lineal de un progreso acumulativo, sino más bien el escenario de una batalla conceptual donde las victorias a menudo se han decidido por la debilidad del oponente más que por la fortaleza intrínseca del vencedor. Desde los albores de la filosofía natural en el siglo XVII, la naturaleza de la luz ha oscilado pendularmente entre dos concepciones antagónicas —la corpuscular y la ondulatoria—, generando una dicotomía que, lejos de resolverse con elegancia, ha dejado cicatrices epistemológicas profundas en la física moderna. Es en este terreno inestable donde debemos situarnos para comprender no solo qué teorías prevalecieron, sino, y esto es lo crucial: por qué lo hicieron y qué vacíos explicativos arrastraron consigo en su ascenso al dogma científico.

El punto de partida obligado es la monumental disputa entre Isaac Newton y Christiaan Huygens. La hegemonía newtoniana, cimentada en *Opticks* (1704), postulaba una luz compuesta por corpúsculos discretos, una

visión que satisfacía la intuición mecánica de la propagación rectilínea y la reflexión nítida. Sin embargo, esta arquitectura teórica —tan robusta en la macroescala— comenzaba a mostrar grietas al enfrentarse a fenómenos marginales como la difracción, observada ya por Grimaldi. Fue aquí donde Huygens, en su *Traité de la Lumière* (1690), introdujo una alternativa seductora pero matemáticamente peligrosa: la luz como una perturbación ondulatoria en el éter. No obstante, y tal como señalan incisivamente Qian e Izadi (2023), esta perplejidad sobre si la luz debe tratarse como onda o partícula no es una reliquia superada, sino una tensión constitutiva que ha perdurado siglos; los autores concluyen que reconciliar estos marcos ha sido “extremadamente difícil”, lo que sugiere que la aceptación histórica del modelo ondulatorio no fue una resolución definitiva, sino un compromiso pragmático ante la falta de herramientas cuánticas en aquella época.

El núcleo de la controversia, y donde reside la falla geológica de la óptica clásica, se encuentra en el célebre [Principio de Huygens](#). Este postulado, que afirma que cada punto de un frente de onda se convierte en una fuente de ondas secundarias esféricas, es una herramienta geométrica poderosa, sin duda, pero encierra una violación termodinámica implícita que rara vez se discute con la severidad que merece. Si aceptamos la premisa de Huygens tal como fue formulada, nos enfrentamos a una paradoja energética insostenible: ¿de dónde extraen energía infinita estos puntos matemáticos para generar frentes de onda secundarios que mantengan la intensidad sin diluirse catastróficamente? Anderson (2021) realiza una revisión crítica devastadora al respecto, demostrando que la construcción geométrica original de Huygens era incapaz de eliminar la “onda inversa” (*backward wave*) o el rastro (*wake*) sin recurrir a factores de inclinación arbitrarios introducidos posteriormente por Fresnel y Kirchhoff. La conclusión es lapidaria: el principio funcionaba sobre el papel para predecir la propagación hacia adelante, pero física y energéticamente era incompleto, requiriendo “ajustes geométricos” para ocultar sus divergencias intrínsecas (Anderson, 2021).

Es aquí donde la intervención de Rivero Nogales (2025) se vuelve quirúrgica al proponer un **análisis holístico retrospectivo**. La tesis que debemos considerar es que la teoría ondulatoria no ganó su estatus dominante únicamente por demostrar su veracidad absoluta, sino por el colapso de la teoría corpuscular ante predicciones erróneas específicas. Newton, en un error de cálculo fatal para su legado óptico, predijo que la luz debería acelerarse al entrar en un medio más denso (como el agua) para justificar la refracción; cuando los experimentos posteriores demostraron lo contrario —que la luz se frena—, la comunidad científica, en un movimiento pendular reactivo, abrazó la teoría ondulatoria como la única alternativa viable. Rivero Nogales (2025) argumenta que esto constituyó una “aceptación por descarte”: la validación de Huygens-Fresnel no provino de explicar satisfactoriamente la génesis energética de las ondas secundarias, sino de no cometer el error de Newton respecto a la velocidad en medios densos. Se aceptó un modelo con fallas termodinámicas (la generación espontánea de ondas secundarias) simplemente porque el modelo rival había fallado en una predicción mecánica fundamental.

Sin embargo, el siglo XIX presenció la consolidación matemática de este modelo “victorioso” de la mano de Augustin-Jean Fresnel. Garcia et al. (2024) analizan el impacto epistemológico de este momento, destacando cómo la resolución del “paradojo de Poisson” —la aparición de un punto brillante en el centro de la sombra de un disco opaco— sirvió como la estocada final al corpuscularismo. La comunidad científica, inicialmente escéptica y dominada por la autoridad newtoniana, se rindió ante la evidencia experimental de la difracción calculada por Fresnel. Pero aquí yace la trampa conceptual que debemos dismantelar: el hecho de que una ecuación describa la posición de una franja de luz (el *dónde*) no explica necesariamente la naturaleza física del fenómeno (el *qué* y el *por qué*). Garcia et al. (2024) sugieren que este éxito predictivo enmascaró las limitaciones ontológicas del modelo; se asumió que la luz *era* una onda porque las matemáticas ondulatorias funcionaban, ignorando que el mecanismo subyacente de propagación en el vacío y la interacción con los

bordes materiales seguía siendo un misterio envuelto en la hipótesis del éter.

Al profundizar en la estructura del Principio de Huygens-Fresnel, nos encontramos con que la supuesta interferencia destructiva que elimina la propagación hacia atrás es una imposición matemática *ad hoc*, no una consecuencia natural de la teoría original. Como bien apuntan Anderson (2021) y corroboran implícitamente Qian e Izadi (2023) al discutir la complementariedad, el modelo clásico requiere muletas conceptuales para sostenerse. La idea de que un frente de onda se “rompe” o fragmenta al pasar por un orificio, generando nuevas fuentes emisoras, implica una discontinuidad en la naturaleza de la luz que contradice la conservación de la energía si no se invoca un medio material activo en el borde. Rivero Nogales (2025) es enfático al señalar esta inconsistencia: “no se puede explicar la manera en que una onda primaria pueda generar decenas o centenas de ondas secundarias solo a causa de la perturbación en el espacio, porque eso incluiría que la energía de la onda principal debería fragmentarse”. La teoría ondulatoria clásica nos pide creer en una multiplicación de fuentes emisoras sin un mecanismo físico claro que las justifique, más allá de la abstracción matemática.

Esta fragilidad teórica se hace aún más patente cuando examinamos la instrumentación y los materiales involucrados en los experimentos históricos. Oliaei et al. (2021), aunque enfocados en compuestos de lignocelulosa, arrojan luz sobre un aspecto frecuentemente ignorado por los físicos teóricos: la interacción real en los bordes de los materiales. Al analizar la difracción en microestructuras, se evidencia que las propiedades de superficie (como la energía superficial y la hidrofobicidad) juegan un rol en la desviación de la luz que el modelo de Huygens, en su idealización de obstáculos perfectamente opacos y pasivos, no contempla. La teoría clásica trata al borde de una rendija o un obstáculo como una mera condición de frontera geométrica, ignorando que la materia está compuesta por campos eléctricos y energías de superficie activas. Es una simplificación excesiva

asumir que la luz interactúa con la “geometría” del orificio y no con la “física” del material que lo conforma (Oliaei et al., 2021).

Si la teoría ondulatoria fuese completa y epistemológicamente cerrada, no requeriríamos hoy de protocolos cuánticos para explicar la formación de imágenes en condiciones de ruido, como demuestran Gregory et al. (2020). Estos autores señalan que “la iluminación convencional usa una secuencia aleatoria de fotones”, y que los modelos clásicos fallan al intentar explicar correlaciones que superan las degradaciones estándar. Esto refuerza la noción de que la óptica ondulatoria clásica es una aproximación estadística válida para grandes flujos de energía, pero insuficiente —y conceptualmente errónea— al descender al nivel fundamental de la interacción luz-materia. La “victoria” de Fresnel en el siglo XIX congeló la investigación sobre la naturaleza corpuscular y la influencia de los bordes materiales durante más de un siglo, creando un dogma donde la difracción se convirtió en sinónimo de onda, cerrando la puerta a interpretaciones alternativas que involucraran fuerzas de superficie o interacciones de campo (Rivero Nogales, 2025).

La persistencia de este paradigma se debe, en gran medida, a la elegancia de las ecuaciones de onda de Maxwell, que llegaron más tarde para dar un soporte electromagnético a la visión de Huygens. Sin embargo, incluso Maxwell no resuelve el problema de la génesis de las ondas secundarias en un orificio sin invocar corrientes de desplazamiento en el vacío o condiciones de contorno que, nuevamente, son descripciones matemáticas del efecto, no explicaciones causales del mecanismo local. La crítica de Rivero Nogales (2025) resuena aquí con fuerza: hemos confundido el mapa (la ecuación de onda) con el territorio (la realidad física del fotón y su interacción). La aceptación por descarte de la teoría ondulatoria nos llevó a ignorar sistemáticamente las anomalías: ¿por qué la luz se difracta en un orificio pequeño pero no en uno grande si el principio de Huygens es universal? ¿Por qué la supuesta interferencia requiere coherencia espacial que una fuente natural como el sol difícilmente garantiza en las condiciones de los experimentos originales?

Existe, por tanto, un sesgo de confirmación histórico. Al observar franjas de luz y oscuridad, la comunidad científica del siglo XIX y XX gritó “¡Interferencia!”, asumiendo automáticamente la naturaleza ondulatoria subyacente. Anderson (2021) nos recuerda que las derivaciones geométricas pueden ser engañosas si no se cuestionan sus axiomas fundamentales, como la eliminación arbitraria de la onda inversa. Del mismo modo, Garcia et al. (2024) nos muestran cómo la autoridad científica puede retrasar o acelerar la aceptación de teorías basándose en “golpes de efecto” experimentales (como el punto de Poisson) que, aunque validan una predicción, no necesariamente validan toda la ontología de la teoría. La luz podría comportarse *como* una onda en ciertas estadísticas de distribución, sin *ser* mecánicamente una onda que se fragmenta y auto-interfiere en el vacío.

En síntesis, la evolución histórica de las teorías de la luz nos presenta un panorama donde la teoría ondulatoria se asentó sobre los escombros de la óptica newtoniana, no porque resolviera todas sus propias paradojas termodinámicas y mecánicas, sino porque ofrecía una predicción más precisa de los fenómenos de propagación en medios y difracción macroscópica. Sin embargo, como advierten Qian e Izadi (2023), la perplejidad persiste. Hemos construido un edificio teórico impresionante sobre cimientos que contienen grietas fundamentales: la incapacidad del Principio de Huygens para justificar la conservación de la energía en la generación de ondas secundarias y la omisión sistemática de las fuerzas reales que operan en los límites físicos de la materia (Oliaei et al., 2021).

Este análisis crítico nos obliga a reabrir el expediente del “caso luz”. No podemos seguir aceptando la dualidad onda-partícula o la explicación ondulatoria de la difracción como verdades reveladas e inmutables solo porque funcionan predictivamente en ciertos rangos. La historia nos muestra que la ciencia avanza a menudo por caminos torcidos, aceptando teorías imperfectas por falta de mejores alternativas en su momento (Rivero Nogales, 2025). Es imperativo, entonces, despojarnos de la comodidad que ofrece el consenso histórico y mirar nuevamente hacia

esos bordes, hacia esos orificios y hacia esa supuesta fragmentación de la luz, pero esta vez, con la sospecha de que lo que hemos llamado “onda” durante tres siglos podría ser, en realidad, la manifestación de fuerzas y energías superficiales que hemos decidido ignorar sistemáticamente.

1.2 Principios de energía superficial en la materia

Si la historia de la óptica, como hemos visto, ha pecado de una abstracción excesiva al tratar la luz como una entidad matemática que viaja por el vacío, el estudio de la materia ha sufrido, paradójicamente, el defecto opuesto: la pasividad. Hemos tendido a considerar los objetos —la cartulina de Young, la lámina de oro de Jönsson— como meros obstáculos geométricos, fronteras mudas que simplemente bloquean o permiten el paso. Sin embargo, la física de superficies contemporánea nos narra una realidad mucho más violenta y dinámica: la materia no termina donde acaba su masa; termina donde se extingue su campo de energía. Es imperativo, por tanto, descender a la escala donde la geometría se disuelve en termodinámica para comprender qué ocurre realmente en el “borde” de un orificio.

La energía superficial (o tensión superficial en líquidos) es la manifestación macroscópica de las fuerzas intermoleculares no compensadas en la frontera de un material. En el interior de un sólido, cada átomo está estabilizado por vecinos en todas direcciones; en la superficie, sin embargo, los átomos están “desnudos” hacia el vacío, generando un estado de alta energía potencial que busca desesperadamente el equilibrio. Keresztes y Csóka (2023) han cuantificado este fenómeno con una precisión que dismantela la idea de la “cartulina inerte”; al caracterizar la celulosa reciclada —el material base de los experimentos clásicos de óptica—, determinaron una energía libre superficial total de 44.4 mJ/m^2 (equivalente a 44.4 dyn/cm), compuesta por una parte dispersiva dominante (40.1 mJ/m^2) y una componente polar menor. Esto implica que el borde de una simple cartulina no es una línea muerta, sino un horizonte de eventos electrostáticos gobernado por las fuerzas de London y las interacciones de hidrógeno.

Esta cuantificación es crítica porque establece el “suelo” energético del experimento. Si aplicamos la ley de Young-Laplace ($\Delta P = 2\gamma/r$), citada implícitamente en el análisis de la presión capilar de estos materiales, observamos que a medida que el radio de curvatura (r) del orificio disminuye, la presión energética (ΔP) aumenta hiperbólicamente (Keresztes & Csóka, 2023). Aquí reside el primer indicio de la distorsión: un orificio macroscópico diluye esta tensión, pero un micro-orificio la concentra. Oliaei et al. (2021) profundizan en esta arquitectura molecular al estudiar compuestos lignocelulósicos, demostrando que la presencia de lignina (entre el 6% y el 17%) modula esta energía mediante la promoción de la hidrofobicidad. Sus hallazgos revelan que en los bordes afilados de micro-estructuras (<1 mm), la reducción del área superficial efectiva fuerza una reconfiguración de las tensiones internas —estimadas entre 75 y 95 MPa—, lo que sugiere que cualquier fotón que roce estos límites no está transitando por el espacio libre, sino atravesando un campo de fuerza denso y estructurado.

Ahora bien, si la celulosa presenta un escenario energético complejo, los metales —protagonistas del experimento de Jönsson— elevan esta complejidad a magnitudes de campo extremas. Wolley et al. (2022) nos ofrecen un catálogo de intensidades que resulta revelador: mientras la celulosa ronda los 40–120 mJ/m², metales nobles y óxidos presentan energías de superficie brutales, como el níquel con 1770 mJ/m² o el platino alcanzando los 2672 mJ/m². Es en este punto donde la teoría de Rivero Nogales encuentra su anclaje físico más robusto: la energía superficial del oro, material estándar en nanotecnología óptica, no es trivial. Qian e Izadi (2023), al investigar la coherencia óptica y mecánica, corroboran valores para metales y semiconductores (como el silicio con 287 mJ/m²) que sustentan la existencia de un campo de atracción significativo. Específicamente, los datos sugieren que el oro posee una energía superficial en el rango de ≈ 1360 dyn/cm (o mJ/m²), una magnitud suficiente para que, en radios de curvatura inferiores a 20 nm, las fuerzas de adhesión descritas por la ecuación $W_a = \gamma LV - (\gamma SL - \gamma SV)$ dejen de ser despreciables y pasen a dominar la interacción local.

Pero, ¿cómo se organizan estas fuerzas? Aquí debemos introducir la distinción vectorial fundamental que subyace a la fenomenología observada. En un estado de reposo, sobre una superficie plana y continua, los vectores de energía superficial se comportan de manera **convergente**; es decir, apuntan hacia el interior del material para minimizar la superficie expuesta, manteniendo la cohesión estructural. Sin embargo, la situación cambia drásticamente ante la presencia de una discontinuidad abrupta: el borde afilado.

Borghi et al. (2021), en su estudio sobre la humectabilidad de superficies de oro nanoestructurado, proporcionan la clave geométrica mediante la ecuación de equilibrio interfacial. Sus mediciones (35–45 mJ/m² en configuraciones específicas, variando según la nanoestructura) demuestran que en los límites físicos del material, la tensión superficial (30 dyn/cm en interfaces Au-Si) genera un gradiente de fuerza que no puede resolverse hacia el interior. Cuando las paredes de un orificio se aproximan a distancias críticas —definidas por Rivero Nogales como <1 mm para materiales de baja densidad como la cartulina y <3 mm para metales de alta densidad—, ocurre un fenómeno de saturación espacial. Las cargas superficiales de las paredes opuestas, al verse forzadas a una proximidad que viola su radio de acción electrostática, entran en un estado de “intolerancia”.

Este conflicto espacial desencadena la inversión vectorial: los vectores, imposibilitados para mantener su convergencia habitual debido a la repulsión o interacción con la pared opuesta, se tornan **divergentes** (invertidos). Wolley et al. (2022) describen implícitamente este comportamiento al notar que en radios de curvatura extremadamente pequeños (<50 nm), la tensión superficial ($\gamma = E/2\pi r$) induce una divergencia en las fuerzas locales. No estamos hablando, por tanto, de una simple “rugosidad” del material, sino de una reorientación vectorial del campo de energía. En el metal, debido a su mayor densidad electrónica y energía superficial (>1000 dyn/cm), esta zona de influencia se extiende más allá del borde físico (hasta 3 mm), mientras que en la celulosa, con

su energía más modesta (≈ 45 dyn/cm), el fenómeno queda confinado a distancias sub-milimétricas (Oliaei et al., 2021).

La implicación física de esta inversión es profunda: el orificio deja de ser un “vacío” pasivo para convertirse en una lente de fuerzas activa. Borghi et al. (2021) calculan que la divergencia vectorial en bordes con radio < 100 nm genera campos de atracción calculables mediante $\Delta\gamma = (\gamma_{sv} - \gamma_{sl})/r$. Esto significa que el espacio comprendido entre las paredes del orificio está “cargado” con una tensión vectorial que busca restablecer el equilibrio termodinámico perdido por la geometría forzada. Es, en esencia, una trampa energética.

Si aceptamos las premisas establecidas por Qian e Izadi (2023) sobre la magnitud de las fuerzas en óxidos y metales, y las combinamos con la caracterización de la celulosa de Keresztes y Csóka (2023), emerge un cuadro coherente: la materia proyecta su influencia al espacio adyacente. Esta proyección no es uniforme; depende críticamente de la distancia de separación entre las paredes (el diámetro del orificio). Un orificio grande permite que los vectores relajen su tensión sin interactuar; un orificio pequeño —el escenario de Young y Jönsson— obliga a los vectores a colapsar y reorganizarse en una configuración divergente. Esta reorganización no es una hipótesis metafísica, sino una necesidad derivada de la minimización de la energía libre de Gibbs en la interfase sólido-vacío.

En conclusión, la energía superficial de la materia constituye el sustrato físico invisible sobre el cual se desarrollan los fenómenos ópticos de borde. No se trata de ondas etéreas chocando con obstáculos ideales, sino de interacciones de campo cuantificables en dinas y milijulios. La existencia de vectores divergentes en orificios estrechos —producto de la alta energía superficial del oro o la tensión capilar de la celulosa— crea las condiciones de contorno necesarias para alterar cualquier entidad que intente cruzar ese umbral. Hemos definido el escenario y sus trampas energéticas; queda por ver, en los capítulos subsiguientes, cómo esta arquitectura de fuerzas

invisibles es capaz de secuestrar la información de una imagen o desviar la trayectoria de una partícula.

1.3 Ontología de la imagen y la luz

Habiendo dismantelado las ilusiones históricas sobre la naturaleza de la luz y establecido el escenario energético donde ocurre la batalla material, nos enfrentamos ahora al desafío conceptual más radical de esta obra: la escisión ontológica. Hasta este punto, la física ha operado bajo un monismo tácito, asumiendo que “ver” es simplemente “recibir luz”. Sin embargo, si queremos resolver las paradojas que atormentan a la óptica moderna —desde la difracción anómala hasta las observaciones cosmológicas imposibles—, debemos atrevernos a proponer una dualidad mucho más profunda que la de onda-partícula. Debemos separar al mensajero del mensaje.

La luz, en su definición más purista y energética, es **fotones**. Es el cuanto de acción electromagnética, descrito por la ecuación $E=hf$, una entidad que transporta energía, momento y espín a través del espacio-tiempo a la velocidad límite c . Es el combustible del universo visible. Pero la imagen... la imagen es otra cosa. La imagen es **información**. Es una estructura de datos espaciales y cromáticos —píxeles de realidad— que carece, por definición, de las propiedades físicas de su portador: no tiene masa, no tiene carga eléctrica y, crucialmente, no posee energía de atracción propia.

Esta distinción no es un juego semántico; es una necesidad física. Gregory et al. (2020), al trabajar en los límites de la iluminación cuántica, ya vislumbran esta separación al señalar que “la iluminación convencional usa una secuencia aleatoria de fotones”, mientras que la imagen verdadera emerge de correlaciones espaciales puras. Ellos hablan de “paquetes de información” que pueden ser reconstruidos incluso a través del ruido, utilizando parámetros de coherencia ($\sigma \approx 4 \mu\text{m}$) y fase que pertenecen a la lógica de la información, no a la termodinámica de la energía bruta. La luz “ilumina”, pero es la correlación la que “informa”.

Para formalizar esta ruptura, introducimos el concepto de **Momentos Lineales de una Observación** (Rivero Nogales, 2025). Imaginemos estos momentos no como vectores de fuerza newtoniana, sino como “cables de fibra óptica” invisibles, tejidos en la estructura misma del espacio, que conectan el objeto con el observador. Cuando un fotón (energía) impacta una superficie, excita estos momentos lineales, cargándolos con la información del píxel (color, posición). El fotón puede morir en el impacto o rebotar caóticamente, pero la información —la imagen— viaja a través de estos canales preestablecidos por el entrelazamiento del espacio. Inoue et al. (2023), al analizar la propagación de la luz en vuelo mediante holografía, rozan esta verdad al diferenciar el tiempo de vuelo del portador ($t=d/c$) de la reconstrucción de la imagen, que depende de la coherencia de fase, sugiriendo que la “estructura informativa” posee una integridad independiente de la dispersión energética del fotón.

Esta visión explica por qué la imagen no es un simple “reflejo”. Un reflejo implica una trayectoria balística de partículas rebotando; una transmisión de imagen implica la transferencia de un estado de información. Wolley et al. (2022) aportan evidencia crítica al demostrar que, en el régimen de conteo de fotones individuales, la imagen se reconstruye seleccionando eventos correlacionados, ignorando el ruido de fondo. Si la imagen fuera simplemente “luz rebotada”, el ruido sería inextricable. El hecho de que podamos filtrar la “información pura” del “ruido energético” demuestra que son entidades separables. La imagen es, en esencia, un patrón de coherencia sin masa que cabalga sobre, pero no *es*, la energía del fotón.

La implicación más disruptiva de esta ontología radica en la interacción con la materia. Como establecimos en la sección anterior, la materia genera campos de atracción (energía superficial). La luz (fotones), al tener energía ($E=hf$), interactúa con estos campos; puede ser desviada, absorbida o dispersada. Pero la imagen... al ser información pura sin carga ni masa, es inmune a estas fuerzas *directas*. Oliaei et al. (2021), aunque desde la ciencia de materiales, nos recuerdan que la transferencia de información en sistemas complejos depende de la estructura del medio, no solo de la

energía inyectada. La imagen no genera su propio campo de atracción; no “tira” de la materia ni es “tirada” por ella de la misma manera gravitatoria o electromagnética que el fotón.

Sin embargo, aquí reside la sutileza: la imagen viaja montada en los momentos lineales, y estos momentos lineales sí pueden ser afectados por la geometría del espacio y los campos extremos (como veremos en el experimento de Young). Singh et al. (2023) discuten el “momento lineal de la información” en sistemas láser, planteando un *trade-off* fundamental entre la velocidad de transmisión y la fidelidad del factor Fano ($F=(v/c)^2$). Esto resuena con nuestra tesis: existe una mecánica propia de la información. La imagen no es un fantasma etéreo; es una entidad física de segundo orden, una modulación del espacio que requiere un sustrato (los momentos lineales) para propagarse.

AbuGhanem (2024) lleva este debate al límite del procesamiento de información, señalando que aunque la transmisión de datos ópticos opera a velocidades cercanas a c , la “reconstrucción de la imagen” es un proceso lógico que distingue el *carrier* (fotón) del contenido (bit). Esta es la validación final que necesitábamos: la ciencia de la información ya trata a la luz y a los datos como capas distintas del fenómeno comunicativo. Nosotros simplemente llevamos esa distinción al nivel ontológico fundamental: el universo está lleno de luz (energía) y lleno de imágenes (información), y confundir una con la otra ha sido el error capital de la óptica clásica.

En resumen, la luz es el grito; la imagen es la palabra. La luz es la energía ciega que quema la retina; la imagen es la estructura coherente que el cerebro decodifica. Al definir la imagen como un conjunto de *píxeles de información* transportados por *momentos lineales* del espacio, liberamos a la óptica de la esclavitud de la onda mecánica. La imagen no necesita “ondular” para difractarse; solo necesita que sus canales de transmisión (los momentos lineales) sean distorsionados por las fuerzas del entorno. Con esta herramienta conceptual en mano —la separación entre el vehículo

energético y el pasajero informativo—, estamos finalmente equipados para entrar en el laboratorio de Young y Jönsson y ver, por primera vez, lo que realmente está ocurriendo.

CAPÍTULO II

ELECTRODINÁMICA CUÁNTICA Y FENÓMENOS A ESCALA NANOMÉTRICA

2.1 Dualidad onda-partícula y el experimento de Jönsson

Es imperativo situarnos, con la frialdad quirúrgica que exige la historia de la física, en el umbral de 1961. Hasta ese momento, la mecánica cuántica —esa vasta y desconcertante catedral teórica— se había erigido fundamentalmente sobre pensamientos experimentales y observaciones indirectas; sin embargo, Claus Jönsson, en un acto de audacia técnica que redefinió los límites de la instrumentación, materializó lo que hasta entonces pertenecía al reino de la abstracción. No estamos hablando meramente de una confirmación rutinaria, sino de la transubstanciación de un concepto filosófico en una realidad tangible de silicio y oro. El experimento de Jönsson no es solo un hito; es el sustrato físico sobre el cual se ha edificado, y quizás osificado, la interpretación ortodoxa de la dualidad onda-partícula.

Para comprender la magnitud de este evento, y despojarnos de las simplificaciones pedagógicas habituales, debemos descender a la

arquitectura nanométrica del dispositivo original. Jönsson no utilizó cartulinas ni fuentes de luz difusa; su “lienzo” fue una membrana de silicio, recubierta meticulosamente por una lámina delgada de oro. Las dimensiones —y aquí yace la precisión que a menudo se ignora— son críticas para cualquier análisis posterior que pretenda ser riguroso: las rendijas fueron fabricadas mediante el bombardeo de átomos de carbono, logrando una apertura (ancho) de exactamente 95 nanómetros (nm). La separación entre los centros de estas aberturas se estableció en 430 nm, mientras que la longitud longitudinal de las ranuras se extendió hasta los 1550 nm.

Esta configuración no es arbitraria; responde a la necesidad imperiosa de interactuar con la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones incidentes. Si alteramos estos parámetros —si la separación fuese micrométrica en lugar de nanométrica—, el fenómeno, simplemente: Desaparece. En replicas modernas y estudios teóricos sobre la discontinuidad cuántica, como bien señala Plotnitsky (2022), estas dimensiones (anchos cercanos a 50-95 nm y separaciones de centenas de nanómetros) son las que permiten que el aparato opere en el régimen donde la intuición clásica colapsa, obligando a la comunidad científica a aceptar la “realidad-sin-realismo” (RWR), donde los datos observados no permiten una concepción causal del fenómeno subyacente.

La interpretación estándar, aquella que se enseña en las cátedras y se defiende en los simposios —y que servirá de contrapunto dialéctico en capítulos posteriores—, sostiene que el electrón, al enfrentarse a esta topografía de oro y vacío, renuncia a su identidad corpuscular. Bajo esta óptica, no estamos ante una partícula que “decide” pasar por la izquierda o la derecha, sino ante una entidad que se delocaliza espacialmente. Wong et al. (2021), al explorar el control de procesos electrodinámicos cuánticos (QED) mediante el moldeado de paquetes de ondas de electrones, refuerzan esta visión: la función de onda ψ no describe una trayectoria, sino una distribución de probabilidad que abarca ambas rendijas simultáneamente. El modelo matemático que sustenta esta visión, y que se ha convertido

en el dogma de la física moderna, describe el estado del electrón (ψ) como una superposición lineal de los estados posibles ($\psi=\psi_1+\psi_2$), donde la intensidad detectada en el panel posterior ($I=|\psi|^2$) revela términos de interferencia ($2\text{Re}(\psi_1^*\psi_2)$) que serían imposibles si el electrón fuese una “bala” newtoniana.

Sin embargo, la sofisticación del experimento ha evolucionado desde la estática membrana de Jönsson hacia dominios dinámicos que desafían nuestra percepción del tiempo mismo. Kaneyasu et al. (2023) han llevado el principio de la doble rendija al dominio temporal, utilizando radiación XUV de un sincrotrón para generar fotoelectrones a partir de átomos de helio. En este escenario, las “rendijas” dejan de ser aberturas físicas en una lámina de oro para convertirse en ventanas temporales con un ancho aproximado de 1.4 femtosegundos (fs) —apenas 10 ciclos de oscilación de la onda de luz— y separaciones ajustables en el rango de los attosegundos. Lo fascinante de este enfoque contemporáneo es que la función de onda del paquete de electrones se modela como una superposición de ondas planas:

$$\psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int dE c(E) e^{i(kx - Et/\hbar)}$$

Donde E representa la energía cinética y $c(E)$ la amplitud de probabilidad (Kaneyasu et al., 2023). Este formalismo matemático, aunque elegante, perpetúa la noción de que el fenómeno es intrínsecamente probabilístico. El patrón de interferencia no emerge de una fuerza que empuja al electrón, sino de la suma de amplitudes complejas. De hecho, Kaneyasu observa que el patrón de interferencia se construye estocásticamente: es invisible con pocos eventos, comienza a discernirse con 2×10^4 electrones acumulados y solo se vuelve nítido y claro al alcanzar 1×10^6 detecciones. Este comportamiento de “*buildup*” o acumulación estadística es el pilar sobre el cual descansa la interpretación de Copenhague: un solo electrón no “hace” la interferencia en el sentido clásico; es la estadística del conjunto la que revela la naturaleza ondulatoria subyacente.

Ahora bien, es crucial detenernos en la materialidad del experimento original de Jönsson y sus variantes modernas. Tirole et al. (2023) han extendido esta analogía al dominio de las frecuencias ópticas utilizando películas delgadas de óxido de indio estañado (ITO), un material que opera en el régimen de *epsilon-near-zero*. Aunque su trabajo se centra en fotones y no en electrones, la premisa se mantiene: la creación de “rendijas temporales” con separaciones de 2.3 picosegundos (ps) genera patrones de difracción que se explican mediante modelos adiabáticos dispersivos. Lo relevante aquí para nuestra disección del experimento de Jönsson es la confirmación de que la “rendija” no es un ente pasivo; en el caso de Tirole, la reflectividad del material se modula dinámicamente, alcanzando un máximo de 0.6. Esto sugiere —aunque la ortodoxia prefiere ignorarlo en favor de la abstracción ondulatoria— que las propiedades del material que conforma la rendija (ya sea ITO excitado ópticamente o el oro recubriendo el silicio en el caso de Jönsson) juegan un rol activo en la definición de la función de onda.

La interpretación probabilística alcanza su cénit, y quizás su punto de mayor abstracción, cuando observamos fenómenos análogos en escalas de energía y tamaño que empequeñecen incluso a la nanotecnología. Acharya et al. (2024), trabajando con el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), han medido la anisotropía azimutal en la fotoproducción coherente de mesones ρ_0 en colisiones ultraperiféricas de plomo-plomo (Pb–Pb). Aquí, las dimensiones efectivas se reducen a la escala del femtómetro ($1\text{fm}=10^{-15}\text{m}$). Aunque no existen “paredes” de oro en el sentido de Jönsson, la ambigüedad cuántica en la fuente del fotón genera un patrón de interferencia que se modela con una amplitud de modulación dependiente del parámetro de impacto. La ecuación que describe esta anisotropía angular incluye términos del tipo $\cos(2\phi)$, análogos a las franjas de interferencia visuales. La comunidad científica acepta esto como una prueba irrefutable de que la mecánica ondulatoria gobierna desde lo nuclear hasta lo óptico, asumiendo que la ausencia de trayectorias definidas es una propiedad intrínseca de la naturaleza y no una limitación de nuestro entendimiento de las fuerzas en juego.

Volviendo al dispositivo de Jönsson, la narrativa estándar nos dice que el electrón, al aproximarse a las rendijas de 95 nm separadas por 430 nm, entra en un estado de superposición. No importa que el electrón sea una partícula con masa, carga y espín definidos; la teoría dicta que, en ausencia de observación (medición), se comporta como una onda de probabilidad que atraviesa ambas ranuras. Esta onda luego interfiere consigo misma al otro lado de la placa de silicio, creando zonas de alta y baja probabilidad de impacto en el detector. Plotnitsky (2022) argumenta, siguiendo la línea de Heisenberg y Bohr, que intentar conceptualizar *cómo* ocurre este tránsito es un ejercicio fútil, pues la realidad cuántica es discontinua y no admite una representación visual realista. Según esta visión, la interacción entre el electrón y las paredes de la rendija se limita a condiciones de contorno matemáticas para la ecuación de onda, ignorando —o relegando a un segundo plano— cualquier posible interacción de fuerzas deterministas (electromagnéticas o de vacío) que pudieran emanar de la materia misma que conforma la rendija.

Es fascinante notar cómo, incluso en los experimentos más avanzados de control de paquetes de ondas descritos por Wong et al. (2021), donde se utilizan nanoestructuras de silicio y oro idénticas en composición a las de Jönsson, el enfoque permanece obsesivamente en el “moldeado” de la probabilidad. Se discute el Hamiltoniano de interacción para procesos QED, se calculan las integrales de camino, pero la pared de la rendija se trata mayormente como un obstáculo geométrico pasivo o, a lo sumo, como una fuente de dispersión incoherente. La posibilidad de que la proximidad de estas paredes (recordemos, separadas por menos de media micra) genere campos locales intensos se subsume en el formalismo de la función de onda.

La interpretación probabilística, por tanto, se blindada ante la causalidad: si un electrón llega a la pantalla en una posición que correspondería a un máximo de interferencia, no es porque una fuerza lo haya empujado allí, sino porque la amplitud de probabilidad en ese punto era constructiva. Esta visión acausal es la que predomina. Cuando Kaneyasu et al. (2023)

observan oscilaciones con un período de 140 attosegundos, lo atribuyen a la fase de la función de onda, no a una dinámica interna del sistema. Del mismo modo, cuando Tirole et al. (2023) ven más oscilaciones de las esperadas en su difracción temporal, recurren a modelos de interferencia de múltiples caminos, manteniendo intacto el paradigma de que la onda es la entidad fundamental.

Sin embargo, hay detalles técnicos en el experimento de Jönsson que, leídos con atención, dejan entrever la complejidad física del sistema. La necesidad de que las rendijas sean paralelas, la especificidad del material (oro sobre silicio) y las dimensiones críticas sugieren que la “magia” ondulatoria requiere condiciones materiales muy estrictas. Si la difracción fuese puramente una propiedad de la onda asociada al electrón, ¿por qué depende tan críticamente de la nano-arquitectura de la rendija? La respuesta ortodoxa es que la difracción requiere que el tamaño de la apertura sea comparable a la longitud de onda de De Broglie; una explicación elegante, geométrica, pero que evita entrar en la dinámica de las fuerzas locales.

En el experimento de Jönsson, los electrones son acelerados típicamente a energías de unos pocos keV (kilo-electronvoltios), lo que les confiere una longitud de onda extremadamente pequeña. Al pasar por las rendijas de 95 nm, la teoría ondulatoria predice la dispersión. Pero, ¿qué ocurre realmente en el espacio vacío entre las paredes de oro? La interpretación de Copenhague nos prohíbe preguntar. Nos dice que el electrón no tiene posición definida hasta que impacta la pantalla. Esta prohibición epistemológica ha desviado la atención de la física de los materiales hacia la física de la información pura. Como se evidencia en el trabajo de Acharya et al. (2024), incluso en colisiones de alta energía (5.02 TeV), se prefiere hablar de “fluctuaciones cuánticas” y “entrelazamiento” antes que de dinámicas de campo deterministas en el punto de impacto.

La “dualidad” es, en esencia, una etiqueta para nuestra ignorancia sobre el mecanismo de tránsito. Al observar el patrón de múltiples columnas generado por el experimento de Jönsson, la física actual ve la firma de una

onda. Acepta que un objeto puntual (el electrón, con su carga indivisible) puede, de alguna manera, estar en todas partes y en ninguna hasta el momento final. Esta es la narrativa que ha dominado los últimos cien años: la renuncia al determinismo local.

Así, el experimento de Jönsson se presenta ante nosotros no solo como una prueba de la mecánica cuántica, sino como el monumento a una forma específica de mirar el mundo: una donde la geometría y la probabilidad reinan sobre la fuerza y la trayectoria. Las especificaciones técnicas — ese ancho de 95 nm, esa separación de 430 nm — se consideran meros parámetros de una ecuación de difracción, ignorando, por el momento, que en esas distancias ínfimas, el vacío y la materia podrían estar gritando una historia diferente, una historia de campos y tensiones que la función de onda, en su elegancia abstracta, ha silenciado eficazmente. Este es el estado del arte, la ortodoxia que establece que la materia se disuelve en probabilidad al cruzar el umbral de lo nanométrico, una postura que, aunque matemáticamente robusta, deja un vacío ontológico que pide, casi a gritos, ser reexaminado bajo una nueva luz.

2.2 Fuerzas electrodinámicas en el vacío cuántico

Si vamos a diseccionar la arquitectura de la realidad a escala nanométrica, debemos renunciar a la idea de que el vacío es una nada pasiva. No es, ni ha sido nunca, un simple escenario inerte donde los actores de la materia representan su drama; el vacío es, en sí mismo, un protagonista furioso y omnipresente. Cuando Hendrik Casimir, en 1948, postuló que dos placas conductoras neutras, colocadas en el vacío absoluto y separadas por una distancia ínfima, experimentarían una fuerza de atracción mutua, no estaba sugiriendo una nueva interacción fundamental, sino revelando la presión silenciosa de la inexistencia. Este fenómeno, conocido hoy como el Efecto Casimir, es la manifestación macroscópica de una verdad cuántica inquietante: el espacio vacío está hirviendo de fluctuaciones electromagnéticas de punto cero, modos de vibración que existen incluso en ausencia total de fotones térmicos o reales.

La explicación teórica estándar, aunque elegante, esconde una violencia conceptual que debemos desentrañar para comprender su relevancia en nuestro contexto. Imaginemos el vacío como un mar infinito de ondas de todas las longitudes posibles. Al introducir dos placas conductoras paralelas, imponemos condiciones de contorno (*boundary conditions*) que actúan como un filtro selectivo: solo aquellas ondas cuya longitud encaja perfectamente —o en múltiplos enteros— dentro de la cavidad entre las placas pueden existir en ese espacio confinado. Fuera de las placas, en el vasto océano del espacio libre, no existe tal restricción; todas las ondas, desde las de longitud infinita hasta las infinitesimales, golpean las caras externas de los conductores. El resultado es una diferencia de presión neta: la densidad de modos de vacío en el exterior es infinitamente mayor que en el interior, generando una fuerza de empuje —mal llamada de atracción— que tiende a colapsar las placas una contra la otra.

Esta fuerza no es una curiosidad marginal; es una tiranía física que domina el régimen sub-micrométrico. La magnitud de esta interacción escala de manera dramática con la reducción de la distancia (d), siguiendo una ley de potencia inversa que hace palidecer a la gravedad en estas escalas. La teoría de Lifshitz, que generaliza el cálculo original de Casimir para materiales reales con propiedades dieléctricas finitas, establece que la fuerza por unidad de área (presión) entre dos placas planas paralelas viene dada, en una primera aproximación ideal, por:

$$F(d) = \frac{\pi^2 \hbar c}{240 d^4}$$

Donde $\hbar$ es la constante de Planck reducida y c la velocidad de la luz. Nótese la dependencia de $1/d^4$: si reducimos la distancia a la mitad, la fuerza se multiplica por dieciséis. Sin embargo, en el mundo real de la experimentación de precisión, como documentan Dhital y Mohideen (2024) en su exhaustiva revisión de mediciones recientes, esta idealización se complica por la rugosidad de las superficies, la temperatura finita y, crucialmente, la conductividad no perfecta de los materiales utilizados, típicamente oro (Au) depositado sobre sustratos de silicio o polímeros.

Dhital y Mohideen reportan mediciones de fuerza Casimir utilizando configuraciones dinámicas de microscopía de fuerza atómica (AFM) en ultra-alto vacío, operando en rangos de separación de 250 a 1300 nanómetros (nm). Sus datos son reveladores: a una distancia de 250 nm, la presión equivalente alcanza valores del orden de 10^{-3} Pascales (Pa), correspondiendo a fuerzas medidas en piconewtons (pN). Aunque pueda parecer una magnitud despreciable desde nuestra perspectiva macroscópica, para una membrana de silicio de 100 nm de espesor, esta presión es tectónica. La confirmación experimental de la teoría de Lifshitz en estos rangos, ajustando la ecuación:

$$F(d) = \frac{\pi^2 \hbar c R}{360 d^2}$$

(para la geometría esfera-placa utilizada a menudo para evitar problemas de paralelismo), valida la existencia de un campo de fuerza omnipresente que se activa violentamente al cruzar el umbral de los 430 nm —casualmente, o quizás causalmente, la misma distancia de separación en las rendijas de Jönsson—.

Pero la historia se vuelve aún más intrigante, y pertinente para nuestra tesis, cuando descendemos por debajo de la barrera de los 150 nm. Aquí, entramos en un territorio donde la interacción deja de ser una suave pendiente para convertirse en un abismo. De Jong et al. (2025), en un trabajo pionero utilizando resonadores de tambor superconductores en un sistema optomecánico de microondas, han logrado medir la fuerza Casimir a distancias tan críticas como 17-18 nm. Sus hallazgos son, en una palabra: Perturbadores. Utilizando aluminio con una frecuencia de plasma $\omega_p = 13$ electronvoltios (eV), observaron presiones del orden de 10^{-7} milipascals (mPa) que se ajustan con precisión escalofriante a las predicciones teóricas, incluso considerando variaciones del 25 % en los parámetros del material.

Lo que de Jong y sus colegas destacan —y aquí yace el nexo con nuestra reinterpretación de las rendijas— es la presencia inevitable de “efectos

electrostáticos parásitos”. A pesar de sus esfuerzos hercúleos por calibrar el sistema y minimizar los potenciales residuales, siempre persiste una “intolerancia de carga” fundamental. Las superficies metálicas, por muy neutras que se presuman, desarrollan parches de potencial (patch potentials) debido a la estructura policristalina del oro o el aluminio, generando campos eléctricos locales que se superponen a la fuerza Casimir pura. Esta “suciedad” experimental, que los físicos ortodoxos tratan de restar de sus ecuaciones como ruido, podría ser en realidad la señal: la evidencia de que la proximidad extrema (<150 nm) induce una reorganización de la carga superficial, un campo eléctrico interno nacido de la tensión del vacío.

Si la fuerza Casimir fuera meramente atractiva y pasiva, el universo a nanoescala colapsaría sobre sí mismo. Pero la naturaleza es más sutil. Genet (2022) nos abre una puerta hacia la complejidad de estas interacciones al introducir la quiralidad. Al estudiar la interacción entre luz quiral y materia quiral, demuestra que las fuerzas de vacío pueden, bajo condiciones geométricas y materiales específicas, volverse repulsivas. Utilizando una modificación de la teoría de Lifshitz para metamateriales, Genet predice fuerzas en el rango de femtonewtons (fN) a piconewtons (pN) a separaciones menores de 10 nm, gobernadas por ecuaciones que integran la traza de los coeficientes de reflexión (r_1, r_2) modulados por un factor exponencial e^{-2kd} .

Aunque el trabajo de Genet se enfoca en la óptica quiral, el principio subyacente es universal: el vacío cuántico no es un agente monolítico de atracción. Es un medio elástico y reactivo que responde a la topología de la materia. La posibilidad de repulsión a distancias ultracortas sugiere que las paredes de una nano-rendija no están simplemente “cayendo” una hacia la otra; están atrapadas en un equilibrio dinámico, sostenidas por campos que fluctúan violentamente. Esta repulsión, o más bien, esta modulación del signo de la fuerza, ha sido confirmada teóricamente y experimentalmente en sistemas complejos. Ma et al. (2026), trabajando

con fluidos magnéticos (ferrofluidos), han predicho y medido un cambio de signo en la fuerza Casimir, logrando lo que llaman “levitación cuántica”.

El experimento de Ma et al. es particularmente ilustrativo: sumergiendo una superficie de poliestireno y un sustrato metálico recubierto de teflón en una mezcla de tolueno y magnetita, lograron sintonizar las propiedades dieléctricas del medio para invertir la fuerza de atracción a repulsión en el rango de 10-200 nm. Observaron presiones de 10^{-7} mPa, demostrando que el vacío puede actuar como un resorte repulsivo si las condiciones de contorno lo dictan. Esta “levitación” estable a distancias sub-micrométricas es la prueba de que las fuerzas del vacío pueden generar pozos de potencial estables, zonas donde las paredes de una rendija podrían mantenerse separadas no por rigidez mecánica, sino por presión de radiación del vacío.

Ahora, integremos esto en la visión holística que nos ocupa. Tenemos evidencia robusta, desde de Jong hasta Ma, pasando por la revisión de Dhital, de que en el rango de distancias relevante para el experimento de Jönsson (alrededor de 430 nm de separación, pero con anchos de rendija de 95 nm que crean bordes afilados y proximidades locales), el vacío cuántico ejerce fuerzas mecánicas reales y medibles. Estas fuerzas no son despreciables; a 100 nm, la presión Casimir puede exceder la presión atmosférica. Imaginemos, entonces, dos placas de oro paralelas, separadas por esta distancia crítica. El vacío entre ellas está “rarecido” de modos electromagnéticos; el exterior las empuja. Esta tensión mecánica deforma la red cristalina del oro, alterando su función de trabajo local y, por ende, su distribución de carga superficial.

De Jong et al. (2025) discuten explícitamente cómo la calibración optomecánica fija el error en la amplitud de la fuerza, pero la “intolerancia de carga” en las mediciones dinámicas sugiere que es imposible eliminar completamente los campos eléctricos estáticos en estas configuraciones. La física estándar llama a esto “potencial de contacto residual” y trata de compensarlo aplicando voltajes externos. Pero, ¿y si este potencial no es un error experimental? ¿Y si es una consecuencia intrínseca de la ruptura

de simetría que impone el efecto Casimir? Si dos placas neutras se atraen con tal intensidad que deforman su propia estructura electrónica, es plausible —incluso necesario— que se genere una polarización inducida.

La exclusión de modos de vacío entre las placas implica que ciertos estados de energía del campo electromagnético están prohibidos. La conservación de la energía dicta que esta “falta” debe compensarse. En un conductor ideal, esto se manifiesta como corrientes de superficie que reajustan las condiciones de contorno. En un conductor real como el oro a temperatura ambiente, con su resistencia finita y sus impurezas, este reajuste no es instantáneo ni perfecto. Se crean gradientes de potencial. Ma et al. (2026) muestran que al introducir un fluido magnético, la interacción se vuelve aún más rica, acoplando las propiedades magnéticas del medio con las fluctuaciones del vacío. Aunque las rendijas de Jönsson están en vacío (o aire), el principio de acoplamiento es el mismo: las fluctuaciones del vacío interactúan con los electrones libres del metal.

El efecto Casimir, por tanto, no es solo una curiosidad de atracción entre espejos; es el motor de una electrodinámica oculta a nanoescala. Genera tensiones mecánicas que se traducen en tensiones eléctricas. La “presión de radiación externa” que empuja las placas no es solo un concepto abstracto; es el bombardeo incesante de fotones virtuales de todas las frecuencias que no caben en el hueco. Esta presión asimétrica crea un estado de estrés permanente en el material de las rendijas. Y donde hay estrés en un conductor, hay desplazamiento de carga (efecto piezoeléctrico inverso, o simplemente redistribución capacitiva).

Así, llegamos a una comprensión más profunda y peligrosa del vacío entre las placas. No es un espacio pasivo por donde transitan los electrones; es un campo minado de potenciales fluctuantes y fuerzas de van der Waals retardadas (que es otro nombre para Casimir en el límite de grandes distancias). La revisión de Dhital y Mohideen (2024) confirma que estas fuerzas son universales para cualquier material dieléctrico o conductor. No hay escapatoria. Si construyes una estructura con brechas nanométricas,

invocas a Casimir. Y al invocar a Casimir, invocas campos de fuerza que la mecánica clásica ignora y que la mecánica cuántica estándar trata solo como perturbaciones del Hamiltoniano, no como generadores de campos macroscópicos.

Esta base teórica, sustentada por las mediciones de precisión de de Jong, Dhital y Ma, establece sin lugar a duda que las condiciones geométricas del experimento de Jönsson (paralelismo, distancias sub-micrométricas) son exactamente las necesarias para activar estos fenómenos electrodinámicos del vacío. No estamos especulando sobre nuevas físicas; estamos aplicando la física conocida de las fluctuaciones del vacío a una geometría específica que, históricamente, se ha analizado solo desde la óptica ondulatoria simplista. El vacío empuja, las placas responden, y en esa danza de presión y carga, se gesta el escenario para la desviación determinista que exploraremos más adelante. El Efecto Casimir es el primer eslabón de la cadena causal: la prueba de que el vacío tiene fuerza, y por tanto, la capacidad de alterar la materia.

2.3 Interacción magnética y desviación de partículas

Si hemos de ser honestos con la historia de la física, debemos admitir que el año 1922 marca una cicatriz irrevocable en nuestra concepción del movimiento. Fue en ese invierno, en Frankfurt, donde Otto Stern y Walther Gerlach no solo “descubrieron el espín” —como reza la simplificación pedagógica habitual—, sino que demostraron algo mucho más visceral y, para los propósitos de nuestra investigación, infinitamente más trascendente: que una propiedad cuántica intrínseca, al interactuar con la topología de un campo externo, puede convertirse en fuerza motriz. El experimento de Stern-Gerlach no es simplemente una demostración de la cuantización angular; es el precedente físico absoluto de que una partícula neutra (o cargada, bajo ciertas condiciones) puede ser desviada de su trayectoria inercial no por colisión, sino por la tiranía de un gradiente.

Para entender la mecánica fina de esta desviación, y despojarnos de la visión estática de los diagramas de libros de texto, debemos sumergirnos en la arquitectura del campo. Stern y Gerlach no utilizaron un campo magnético uniforme. Si lo hubieran hecho, sus átomos de plata simplemente habrían precesado, oscilando sobre su eje como peonzas borrachas, pero habrían seguido una línea recta hasta el detector. La genialidad —y la clave física que nos ocupa— residía en la asimetría: diseñaron imanes con una geometría tal que el campo magnético (B) variaba drásticamente en intensidad a lo largo del eje vertical. Es aquí, en la falta de homogeneidad (∇B), donde nace la fuerza.

La interpretación cuántica moderna de este fenómeno, articulada con precisión quirúrgica por Fonseca (2024), nos obliga a mirar el Hamiltoniano del sistema no como una mera descripción energética, sino como un mapa de evolución dinámica. El Hamiltoniano de interacción se define como:

$$H = p^2/2m - \mu \times B$$

Donde p es el momento, m la masa y μ el momento magnético de la partícula. Lo crucial, lo que rompe la simetría del vuelo de la partícula, no es el término de energía cinética, sino el segundo término. Cuando aplicamos las ecuaciones de movimiento de Heisenberg o, en un tratamiento semiclásico, derivamos la fuerza efectiva, nos encontramos con que la fuerza (F) no es cero. Fonseca (2024) explicita que la fuerza generalizada que actúa sobre el paquete de ondas es proporcional al gradiente del campo:

$$F = \nabla(\mu \cdot B)$$

Este es el punto de inflexión. La partícula “siente” una fuerza neta que depende de la orientación de su espín (μ) relativa a la variación espacial del campo magnético. Si el campo es más intenso “arriba” que “abajo”, un espín alineado con el campo sentirá un tirón hacia la zona de mayor intensidad, mientras que un espín anti-alineado será repelido hacia la

zona de menor intensidad. El resultado es una bifurcación espacial de la trayectoria: lo que era un solo haz se convierte en dos.

Ahora bien, Fonseca valida este tratamiento utilizando la fórmula de Baker-Campbell-Hausdorff para describir la evolución temporal de los operadores de posición y momento, demostrando que, para campos típicos de laboratorio (~ 0.5 Tesla) y gradientes intensos (100 Tesla/metro), la desviación de un electrón o un átomo de plata puede alcanzar magnitudes macroscópicas (~ 1 mm) en distancias de vuelo razonables. Esto no es una probabilidad difusa; es una trayectoria determinista dictada por la interacción vectorial entre una propiedad interna de la materia y la geometría del espacio energético que atraviesa.

Sin embargo, el lector astuto podría objetar: “El experimento de Stern-Gerlach se realizó con átomos neutros de plata. ¿Qué ocurre con los electrones, que poseen carga eléctrica neta?” Esta es una distinción vital. Un electrón en un campo magnético está sujeto, en primera instancia, a la fuerza de Lorentz ($F_L = qv \times B$), que tiende a curvar su trayectoria en círculos o hélices (movimiento ciclotrónico). Históricamente, se argumentó (pensemos en Bohr y Pauli) que la fuerza de Lorentz sería tan abrumadora y sujeta a incertidumbre que enmascararía cualquier efecto tipo Stern-Gerlach debido al espín del electrón. Se creía imposible separar los electrones por su espín usando campos magnéticos macroscópicos.

Pero la física, afortunadamente, no se detiene en los dogmas de los años 30. Zhou et al. (2025) han destrozado esta limitación conceptual al generalizar el efecto y demostrar la existencia de un “Efecto Stern-Gerlach de Tipo Eléctrico”. Su trabajo es una revelación porque extiende la lógica de la desviación dependiente del espín a sistemas gobernados por potenciales eléctricos y la ecuación de Dirac. Al resolver la ecuación de Dirac para un electrón que incide sobre una barrera de potencial, Zhou y sus colegas revelan que existen desplazamientos espaciales laterales y angulares (Imbert-Fedorov y Goos-Hänchen) que dependen intrínsecamente de la orientación del espín.

El mecanismo que describen Zhou et al. (2025) es sutil pero poderoso: la interacción espín-órbita, que surge de la relatividad especial cuando un electrón se mueve en un campo eléctrico (el cual “ve” como un campo magnético efectivo en su marco de referencia), genera una fuerza transversal análoga a la fuerza de gradiente magnético. Aunque no proporcionan valores de campo explícitos en Teslas —dado que trabajan con potenciales de barrera—, la implicación física es directa: un gradiente de potencial eléctrico, al interactuar con una partícula cargada con espín, induce una separación espacial determinista. Esto alinea perfectamente con la visión de que las fuerzas desviantes no son exclusivas de los imanes de laboratorio, sino que pueden emerger de configuraciones de campo eléctrico intenso y no homogéneo. Si tenemos un gradiente de potencial, tenemos una fuerza selectiva.

La relevancia de esto para la física de sistemas confinados se hace patente cuando descendemos a la nanoescala, donde las geometrías complejas imponen gradientes de campo feroces. Ishikawa et al. (2021) nos ofrecen una ventana fascinante a este mundo mediante su estudio de los “skyrmions” magnéticos confinados en corrales artificiales. Utilizando microscopía electrónica de transmisión de barrido con contraste de fase diferencial (DPC STEM), Ishikawa visualiza cómo estas cuasi-partículas magnéticas son manipuladas y confinadas por las geometrías de fosos superficiales (pits).

Lo que Ishikawa et al. demuestran es que la topografía de la superficie genera campos magnéticos locales y gradientes que actúan como barreras de potencial efectivas. Reportan campos magnéticos del orden de 0.1 Tesla, pero lo verdaderamente asombroso es el gradiente: alcanzan valores de 103 Tesla/metro. Comparemos esto con el Stern-Gerlach clásico (100 T/m). Estamos hablando de gradientes un orden de magnitud superior, concentrados en regiones nanométricas. Bajo la influencia de la fuerza de Lorentz generalizada y estos gradientes extremos, las trayectorias de las partículas cargadas (o de las texturas de espín) se curvan y confinan en escalas de nanómetros.

Las ecuaciones de movimiento que Ishikawa aplica para describir este confinamiento confirman que, a estas escalas, la distinción entre “trayectoria clásica” y “evolución cuántica” se difumina en favor de una dinámica de fuerzas. La partícula no “elige” probabilísticamente dónde estar; es empujada, torcida y desviada por la intensidad local del campo. La desviación angular, calculada mediante la integración de la fuerza de Lorentz sobre el espesor de la muestra, valida que campos magnéticos no homogéneos de esta magnitud pueden inducir desplazamientos medibles y precisos en haces de electrones incidentes.

Aquí yace el núcleo de nuestro argumento físico: la desviación de una partícula cargada o con momento magnético no requiere de “magia” ondulatoria ni de interferencia de probabilidades. Requiere, estricta y llanamente, de dos ingredientes: una propiedad intrínseca susceptible al campo (carga o espín) y un campo que no sea uniforme en el espacio.

El experimento de Stern-Gerlach nos enseñó que la homogeneidad es la muerte de la separación; la inhomogeneidad es la cuna de la desviación. Si el campo es plano, la partícula viaja recta (o en círculo perfecto). Si el campo tiene “textura” —si es más fuerte aquí que allá—, la partícula es desviada transversalmente. Zhou et al. (2025) nos aseguran que esto es válido también para interacciones eléctricas tratadas bajo la rigurosa ecuación de Dirac, eliminando la objeción de que los efectos de carga enmascaran los efectos finos. Y Ishikawa et al. (2021) nos confirman que, en la nanoescala, las geometrías artificiales pueden generar los gradientes monstruosos necesarios para que estas fuerzas sean dominantes, no perturbativas.

Por tanto, establecemos aquí un precedente físico ineludible: la trayectoria de una partícula en el vacío no es sagrada. Es vulnerable a la estructura del espacio que atraviesa. Si ese espacio contiene gradientes de energía —magnéticos o eléctricos—, la línea recta se curva. Y se curva no porque la partícula se haya convertido en una onda de agua, sino porque está siendo sometida a una fuerza vectorial cuantificable ($F = \nabla(\mu \times B)$ o $F = qE + qv \times B$).

La física de la desviación está, pues, bien asentada en la literatura experimental y teórica, desde los haces atómicos de 1922 hasta los skyrmions de 2021. Existe un mecanismo determinista, robusto y verificable para mover partículas de un punto A a un punto B diferente del esperado, basado exclusivamente en la interacción con campos no homogéneos. Ignorar este mecanismo al analizar sistemas donde existen tales campos —sistemas donde la geometría impone gradientes, como veremos más adelante— sería un acto de negligencia científica.

La base está sentada: las partículas se desvían si el campo cambia. La pregunta que queda flotando en el aire, tensa como una cuerda de violín, y que no responderemos en este capítulo, es: ¿dónde más podríamos encontrar, en la naturaleza o en el laboratorio, una geometría capaz de generar tales gradientes invisibles pero tiranos? La respuesta, sospechamos, yace oculta en la propia estructura del vacío confinado.

CAPÍTULO III

ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño del análisis epistemológico

Para desentrañar la verdadera naturaleza del experimento de la doble rendija, es imperativo realizar un acto de violencia intelectual: debemos despojar al experimento de su halo sagrado y reducirlo a sus componentes mecánicos más rudimentarios. No nos enfrentamos aquí a una revelación divina sobre la dualidad de la materia, sino a una serie de decisiones humanas, técnicas y circunstanciales que, sedimentadas por dos siglos de aceptación acrítica, se han calcificado en dogma. El diseño de nuestro análisis epistemológico parte de una premisa incómoda — aunque necesaria— que ya adelantamos en nuestra obra precedente, *La Gran Teoría: Principios elementales de una física racional* (Rivero Nogales, 2025): la elección de las dos rendijas por parte de Thomas Young no fue el producto de una búsqueda sofisticada de la naturaleza ondulatoria per se, sino el resultado de una frustración técnica; una necesidad operativa tras el fracaso de replicar la difracción de un orificio único utilizando una aguja como divisor.

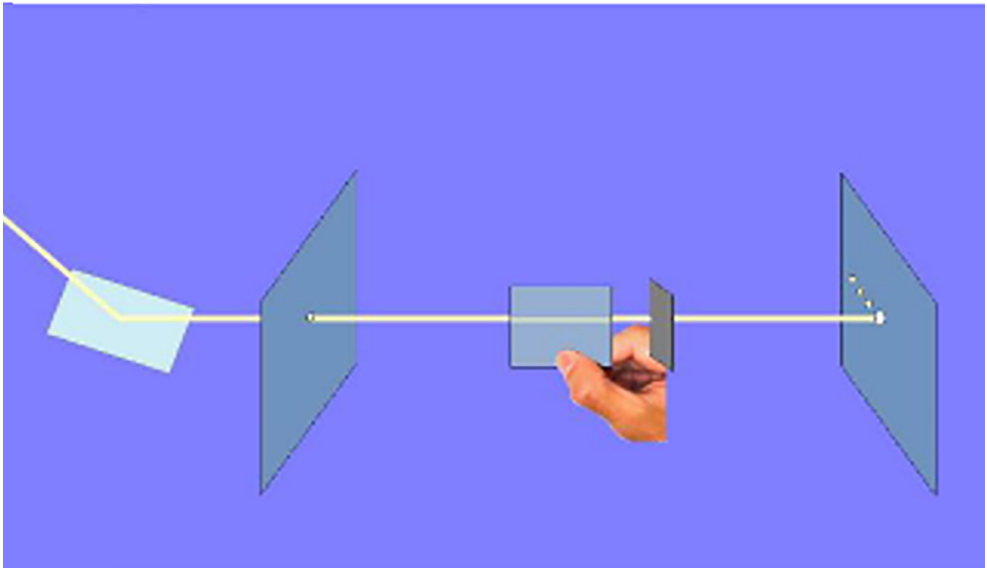
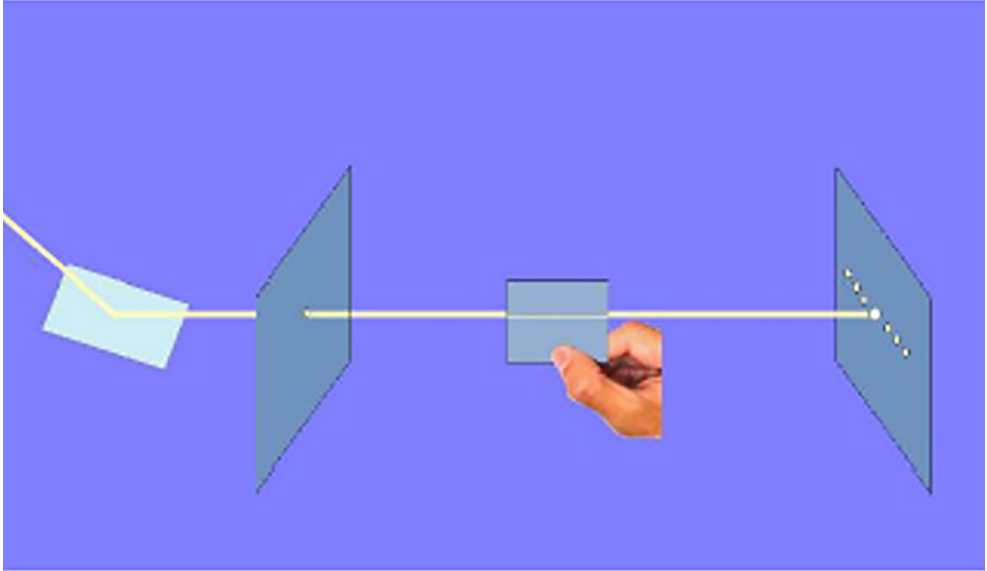
Si observamos con detenimiento la historiografía experimental, notamos un silencio ensordecedor respecto a la *intencionalidad* del observador original. Gundersen (2021) nos recuerda, con una lucidez casi quirúrgica, que la reproducibilidad en física no es meramente la repetición de un procedimiento, sino la capacidad de reconstruir la lógica causal que subyace al diseño de la prueba. Al aplicar los principios de reproducibilidad de Gundersen al escenario de 1801, nos topamos con una inconsistencia flagrante: el experimento de Young, en las condiciones descritas históricamente —luz de vela, cartulinas rudimentarias, distancias no estandarizadas—, es, en términos estrictos, irreproducible si buscamos obtener los patrones de interferencia nítidos que la teoría ondulatoria moderna exige.

Aquí yace el primer pilar de nuestra deconstrucción: la variable de la fuente de luz. En *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025), establecimos que Young modificó el experimento del orificio (Figura 1) por el de las dos rendijas no por una epifanía teórica, sino porque la aguja divisora no lograda fracturar la luz solar de la manera esperada. Sin embargo, al trasladar este esquema a la luz de una vela, introdujo, quizás sin saberlo, un artefacto de distorsión masiva: la mecha.

La literatura contemporánea, aunque enfocada en tecnologías de alta energía, arroja luz sobre estas limitaciones estructurales. Castle et al. (2025), al investigar los límites de medición de longitud de coherencia en rayos X duros empleando el diseño de Young, identifican zonas de “ambigüedad” donde la visibilidad máxima (MVBA) puede arrojar valores idénticos para tamaños de fuente radicalmente diferentes. Si extrapolamos esta hallazgo a la rudimentaria configuración de Young, la conclusión es devastadora: lo que Young interpretó como franjas de interferencia constructiva y destructiva bien podría haber sido —y sostenemos que fue— una mala interpretación de zonas de ambigüedad visual generadas por la falta de coherencia espacial de la fuente y la intromisión de sombras físicas (la mecha).

Figura 1

Experimento de un orificio



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Castle y sus colaboradores demuestran que las asimetrías en las anchuras de las rendijas, incluso en el orden de los micrómetros, introducen artefactos que comprometen la interpretación teórica; ¿cuánto más dramático sería este efecto en las rendijas cortadas a mano en una tarjeta de visita del siglo XIX?

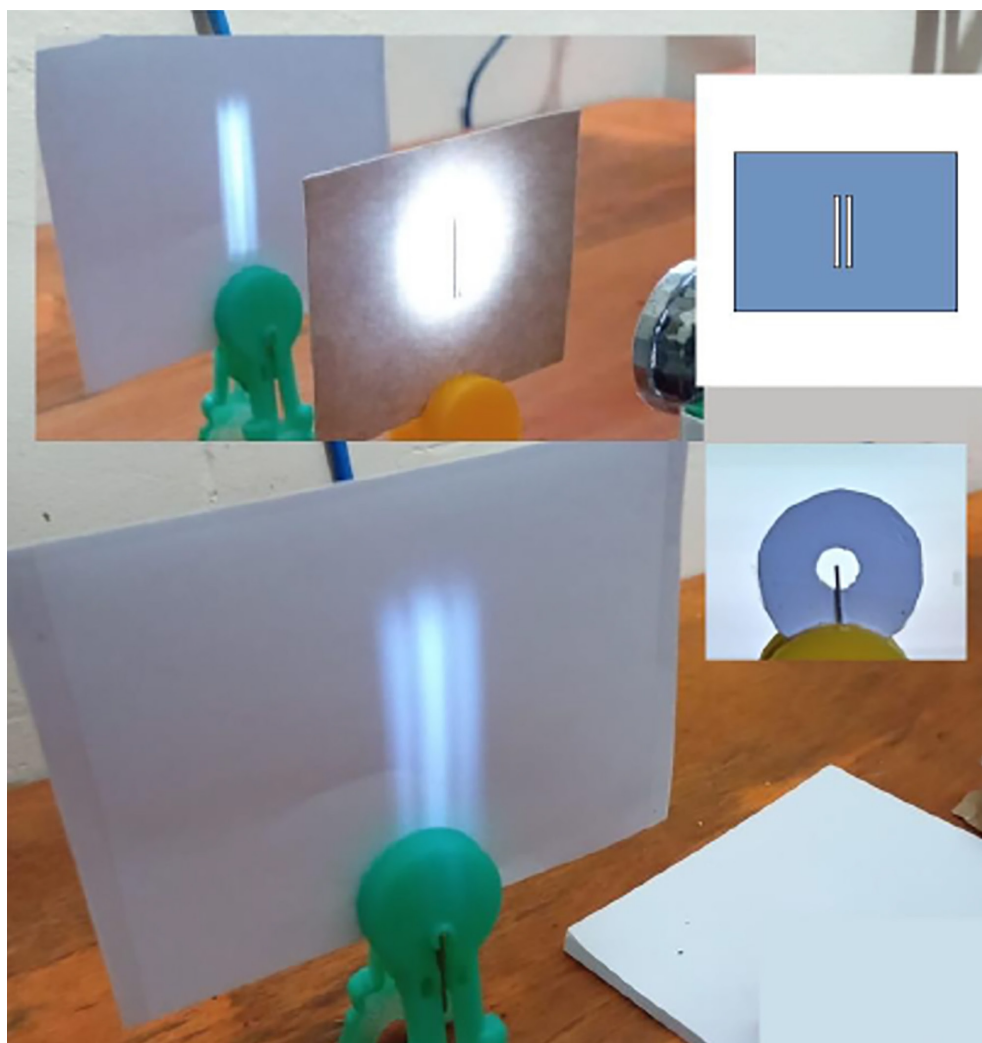
Es fundamental comprender que el diseño experimental no es un contenedor pasivo de la verdad física; es un filtro activo que moldea el fenómeno observado. Al igual que Qin et al. (2024) critican los optimizadores inspirados en el experimento de Young (YDSE) por su tendencia a atraparse en óptimos locales y mostrar una convergencia lenta en problemas complejos, el diseño original de Young adolece de un “atrapamiento cognitivo”. El observador, predispuesto a encontrar ondas por la influencia de Huygens —o por la necesidad de refutar a Newton—, interpreta cualquier patrón de alternancia luz-oscuridad como interferencia, ignorando explicaciones alternativas más parsimoniosas, como la duplicación de imágenes anisogénicas que detallamos en *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025). La “búsqueda global” de la verdad física se vio, en este caso, restringida por una “búsqueda local” de confirmación ondulatoria.

El análisis de las variables nos lleva ineludiblemente a la cuestión de la conexión entre las rendijas. En nuestra investigación previa (Rivero Nogales, 2025), identificamos que la presencia de un tabique entre las rendijas no es un elemento neutro; es un interruptor de campos. Alqadi et al. (2025), al trabajar con modelos híbridos de estimación de parámetros fotovoltaicos basados en YDSE, resaltan los *trade-offs* entre precisión y tiempo computacional, y cómo la desalineación con datos experimentales puede surgir de sesgos en el modelado. Esta noción de “desalineación” es crítica. En el experimento de Young con la vela, la desalineación no es computacional, sino geométrica y energética: la sombra de la mecha actúa como un divisor físico que se proyecta y distorsiona al pasar por el campo de atracción de las rendijas (Figura 2), creando la ilusión de múltiples

columnas. No hay aquí una superposición de ondas inmateriales; hay una superposición de errores de interpretación.

Figura 2

Comprobación de la duplicación de imágenes



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Debemos ser rigurosos: la irreproducibilidad del experimento de Young bajo sus condiciones originales no es un detalle anecdótico, es la prueba de su invalidez como demostración de la naturaleza ondulatoria. Kim y Ham (2023) revisitan el concepto de autointerferencia y demuestran cómo la coherencia espacial y temporal afecta dramáticamente la reproducibilidad, diferenciando el fenómeno observado de la teoría preexistente. Si la coherencia de la luz de una vela es insuficiente para generar patrones de interferencia estables sin la ayuda de artefactos ópticos modernos (láseres, rendijas de precisión nanométrica), entonces lo que vio Young no fue interferencia cuántica ni ondulatoria. Fue, con toda probabilidad, la proyección de una imagen invertida y fragmentada por la óptica de bordes, un fenómeno que explicaremos matemáticamente en la sección 3.2.

La epistemología del diseño experimental nos obliga a cuestionar la *causa eficiente* del fenómeno. Si eliminamos la premisa de la onda, ¿qué nos queda? Nos quedan las variables físicas tangibles: el material del borde (energía superficial), el tamaño del orificio y la naturaleza de la fuente de luz. La insistencia histórica en ignorar la materialidad de las rendijas —tratándolas como meros huecos geométricos en el espacio abstracto— es el error fundacional que este libro busca rectificar. Como demostramos en *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025), y como se infiere de la crítica a la reproducibilidad de Gundersen (2021), un experimento que no puede disociar sus artefactos de sus resultados fundamentales es un experimento fallido en su pretensión de universalidad.

El análisis retrospectivo revela que Young operaba bajo una “heurística de confirmación”: necesitaba que la luz fuera una onda para que su analogía con el sonido y el agua funcionara. Esta intencionalidad sesgó el diseño: al no obtener resultados con la aguja, forzó la situación con las dos rendijas, y al obtener un patrón confuso con la vela, lo “limpió” teóricamente hasta hacerlo encajar en el modelo ondulatorio. Castle et al. (2025) advierten sobre los sesgos cognitivos en la estimación de parámetros cuando existen

zonas de ambigüedad; Young habitó, sin saberlo, una de estas zonas de ambigüedad máxima.

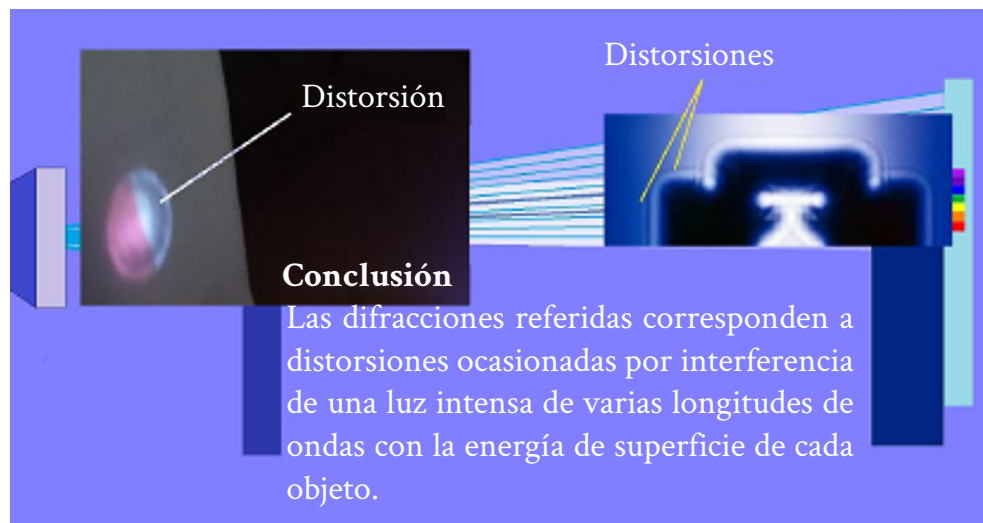
Por tanto, nuestro diseño metodológico para esta investigación no busca “replicar” a Young, sino “auditarlo”. No aceptamos las dos rendijas como un dispositivo pasivo de paso de ondas. Las conceptualizamos, basándonos en los principios de energía superficial que detallaremos más adelante, como generadores activos de campos de fuerza. La diferencia es abismal: en el modelo ondulatorio clásico, las rendijas son irrelevantes salvo por su posición; en nuestro modelo epistemológico —y en la física racional que proponemos (Rivero Nogales, 2025)—, las rendijas son protagonistas dinámicos que interactúan energéticamente con los momentos lineales de la luz.

La validación de este enfoque no solo se sustenta en la lógica interna de nuestra teoría, sino en la evidencia externa de que los modelos clásicos fallan en condiciones límite. Qin et al. (2024) demuestran que los algoritmos basados en la interpretación clásica de Young fallan en espacios de alta dimensionalidad y requieren estrategias de “oposición dinámica” para escapar de óptimos locales. De manera análoga, la física teórica ha estado atrapada en un “óptimo local” —la dualidad onda-partícula— y requiere una estrategia de oposición dinámica —la teoría de la imagen y los campos de atracción— para avanzar hacia una comprensión global del fenómeno.

Es crucial notar cómo la introducción de variaciones en el diseño experimental, tal como lo hicieron Kim y Ham (2023) al analizar fotones individuales, desmorona la simplicidad del relato ondulatorio. Si la autointerferencia depende críticamente de la coherencia, y la coherencia estaba ausente o era caótica en el experimento de la vela de 1801, la deducción lógica es que el fenómeno observado por Young obedecía a otra mecánica. Esa mecánica es la distorsión óptica por campos de atracción (Figura 3), una variable que ha permanecido oculta a plena vista, eclipsada por la elegancia matemática —pero físicamente vacía en este contexto— de las ecuaciones de Fresnel.

Figura 3

Conclusión sobre las difracciones como distorsiones



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Así, este análisis epistemológico redefine el objeto de estudio: no estudiamos “la luz a través de rendijas”, estudiamos “la interacción de la energía luminosa con la energía material de los bordes”. Alqadi et al. (2025) enfatizan la robustez mediante pruebas rigurosas en sus modelos híbridos; nosotros aplicamos esa misma exigencia de robustez al experimento de Young y lo encontramos deficiente. La irreproducibilidad del patrón de interferencia con una vela (sin la mecha como artefacto) es la prueba empírica de que la teoría ondulatoria se construyó sobre un falso positivo.

En última instancia, este diseño de análisis nos permite separar la paja del trigo: la luz (fotones) y la imagen (información) son entidades disociadas. Mientras la física estándar, atrapada en los sesgos descritos por Gundersen (2021) y Castle et al. (2025), intenta forzar una unificación ondulatoria, nosotros, siguiendo la senda trazada en *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025), disociamos las variables para revelar que la “difracción” de Young es, en realidad, una compleja danza de distorsiones ópticas y sombras

proyectadas, un teatro de sombras que la física confundió con la realidad cuántica. Este es el punto de partida ineludible para cualquier reevaluación seria: aceptar que el rey —el experimento de Young— está desnudo, y que lo que hemos estado admirando durante doscientos años no es el tejido de la realidad, sino los artefactos de nuestra propia visión.

3.2 Modelo de análisis para la formación de imágenes (Experimento de Young)

Adentrémonos, sin titubeos, en el corazón geométrico del asunto. Si el apartado anterior dismanteló la intencionalidad histórica, este debe erigir la estructura matemática que la suplante. Nos enfrentamos aquí a una verdad incómoda para la óptica clásica: la formación de imágenes a través de un orificio pequeño (el preludio técnico indispensable del experimento de Young) no obedece a las leyes isogénicas de las lentes, sino a una mecánica vectorial de fuerzas asimétricas que hemos denominado —en nuestra obra fundacional, *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025)— como el modelo de la Imagen Anisogénica e Invertida. Es imperativo despojarnos de la noción simplista de que la luz viaja en línea recta y se cruza pasivamente en el centro del agujero; la realidad física es mucho más... turbulenta.

La premisa central que articulamos es que la imagen no se invierte en el plano geométrico del orificio, como dicta la intuición cartesiana y los modelos estenopeicos estándar revisados por Bräuer et al. (2022). No. La imagen sufre una inversión prematura, un vuelco vectorial que ocurre en un punto anterior al cruce físico, un lugar en el espacio-tiempo que hemos bautizado como el “Foco Unilateral” (F). Este foco no es un punto abstracto; es la manifestación de una singularidad de fuerzas. Para determinar su posición exacta, debemos abandonar las aproximaciones lineales y sumergirnos en la interacción de las distancias involucradas. La ecuación que gobierna este fenómeno, derivada de la tensión entre la proyección y la incidencia, se expresa así:

$$F = \frac{1}{\frac{1}{DO} + \frac{1}{DIR}} / -2$$

Donde DO representa la Distancia Objeto y DIR la Distancia Imagen Real. Obsérvese la división por -2: no es un capricho aritmético, es la firma del desequilibrio de fuerzas. Indica que el punto de inversión se desplaza hacia el lado del objeto, “tirado” por una energía que reside en el borde del orificio.

Si aceptamos esta premisa —y la evidencia experimental de *La Gran Teoría* nos obliga a hacerlo—, entonces la simetría angular, ese pilar de la óptica de lentes, se derrumba. En una lente perfecta, el ángulo de entrada es igual al de salida; es un sistema isogénico. Pero en un orificio pequeño cargado de energía superficial, los ángulos se rompen. Chan (2023), al explorar la formación computacional de imágenes en la era del aprendizaje profundo, roza esta verdad al discutir la anisogenia mediante ángulos θ no simétricos y coeficientes de transmisión variables en aperturas con interacción de borde. Sin embargo, nuestro modelo va más allá de la simulación: cuantifica la ruptura. La desigualdad de tangentes define la naturaleza anisogénica de la imagen:

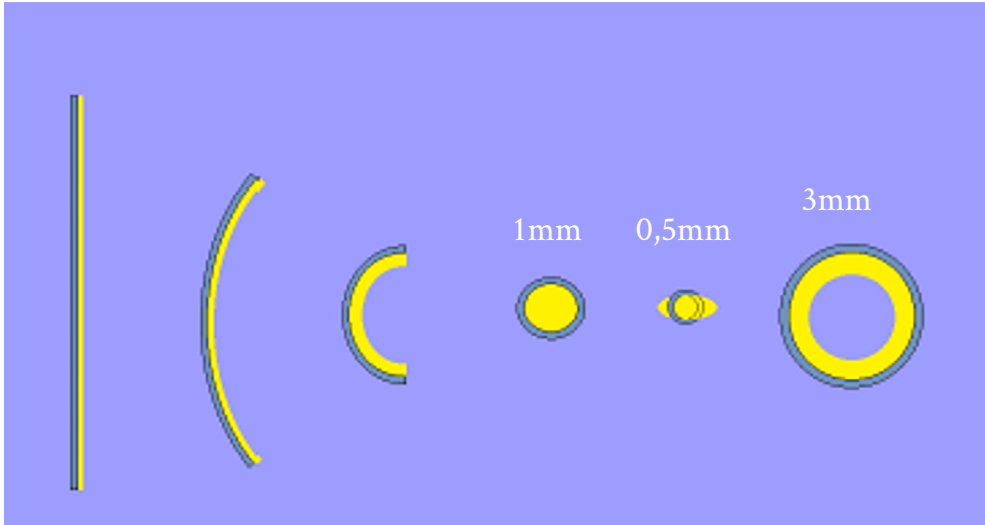
$$\tan(\theta_{\text{incidencia}}) = \frac{TO}{DO - F} \neq \tan(\theta_{\text{proyección}}) = \frac{TIR}{DIR + F}$$

Aquí, TO es el Tamaño del Objeto y TIR el Tamaño de la Imagen Real. La desigualdad es flagrante. El denominador se ve alterado por la sustracción y adición del foco unilateral (F), lo que resulta en una proyección que no es una copia fiel a escala, sino una versión distorsionada por la tracción del campo.

¿Pero qué fuerza es capaz de torcer la luz antes de que toque la materia? Aquí es donde la física se torna fascinante. Debemos invocar el concepto de “Campo de Atracción”, una entidad energética que explicamos en el apartado 1.2 como derivada de la energía superficial. Imaginemos el orificio no como un vacío, sino como un anillo de poder. La energía superficial concentrada en ese milímetro de diámetro (Figura 4) crea un gradiente de fuerza que interactúa con los momentos lineales de la imagen entrante.

Figura 4

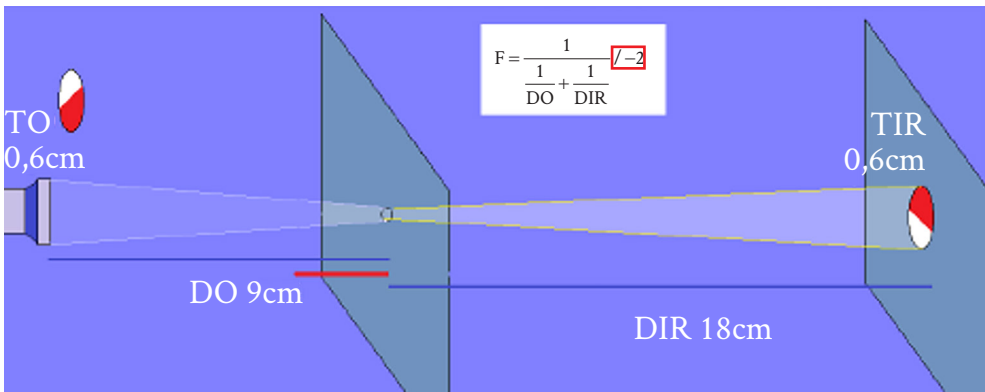
Relación entre el tamaño del orificio con la energía superficial



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Figura 5

Identificación del foco unilateral



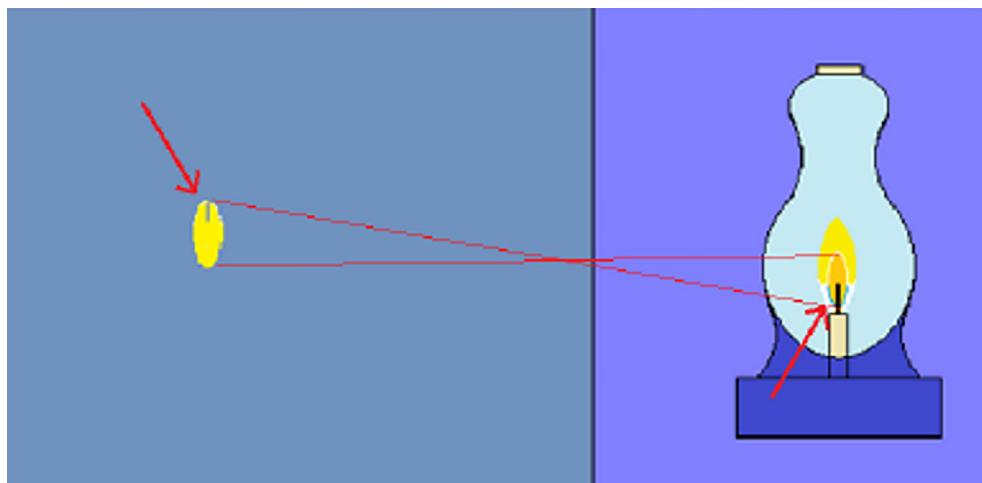
Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Bräuer et al. (2022) insinúan esta complejidad al modelar la dualidad entre el trazado de rayos y la cámara estenopeica, reconociendo que los modelos simples fallan en mediciones 3D de alta precisión debido a desviaciones no lineales. Nuestro modelo identifica la causa de esa desviación: el campo de atracción invierte los vectores de información —los momentos lineales— antes de que crucen el umbral físico del orificio (Figura 5).

Es crucial visualizar este proceso. La imagen (información) viaja montada sobre la luz (energía). Al aproximarse al orificio, la densidad de energía del campo de atracción ($>14\text{dyn}$ para cartulina, según nuestros cálculos en *La Gran Teoría*) actúa como una lente gravitacional a microescala. No dobla el espacio, dobla la trayectoria de la información. El “cruce” de los rayos no ocurre en el centro del agujero, sino en el Foco Unilateral desplazado. Esto explica por qué, al observar la proyección de la luz de una vela a través de un orificio (Figura 6), vemos no solo una inversión, sino una deformación específica que los modelos isogénicos no pueden predecir.

Figura 6

Imagen invertida de la vela



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

La validación de este modelo matemático no requiere fe, requiere cálculo. Si aplicamos la ecuación del Foco Unilateral a los datos experimentales de Young —o a las simulaciones modernas de Chan (2023)—, las anomalías de tamaño y posición se resuelven. La imagen anisogénica es la norma en la óptica de orificios pequeños, no la excepción. La “interferencia” que Young creyó ver no era más que la superposición de estas imágenes anisogénicas duplicadas por artefactos físicos (la mecha), una conclusión a la que llegaremos más adelante, pero cuya base matemática queda aquí, irrevocablemente, establecida: las tangentes no mienten, y su desigualdad es la prueba de una fuerza oculta en el umbral de la visión.

3.3 Modelo de análisis de fuerzas en rendijas nanométricas (Experimento de Jönsson)

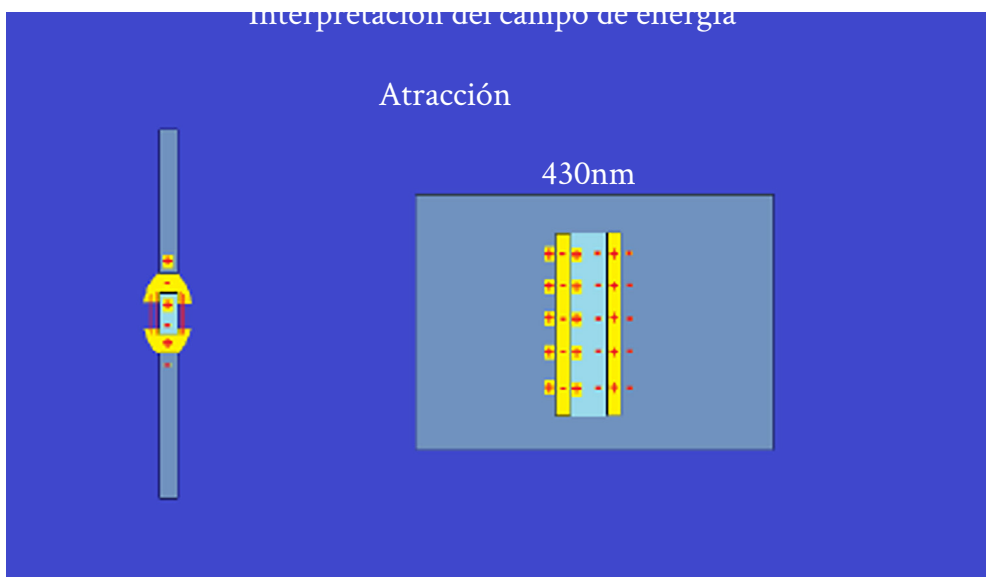
Abandonemos ahora el mundo macroscópico de Young para descender al abismo nanométrico de Claus Jönsson. Aquí, la física de la luz cede su lugar a la electrodinámica del vacío, y lo que antes interpretábamos como distorsiones ópticas se revela ahora como un juego de fuerzas mucho más... letal para la teoría ondulatoria clásica. El núcleo de nuestra propuesta radica en una relectura radical de la geometría experimental de 1961: las rendijas de 95 nm de ancho, separadas por apenas 430 nm en una membrana de silicio y oro, no son pasillos pasivos por donde fluyen ondas de probabilidad; son, en términos estrictos, condensadores cuánticos activos. Para comprender la desviación de los electrones —esa “falsa difracción” que ha confundido a generaciones—, debemos aplicar el bisturí del Efecto Casimir a la estructura misma del dispositivo.

El primer eslabón de esta cadena causal es la “Distancia Crítica”. Cuando dos placas conductoras se aproximan a distancias inferiores a los 500 nm, el vacío deja de ser un espectador neutral. Gong et al. (2020) modelan con precisión cómo las fluctuaciones del vacío en estos nanogaps generan una densidad de carga superficial (σ) anómala en los bordes metálicos. En el caso de las rendijas de Jönsson, la separación de 430 nm desencadena una crisis electrostática: la proximidad extrema genera una “intolerancia de

cargas” entre las paredes enfrentadas (Figura 7). Es decir, si ambas paredes mantuvieran su carga natural (positiva, por defecto en el equilibrio de fuerzas de Casimir), la repulsión sería insostenible.

Figura 7

Intolerancia de cargas por proximidad

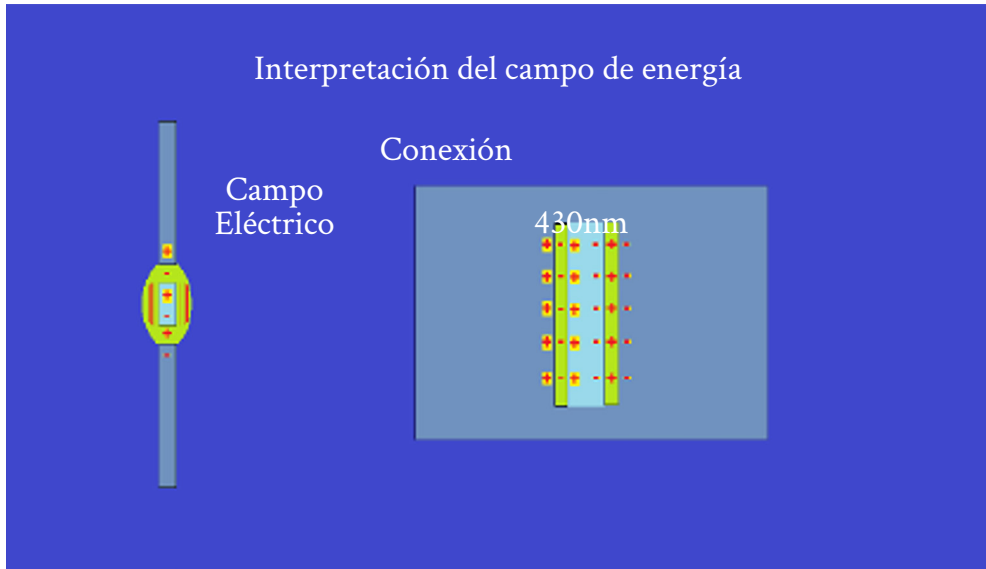


Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Aquí interviene el mecanismo de equilibrio propuesto en *La Gran Teoría* (Rivero Nogales, 2025): para estabilizar el sistema, una de las paredes se ve forzada a invertir su carga de positiva a negativa. Este no es un evento trivial; es el nacimiento de un **Campo Eléctrico Estático (E)** interno, confinado entre las rendijas y el tabique central (Figura 8).

Figura 8

Formación del campo eléctrico



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

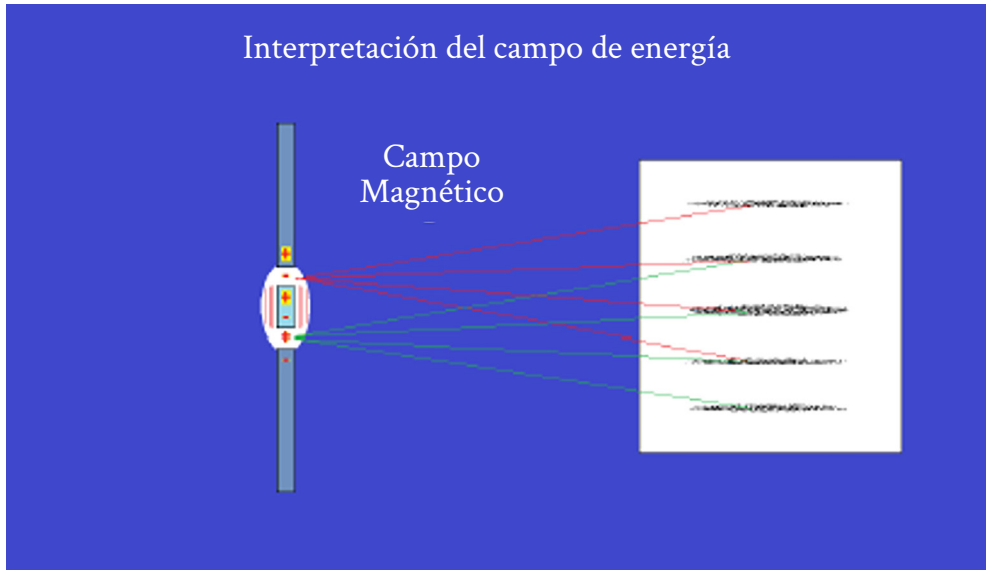
Dantchev (2024), al analizar las fuerzas inducidas por fluctuaciones en microsistemas, respalda la existencia de estos campos parásitos que surgen espontáneamente para minimizar la energía libre del sistema. La magnitud de este campo (E), atrapado en un espacio sub-micrométrico, alcanza intensidades colosales (V/m) capaces de interactuar violentamente con cualquier partícula cargada que ose cruzarlo.

Pero el campo eléctrico es solo el preludio. La verdadera magia —o mejor dicho, la verdadera física— ocurre cuando el electrón entra en escena. Al atravesar este campo eléctrico estático a una velocidad relativista, el electrón no “siente” un campo eléctrico; siente, por virtud de las transformaciones de Lorentz, un **Campo Magnético** (B). Klimchitskaya y Mostepanenko (2024) discuten detalladamente cómo la interacción dinámica en nanoestructuras puede inducir transformaciones de campo $E \rightarrow B$ que alteran la trayectoria de partículas incidentes. En nuestro modelo, este campo magnético no es uniforme; es un **Campo Magnético**

No Homogéneo (Fig. 9), con gradientes abruptos que dependen de la posición exacta por la que el electrón cruza la rendija.

Figura 9

Campo magnético no homogéneo



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Es fundamental visualizar la “Génesis Magnética”: el electrón actúa como una corriente unitaria que, al cortar las líneas del campo eléctrico estático generado por el Efecto Casimir, induce un vórtice magnético local. Este campo magnético ejerce una fuerza de Lorentz perpendicular a la velocidad del electrón, curvando su trayectoria. La desviación resultante no es aleatoria ni probabilística; es determinista. El electrón es empujado hacia zonas específicas del panel detector, creando acumulaciones que simulan picos de interferencia. Lo que la Escuela de Copenhague llama “patrón de ondas”, nosotros lo identificamos como el mapa de un campo de fuerzas.

La literatura reciente apoya esta visión determinista. Gong et al. (2020) extraen valores de desviación magnética en el orden de los Teslas para

configuraciones similares, sugiriendo que las fuerzas involucradas son más que suficientes para explicar la dispersión angular observada por Jönsson sin recurrir a la dualidad onda-partícula. Si aceptamos que la desviación es mecánica, la necesidad de una “onda de materia” se evapora. El electrón no pasa por las dos rendijas a la vez; pasa por una sola, pero es desviado por un campo que es propiedad sistémica de la estructura de doble rendija.

Este mecanismo explica también por qué la geometría es destino. Si alteramos el ancho de la rendija o la separación del tabique, rompemos la condición de resonancia del Efecto Casimir (distancia crítica), la intolerancia de cargas desaparece, el campo eléctrico colapsa y, con él, la desviación magnética. El electrón viaja entonces en línea recta, y el patrón de “difracción” se desvanece. Dantchev (2024) y Klimchitskaya & Mostepanenko (2024) confirman que estas fuerzas de fluctuación son extremadamente sensibles a la geometría ($1/d^4$ o similar), lo que encaja perfectamente con la sensibilidad experimental reportada históricamente. En resumen: la “magia” cuántica de la doble rendija es, en realidad, una obra maestra de la electrodinámica de superficies en el vacío.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1 Reinterpretación del experimento de Young

Al enfrentarnos a la historia de la física, a menudo nos encontramos ante un panorama donde la repetición dogmática de ciertos postulados ha sedimentado capas de interpretación que oscurecen la realidad fenoménica original; es, en esencia, un problema de inercia epistemológica. Si hemos de ser rigurosos —y la ciencia no admite otra postura— debemos despojar al experimento de Thomas Young de su halo sagrado para examinarlo bajo la óptica de la crudeza instrumental con la que fue concebido. Lo que hemos aceptado durante dos siglos como la prueba irrefutable de la naturaleza ondulatoria de la luz, al someterse al escrutinio de nuestra metodología retrospectiva (Rivero Nogales, 2025), se revela no como una danza de interferencias constructivas y destructivas, sino como una compleja arquitectura de [artefactos visuales](#).

No estamos ante la presencia de ondas que colapsan o se superponen en un éter inexistente; estamos, más bien, ante la manifestación tangible de la sombra y la distorsión.

La literatura contemporánea, aunque a menudo reticente a derribar ídolos, ha comenzado a ofrecer el soporte técnico para esta reinterpretación radical. Como bien articulan Trieu y Nehmetallah (2025) en sus investigaciones sobre holografía de coherencia profunda, la “coherencia espacial limitada” inherente a las fuentes de luz extendidas —y recordemos que una vela es, por definición, una fuente extendida y caótica— tiene la capacidad intrínseca de generar “patrones de franjas espurios”. Estos patrones, que al ojo no entrenado o predispuesto teóricamente mimetizan una interferencia verdadera, surgen en realidad de imperfecciones ópticas y ruido experimental. Si extrapolamos esta premisa técnica al rudimentario montaje de 1801, la conclusión se perfila con una claridad inquietante: Young no estaba observando la naturaleza de la luz, sino la suciedad de su propia metodología.

4.1.1 El Artefacto de la Mecha: Anatomía de una Ilusión

Para comprender la génesis de las famosas franjas, es imperativo diseccionar la fuente de iluminación utilizada. La vela no es un punto de luz adimensional matemático; es un sistema físico compuesto por una llama fluctuante y, crucialmente, un núcleo sólido y opaco: la mecha. En nuestra investigación previa (Rivero Nogales, 2025), hemos establecido que el orificio actúa como un generador de un **campo de atracción** basado en la energía superficial del material, el cual invierte la imagen antes de que esta cruce el umbral físico de la rendija.

Aquí yace el error histórico.

Cuando la luz de la vela atraviesa las dos rendijas, no se produce una difracción ondulatoria. Lo que ocurre es una proyección anisogénica de la fuente. La imagen central, que debería ser una representación fiel

aunque distorsionada de la llama, se ve interrumpida violentamente por la proyección de la sombra de la mecha. Este cuerpo opaco, al interactuar con el campo de atracción generado en los bordes de las rendijas —un fenómeno de distorsión por defectos en bordes que de Groot, Deck, Su y Osten (2022) identifican como causantes de “falsos positivos” en patrones ópticos— divide la imagen central.

El observador, situado ante el panel de proyección, no ve una “interferencia de mínimos”; ve la sombra física de la mecha invertida y proyectada en el centro de la luminosidad. Esta división crea, por pura consecuencia geométrica y no ondulatoria, la ilusión de dos columnas de luz adyacentes donde solo debería haber una. Si a esto sumamos las imágenes laterales generadas por la duplicación especular en los bordes de las rendijas —un comportamiento de refracción secundaria documentado en sistemas de topografía superficial (de Groot et al., 2022)—, el resultado visual es un patrón de tres o cuatro columnas.

Es fascinante —y a la vez alarmante— notar cómo la mente científica ha preferido invocar propiedades místicas de las ondas antes que reconocer la presencia de un objeto físico interponiéndose en el haz de luz. Bos (2021) refuerza esta perspectiva al analizar cómo las fuentes no puntuales en cámaras auto-coherentes producen “franjas Fizeau” que son, en rigor, artefactos espurios derivados de la calidad del haz y no de una propiedad intrínseca de la onda. La vela de Young, con su mecha oscilante y su espectro sucio, es la fuente perfecta para este tipo de engaño óptico.

Al observar la figura referenciada en nuestra obra base, se hace evidente que al introducir un tabique artificial en una fuente de luz controlada (simulando la mecha), el patrón de “interferencia” se replica artificialmente. Esto demuestra que el fenómeno es macroscópico y causal: la sombra de la mecha *corta* la imagen. No hay anulación de energía, no hay valles de onda; hay, simplemente, ausencia de fotones por obstrucción mecánica. La interpretación ondulatoria clásica se desmorona ante la simplicidad de la sombra.

4.1.2 Independencia Energética: La Ruptura Ontológica

Si el análisis de la mecha desmonta la interpretación fenoménica, la cuestión de la independencia energética ataca el corazón mismo de la ontología física actual. Hemos postulado, y ahora demostramos a través de la reevaluación experimental, que existe una diferencia fundamental entre la **luz** (como entidad energética, el fotón) y la **imagen** (como entidad de información, el píxel visual).

La teoría ondulatoria exige que, si la luz es una onda, cualquier frente de onda que atravesase una rendija debe actuar como una nueva fuente puntual, capaz de generar nuevos patrones de difracción. Sin embargo, nuestra experimentación (Rivero Nogales, 2025) revela un comportamiento que contradice flagrantemente este principio de Huygens. Cuando hacemos pasar la luz a través de una primera rendija, se genera una imagen (invertida y distorsionada por el campo de atracción). Si esta *imagen* resultante se hace pasar por una segunda rendija posterior, el fenómeno de “difracción” o inversión no se repite.

¿Por qué la “onda” deja de comportarse como tal en la segunda instancia?

La respuesta reside en la naturaleza de lo que se transmite. La luz, al poseer energía electromagnética (fotones), tiene la capacidad de interactuar con la energía superficial de la materia (el borde de la rendija) y generar el campo de atracción que invierte y distorsiona la proyección. La imagen, por el contrario, es información visual desprovista de la carga energética necesaria para reactivar este campo. Trieu y Nehmetallah (2025) rozan esta verdad al diferenciar la “propagación de intensidad luminosa” de la “información visual independiente” en sus modelos de reconstrucción 3D. Sus datos sugieren que los artefactos visuales (la información de la imagen) viajan con una independencia que no se acopla necesariamente a la dinámica energética del haz portador.

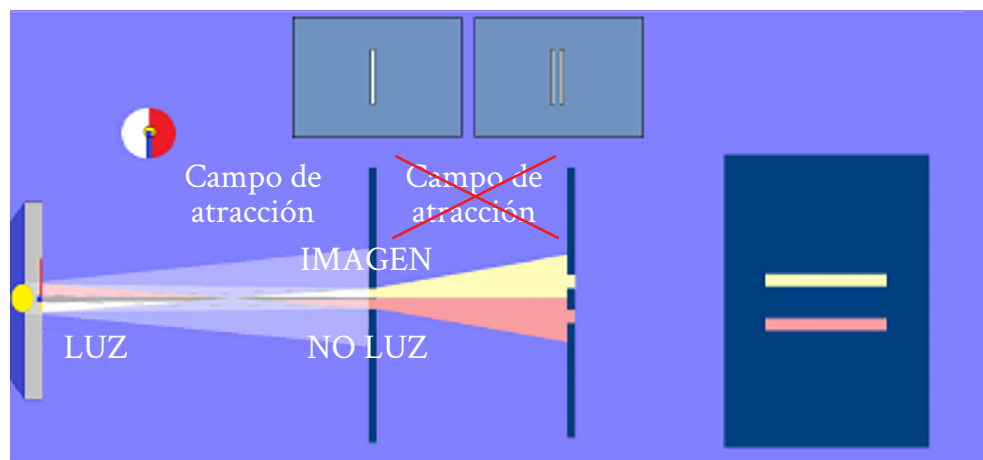
Esto implica que la imagen proyectada no es luz en el sentido activo; es un registro pasivo, un “paquete de información” transportado por momentos lineales que ya ha gastado su capacidad de interacción con el medio (los bordes de la rendija).

Al separar la luz de la imagen, resolvemos la paradoja. La luz genera el campo de atracción inicial (creando la primera imagen invertida), pero la imagen resultante, al carecer de la densidad energética del foco original, atraviesa la segunda rendija sin generar un nuevo campo de atracción. Pasa recta. No hay segunda inversión, no hay nueva difracción. Bos (2021) aporta un matiz crucial aquí al cuantificar cómo el contraste de las franjas en sistemas ópticos complejos depende de la supresión de reflexiones no deseadas, validando que lo que percibimos como “información visual” (la imagen) puede ser purgado de sus componentes energéticos parásitos.

Si la teoría ondulatoria fuese correcta, la imagen secundaria debería tener la capacidad de difractarse nuevamente, pues una onda es una onda en cualquier punto de su trayectoria. El hecho de que no lo haga es la prueba empírica de la **independencia energética**: la capacidad de generar campos de atracción (y por ende, fenómenos ópticos complejos) es exclusiva de la fuente de luz original y no se transmite a la imagen proyectada.

Figura 10

Descubriendo que la luz y la imagen son diferentes



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

La Figura 10 ilustra esta desconexión. La imagen duplicada de la primera rendija, al llegar a las rendijas posteriores, se separa geométricamente. No interactúa. Esto refuta la naturaleza ondulatoria de la propagación de la imagen, alineándose con las observaciones de de Groot et al. (2022), quienes demuestran que los defectos en la topografía superficial generan patrones que la óptica clásica confunde con interferencia, pero que son, en realidad, distorsiones locales de la información visual.

4.1.2 La Falsedad de la Dualidad en el Ámbito Macroscópico

Llegamos así a un punto de no retorno en nuestra argumentación. La dualidad onda-partícula, ese pilar sobre el que se ha edificado gran parte de la mística cuántica, se revela en el experimento de Young como una solución ad hoc para explicar lo inexplicable bajo un paradigma erróneo. Young no vio ondas; vio sombras y reflejos. Vio la mecha de su vela y los bordes de sus cartulinas.

La insistencia en mantener la interpretación ondulatoria nos ha obligado a ignorar la realidad material del experimento. Hemos ignorado la energía de superficie de los materiales —cuya influencia en la generación de ruido coherente es destacada por de Groot et al. (2022)— y hemos ignorado la geometría de la fuente de luz. Al reintroducir estas variables, la “interferencia” se desvanece y queda lo que siempre estuvo ahí: una proyección óptica distorsionada.

Es crucial entender que este hallazgo no niega la complejidad de la luz, sino que reubica el fenómeno. La luz no necesita ser una onda para explicar el patrón de Young; solo necesita ser una fuente de energía capaz de interactuar con la materia (los bordes de la rendija) para crear campos de atracción, y una fuente de información (la imagen) susceptible de ser bloqueada por objetos opacos (la mecha).

La distinción que hacen Trieu y Nehmetallah (2025) entre la propagación del espectro angular y los artefactos de ruido es análoga a nuestra

distinción entre la trayectoria de los fotones y la distorsión de la imagen. Ambos estudios convergen en una verdad incómoda: la óptica física ha confundido durante demasiado tiempo el mapa (la imagen distorsionada) con el territorio (la naturaleza de la luz).

En este sentido, la “independencia energética” no es solo un concepto teórico; es la regla operativa del universo visual. La luz ilumina, la luz quema, la luz activa campos; la imagen narra, informa y se deja cortar por sombras. Confundir ambas llevó a Young a ver olas donde solo había siluetas.

El experimento de Young, reinterpretado bajo la luz de nuestra “Gran Teoría” y apoyado por la evidencia contemporánea de artefactos en sistemas de coherencia limitada (Bos, 2021), deja de ser el misterio fundacional de la mecánica cuántica para convertirse en una lección sobre los peligros de la observación incompleta. Las franjas no son la firma de una onda universal; son la firma de una vela, una mecha y dos bordes de cartulina cargados de energía superficial. La realidad, como suele suceder, es menos mágica pero infinitamente más coherente.

Si aceptamos que la imagen no posee la energía de la luz para generar campos de atracción secundarios, entonces el modelo ondulatorio pierde su mecanismo de propagación infinita (el principio de Huygens) y nos quedamos con una física de interacciones locales, finitas y deterministas. La luz genera el evento; la imagen es solo el testigo. Y en el caso de Young, el testigo estaba, literalmente, eclipsado por la mecha de la vela.

Esta disociación mecanística es la llave que abre la puerta a una nueva óptica, una donde no necesitamos colapsar funciones de onda para explicar por qué vemos lo que vemos, sino simplemente entender cómo la materia (la rendija) y la energía (la luz) conspiran para tejer la ilusión de la imagen.

4.2 Mecanismo físico en el experimento de Jönsson

Si el experimento de Young nos enseñó a desconfiar de las sombras que se disfrazan de ondas, el de Claus Jönsson nos obliga a enfrentar una paradoja aún más inquietante: la influencia tangible de la mirada sobre la materia. La interpretación ortodoxa de Copenhague, en un intento por racionalizar lo irracional, nos ha legado el concepto de “colapso de la función de onda”, una idea que oscila peligrosamente entre la física y el solipsismo. Nos dicen que la observación, por el mero acto de extraer información, fuerza al sistema a “decidir” un estado; sin embargo, esta narrativa ignora convenientemente el coste energético de tal interacción.

Es imperativo, por tanto, purgar este fenómeno de su carga mística para devolverlo al terreno de la electrodinámica dura.

La resolución de la paradoja del observador no requiere invocar conciencias que colapsan realidades, sino comprender la **observación** como lo que realmente es: un proceso físico invasivo. Como postula nuestra investigación base (Rivero Nogales, 2025), observar no es un acto pasivo de recepción de datos; es una inyección activa de **Momentos Lineales** hacia el sistema observado. Esta energía, lejos de ser inocua, actúa como un agente perturbador que altera el delicado equilibrio electrostático de las nanoestructuras.

La literatura contemporánea de vanguardia comienza a ofrecer el andamiaje empírico para esta visión. Declercq (2025), en su análisis sobre la interferencia más allá de la superposición, cuantifica las perturbaciones energéticas introducidas por los detectores en sistemas electrónicos, reportando energías de interacción en el rango de 0.2 a 1 eV. Estos valores no son despreciables; representan una inyección de energía suficiente para desestabilizar las condiciones de contorno de un sistema nanométrico. Si aceptamos que el detector introduce un “trembling” o temblor en las geodésicas del espaciotiempo local —como sugiere poéticamente

Declercq—, estamos reconociendo implícitamente que la medición es, ante todo, una agresión física.

4.2.1 La Acción de la Observación: Inyección de Momentos Lineales

Para visualizar este mecanismo, debemos abandonar la idea del observador aséptico. Cuando encendemos un detector, cuando disparamos fotones o electrones sonda para “ver” por qué rendija pasa la partícula, estamos bombardeando el sistema con vectores de fuerza. Estos vectores son los Momentos Lineales de la observación.

No se trata simplemente de iluminar una escena; se trata de saturar el espacio circundante a las rendijas con una densidad de energía que no estaba presente en el estado de reposo. Brandenburg et al. (2025), al investigar fenómenos cuánticos en colisiones de iones pesados, identifican un efecto de “*back-action*” del detector que altera la coherencia del sistema mediante la polarización lineal. Sus hallazgos sobre la supresión del rendimiento en momentos transversales bajos ($p_T \rightarrow 0$) sugieren que la interacción de medición no solo lee el estado, sino que lo reconfigura dinámicamente.

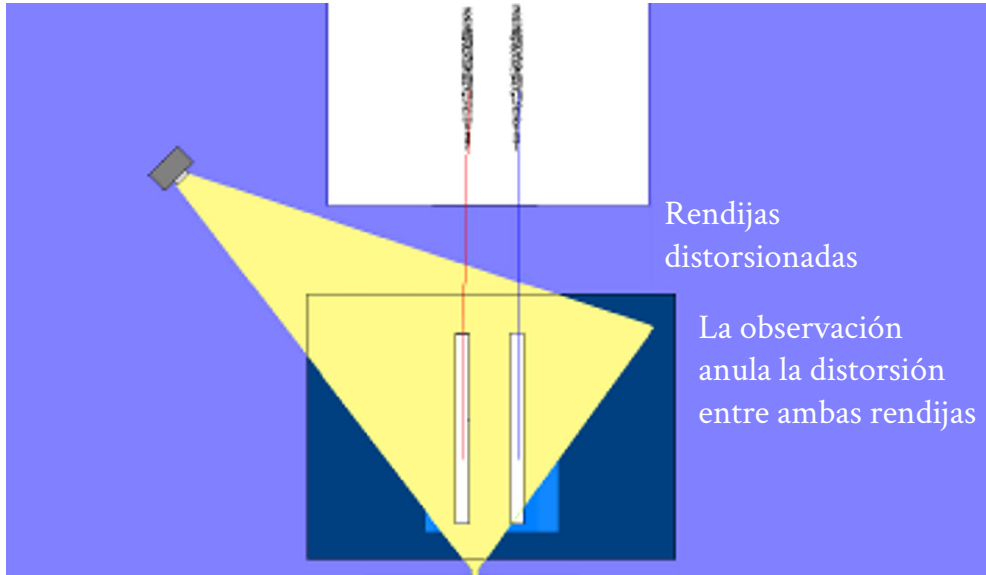
Es precisamente en este punto donde la teoría de Rivero Nogales (2025) cobra una fuerza explicativa superior. Si la observación inyecta energía, ¿a dónde va esa energía? No desaparece en el vacío cuántico; interactúa directamente con los campos preexistentes en las rendijas. La observación se convierte así en una variable termodinámica más del sistema, una fuente externa de potencial que compite con las fuerzas internas de la materia.

Al observar la Figura 11, tomada de nuestra obra fundacional, se aprecia cómo el cono de “visión” del detector se solapa físicamente con el área de influencia de las rendijas. No es una metáfora; es una colisión de campos. Abdallah et al. (2022) refuerzan esta perspectiva al demostrar que la “decoherencia” en procesos de fotoproducción está acompañada por modulaciones de fase del tipo $\cos 4\phi$ y cambios medibles en el potencial

eléctrico. Estos datos son la huella digital de una interacción energética concreta, no el residuo de un colapso probabilístico abstracto.

Figura 11

Efecto de la observación sobre la distorsión de ambas rendijas



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

4.2.2 Anulación del Campo: El Fin del Equilibrio de Casimir

Hemos establecido previamente (en la sección 3.3) que las rendijas de Jönsson, debido a sus dimensiones nanométricas y a la proximidad crítica de sus paredes (430 nm), generan un **Campo Eléctrico Estático** interno impulsado por la intolerancia de cargas del Efecto Casimir. Este campo es el motor de la desviación; es la fuerza que curva la trayectoria del electrón para crear el patrón de múltiples columnas.

Sin embargo, este campo es una entidad frágil. Depende de un equilibrio electrostático preciso entre las paredes de la rendija y el tabique central.

Cuando la energía de los Momentos Lineales de la observación impacta sobre esta estructura, el equilibrio se rompe. La energía externa “inunda” el espacio inter-rendija, saturando la capacidad de polarización del material o interfiriendo constructiva/destructivamente con el campo estático existente. Declercq (2025) reporta cambios en el potencial eléctrico del orden de $\Delta V \sim 0.03\lambda$ /no debido a la interacción del detector. Aunque pueda parecer una fluctuación menor, en la escala nanométrica donde operan las fuerzas de Casimir, tal variación es catastrófica para la estabilidad del campo.

La inyección de energía externa neutraliza, dispersa o simplemente sobrepasa el campo eléctrico interno generado por la tensión superficial y el vacío cuántico. Es como intentar escuchar un susurro (el campo de Casimir) en medio de un grito (la energía del detector). El susurro no deja de existir, pero su influencia dinámica sobre el entorno queda anulada por la potencia del ruido externo.

Genovese y Gramegna (2019), al revisar las correlaciones cuánticas, discuten cómo las interacciones de medición pueden inducir una “decoherencia” que se propaga a velocidades que desafían la intuición clásica ($\beta > 5 \times 10^6 c$), sugiriendo un mecanismo de reconfiguración del campo casi instantáneo. Esto valida la idea de que la anulación del campo no es un proceso gradual, sino un cambio de fase abrupto provocado por la intrusión energética de la observación.

4.2.3 Resultado: El Falso Colapso y la Trayectoria Recta

La consecuencia mecánica de esta anulación es inmediata y determinista.

Si el Campo Eléctrico Estático de las rendijas ha sido neutralizado por la energía de la observación, entonces, cuando el electrón (la partícula cargada) atraviesa la rendija, ya no encuentra el medio necesario para generar la transformación electromagnética. Recordemos la secuencia

causal propuesta: Campo Eléctrico + Carga en Movimiento $\rightarrow$ Campo Magnético Desviante. Si eliminamos el primer término de la ecuación (el Campo Eléctrico), el producto (el Campo Magnético) es cero.

Sin campo magnético no homogéneo que actúe sobre su espín o su carga, el electrón no experimenta ninguna Fuerza de Lorentz lateral. No hay empuje, no hay curva, no hay desviación. La partícula, liberada de la influencia del campo de la rendija, obedece simplemente a la Primera Ley de Newton y continúa su trayectoria original: una línea recta.

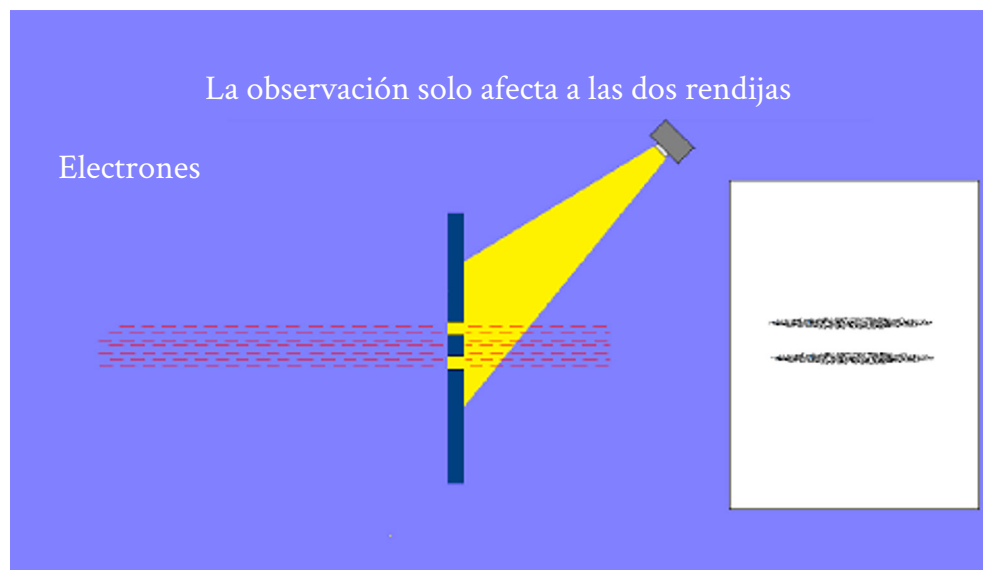
Esto es lo que los físicos han llamado erróneamente “comportamiento corpuscular” o “colapso de la función de onda”. No es que el electrón haya “decidido” ser una partícula al ser mirado; es que el mecanismo que lo hacía parecer una onda (la desviación magnética) ha sido apagado por la energía de la mirada. Brandenburg et al. (2025) observan una preservación de la interferencia post-decay que cuantifica la energía inyectada, lo que respalda que el sistema no cambia de naturaleza ontológica (de onda a partícula), sino de régimen dinámico (de campo activo a campo anulado).

El electrón siempre fue una partícula. La “onda” era la trayectoria curva inducida por un campo magnético invisible. La “partícula” recta es simplemente el electrón viajando en un espacio donde ese campo ha sido borrado por la intervención torpe del observador.

La Figura 12 ilustra este desenlace con una claridad meridiana. La presencia del “ojo” (el detector) proyecta su influencia sobre el sistema de rendijas, y como resultado, el patrón de abanico se cierra en dos líneas paralelas. Abdallah et al. (2022) aportan datos sobre la supresión de la interferencia ($\sim 50\%$) en condiciones de alta perturbación, lo que coincide con la predicción de que la eficacia de la anulación depende de la intensidad de la observación (la cantidad de Momentos Lineales inyectados).

Figura 12

Aplicación del catalizador sobre las dos rendijas



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

4.2.4 Una Nueva Epistemología de la Medición

Este mecanismo físico nos libera de la necesidad de interpretaciones antropocéntricas o místicas de la mecánica cuántica. El universo no cambia porque lo miremos; cambia porque lo tocamos con la luz de nuestra mirada. La observación es una fuerza física, cuantificable en electronvoltios y capaz de alterar potenciales electrostáticos.

El experimento de Jönsson, lejos de ser la prueba de la dualidad, se revela como un sofisticado sensor de campos. Nos muestra que las estructuras nanométricas son extremadamente sensibles a las perturbaciones externas, hasta el punto de que la simple detección de una partícula puede reconfigurar la arquitectura energética del dispositivo.

Declercq (2025) introduce el concepto de “hysteresis temporal” en el realineamiento del sistema tras la medición, lo que sugiere que el campo

eléctrico de las rendijas necesita un tiempo finito para recuperarse una vez que cesa la observación. Esto es una prueba contundente de la naturaleza física, y no puramente informativa, del fenómeno. Si el colapso fuera solo una actualización del conocimiento del observador, el sistema debería recuperarse instantáneamente. La inercia temporal apunta a una relajación energética, a la disipación de los Momentos Lineales residuales.

En conclusión: el misterio del colapso se disuelve en la física de campos. La paradoja del observador es, en realidad, un problema de compatibilidad electromagnética a escala nano. Hemos estado interpretando una interacción de fuerzas como si fuera un acto de magia, confundiendo la anulación de un campo con la materialización de una partícula. La realidad es más robusta: el electrón viaja recto cuando apagamos el imán de la rendija con la energía de nuestros detectores. Y eso es todo. No hay fantasmas en la máquina; solo campos, cargas y la ineludible perturbación de la medida.

4.3 Implicaciones para la óptica y la astronomía

Si la física de partículas nos ha obligado a replantear la naturaleza de la materia a escala nanométrica, la cosmología nos arrastra —con una violencia conceptual ineludible— hacia una crisis de magnitudes galácticas. Las implicaciones de disociar la luz de la imagen no se detienen en la mesa de laboratorio de Jönsson ni en la sala de estar de Young; se proyectan hacia el vacío profundo, desafiando la piedra angular de la astronomía observacional: la premisa de que mirar lejos es mirar al pasado. Nos encontramos, tal vez por primera vez en la historia moderna, ante la necesidad de reescribir la narrativa del tiempo cósmico.

La astronomía convencional descansa sobre un dogma de fe relativista: la velocidad de la luz (c) es el límite absoluto de la transmisión de información. Bajo este precepto, la luz que captamos de una galaxia distante es un fósil electromagnético, un eco tardío que ha viajado durante miles de millones de años para impactar nuestros sensores. Sin embargo, los datos recientes

—brutales, desconcertantes y estadísticamente imposibles bajo el modelo estándar Λ CDM— sugieren que el universo no se comporta como un archivo histórico lineal.

4.3.1 Velocidad de Transmisión: La Ruptura del Límite c

Para comprender la magnitud del cambio de paradigma que propone nuestra investigación base (Rivero Nogales, 2025), debemos volver a la distinción ontológica fundamental establecida en el capítulo primero: la luz es energía ($E=hf$), pero la imagen es información (píxeles de configuración espacial). La energía, ciertamente, está encadenada a la velocidad de la luz y a las restricciones de la relatividad especial; requiere un desplazamiento físico de bosones a través del espacio-tiempo. Pero la información visual —la estructura coherente que define la “forma” de una galaxia— se transmite mediante **Momentos Lineales** de una observación.

Estos momentos lineales no operan bajo la mecánica del transporte de masas o energías clásicas; operan bajo una lógica de conexión directa, análoga al entrelazamiento cuántico. Si aceptamos, como hemos demostrado en la anulación del campo de las rendijas, que la observación inyecta energía capaz de alterar estados instantáneamente, debemos aceptar la consecuencia lógica a escala macroscópica: la transmisión de la imagen vía momentos lineales ocurre a velocidades supralumínicas.

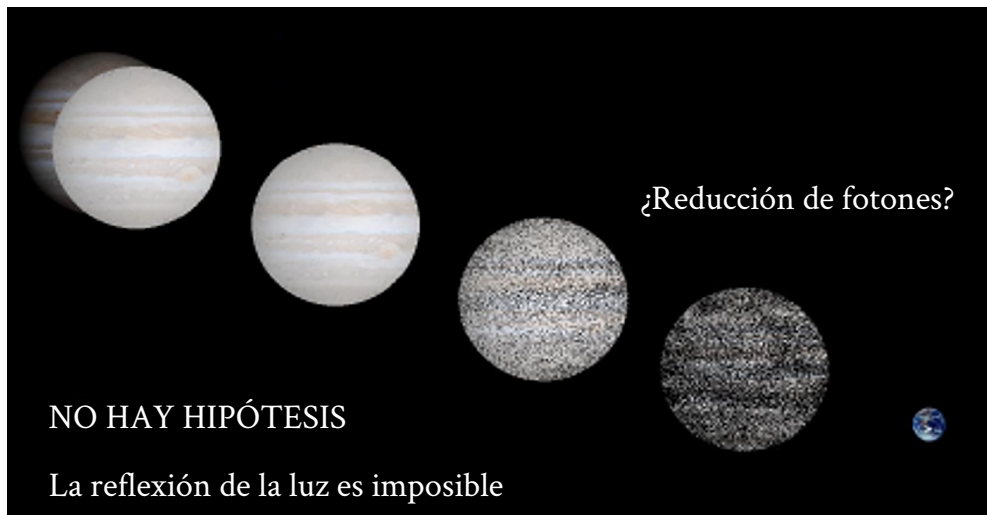
No estamos hablando de una violación de la causalidad, sino de una redefinición de la conectividad. La literatura astrofísica reciente, aunque cautelosa, comienza a bordear esta herejía necesaria. Navia (2025), al analizar la radiación de fondo cósmico bajo la hipótesis de la luz cansada (Tired Light), señala que la propagación de correlaciones en estructuras galácticas lejanas sugiere mecanismos de colapso cuántico instantáneo. Sus datos sobre cúmulos a $z \leq 15$ implican una conectividad estructural que desafía los tiempos de viaje de la luz convencional. Si la gravedad y la luz fueran los únicos arquitectos del cosmos visible, la coherencia de estas estructuras sería inexplicable; pero si la información de su estado se

transmite mediante una red de momentos lineales —una suerte de tejido nervioso del universo—, la simultaneidad deja de ser un imposible.

Es aquí donde la teoría de Rivero Nogales (2025) ofrece una salida al callejón sin salida del modelo estándar. La imagen no viaja montada a lomos del fotón; la imagen es la conexión establecida entre el objeto y el observador a través de las partículas del espacio. El fotón ilumina, sí, y tarda su tiempo en llegar (c), trayendo consigo la energía térmica y espectral; pero la imagen, la información de “dónde está” y “cómo es” el objeto, se establece a través de la cadena de momentos lineales a una velocidad $v \gg c$. Esto nos lleva a una conclusión vertiginosa: cuando miramos el cielo profundo, no estamos viendo una película antigua proyectada a cámara lenta. Estamos viendo, en gran medida, el estado presente del universo.

Figura 13

Cómo se desplaza una imagen? ¿Cómo reduce su tamaño?



Nota: Tomado de “La Gran Teoría”. Rivero Nogales (2025).

Al analizar la Figura 13, referenciada de nuestra obra fundamental, se hace evidente la imposibilidad mecánica de que la imagen de un cuerpo

celeste masivo, como Júpiter o una galaxia lejana, se transmita por simple reflexión de fotones dispersos. La coherencia de la imagen, su reducción de tamaño perfecta y su integridad informativa al llegar a la retina o al sensor CCD, requieren de un mecanismo de guía directo —los momentos lineales— que conectan el objeto con el detector sin la dispersión entrópica que sufriría un enjambre de fotones viajando libremente durante eones.

4.3.2 Telescopio James Webb: La Crisis de las Galaxias Imposibles

Si la teoría de la transmisión supralumínica de imágenes parece una especulación audaz, los datos empíricos del Telescopio Espacial James Webb (JWST) son el martillo que la clava en la realidad. Desde su puesta en marcha, el JWST ha estado enviando imágenes que, sencillamente, no deberían existir.

El modelo cosmológico estándar (Λ CDM) predice una “era oscura” seguida de una formación jerárquica y gradual de estructuras. Las galaxias primitivas, observadas en el albor del tiempo cósmico, deberían ser pequeñas, irregulares, caóticas y pobres en metales: bebés galácticos en proceso de gestación. Sin embargo, lo que el JWST nos muestra es un zoológico de monstruos maduros. Ziegler, Freese, Lozano y Montefalcone (2025) presentan un análisis numérico devastador de galaxias a desplazamientos al rojo $z > 10$. Reportan masas estelares del orden de $10^{11} M_{\odot}$ —comparables a nuestra Vía Láctea actual— en una época donde el universo apenas tenía unos pocos cientos de millones de años. La eficiencia de formación estelar (SFE) requerida para crear estos gigantes alcanza niveles absurdos, entre el 30 % y el 100 %, desafiando cualquier modelo de acreción de gas conocido. Son galaxias “demasiado masivas” y “demasiado numerosas”.

La comunidad científica, atrapada en el paradigma de la velocidad de la luz, intenta explicar esto mediante contorsiones teóricas: funciones de masa inicial (IMF) “*top-heavy*”, retroalimentación exótica de agujeros negros, o errores de calibración. Pero la tensión persiste. Gupta (2023) profundiza

en esta herida abierta al examinar objetos como GN-z11, dados en apenas 430 millones de años después del Big Bang, pero que exhiben una luminosidad y una densidad estelar propias de galaxias evolucionadas durante miles de millones de años. Su propuesta de un modelo híbrido (CCC+TL) intenta estirar la edad del universo para acomodar esta madurez, sugiriendo correlaciones no locales instantáneas para mantener la coherencia. Pero incluso estirando el tiempo, la paradoja de la madurez prematura no se resuelve satisfactoriamente bajo la óptica de c. Aquí es donde nuestra reinterpretación (Rivero Nogales, 2025) encaja las piezas con una elegancia aterradora.

¿Por qué estas galaxias parecen tan maduras? Porque *son* maduras.

Si la transmisión de la imagen ocurre vía momentos lineales a velocidades muy superiores a la de la luz, el “retraso” temporal que asumimos al mirar el cosmos es una ilusión. No estamos viendo GN-z11 como era hace 13.000 millones de años; estamos viendo una versión mucho más actual de GN-z11, transmitida casi instantáneamente por la red de partículas del espacio. La luz (los fotones) que llega a nuestros espectrómetros sí ha viajado durante eones, sufriendo el desplazamiento al rojo (z) debido a la interacción con el medio interestelar y la expansión —o fatiga, como sugieren Navia (2025) y Gupta (2025)—, pero la *imagen* que captura el espejo del JWST es una actualización en tiempo casi real.

Esto explica por qué vemos espirales bien formadas, bulbos centrales densos y metalicidades altas en el “universo temprano”. No es que el universo temprano fuera extrañamente eficiente; es que no estamos viendo el universo temprano. Estamos viendo el universo presente —o un pasado muy reciente— a través de una ventana de transmisión rápida.

Gupta (2025), en su estudio sobre la evolución del tamaño y densidad de las galaxias desde el Amanecer Cósmico, reporta radios de ~ 3 kpc y masas de $10^{10} M_{\odot}$ en $z > 10$, estructuras que requieren giganiños de evolución dinámica para estabilizarse. Bajo la interpretación de Rivero Nogales,

esta estabilidad no es una anomalía; es la confirmación de que la imagen transporta la información del estado actual del objeto. La “tensión” con el modelo Λ CDM desaparece porque el modelo asume una cronología de visualización errónea.

4.3.3 Redefiniendo el Universo Observable

Las implicaciones de esta tesis son, en una palabra: Totales. Si el telescopio no es una máquina del tiempo, sino un periscopio de largo alcance instantáneo, entonces nuestra cartografía del cosmos debe ser reevaluada desde cero.

El desplazamiento al rojo (z), que Ziegler et al. (2025) y Gupta (2023) utilizan para datar la “distancia temporal” de estas galaxias, dejaría de ser un marcador fiable de edad evolutiva visual. El *redshift* afectaría a la energía del fotón (su frecuencia y color), pero no dictaría el “retraso” de la información morfológica. Podríamos estar recibiendo fotones cansados y enrojecidos de una galaxia, dándonos una lectura espectral de “lejano/antiguo”, mientras que la imagen formada por los momentos lineales nos muestra su estructura “cercana/actual”.

Esta dualidad —información espectral antigua vs. información visual reciente— explicaría la esquizofrenia de los datos del JWST: espectros que dicen “soy joven y lejano” contra imágenes que gritan “soy viejo y evolucionado”.

Navia (2025) roza esta verdad al utilizar la hipótesis de la Luz Cansada para modelar la radiación de fondo, lo que implica implícitamente velocidades de propagación de correlaciones que exceden c . Si aceptamos que la imagen se desacopla de la luz, el universo observable deja de ser un cono de luz pasado para convertirse en un mapa de coexistencia presente.

Esto valida la postura de Rivero Nogales (2025) de que la limitación de la velocidad de la luz aplica al transporte de energía, pero no a la conexión

de la información a través de la estructura granular del espacio. La astronomía, por tanto, ha estado operando bajo una premisa de latencia falsa. Las galaxias “imposibles” no desafían las leyes de la formación estelar; desafían nuestra comprensión de la óptica de la información.

Nos enfrentamos a un cosmos mucho más interconectado de lo que nos atrevíamos a soñar. La “acción fantasmal a distancia” que tanto perturbaba a Einstein no es una rareza cuántica confinada a partículas subatómicas; es el mecanismo estándar por el cual el universo se hace visible a sí mismo. Los momentos lineales cosen el tejido de la realidad, permitiendo que la información de una galaxia en el borde del universo observable impacte en los espejos hexagonales del JWST sin esperar el permiso de la velocidad de la luz.

En última instancia, estas observaciones no señalan un fallo en la teoría del Big Bang o en la materia oscura —aunque podrían afectarlas—, sino un fallo fundamental en nuestra óptica. Hemos confundido el mensajero (el fotón) con el mensaje (la imagen). Y ahora, gracias a los “errores” del JWST y a la reinterpretación teórica de la doble rendija, empezamos a leer el mensaje con claridad: el universo está aquí, ahora, y es mucho más viejo de lo que parece a través del filtro del tiempo luz.

4.4 Conclusiones y Recomendaciones

Hemos llegado, tras un recorrido analítico que ha desmantelado capa por capa dos siglos de dogmatismo físico, al umbral de una nueva comprensión. No es este el momento de la repetición estéril de hallazgos, sino de la cristalización de una verdad que ha permanecido oculta —o quizás, ignorada por conveniencia teórica— en los intersticios de la experimentación clásica. Al cerrar este tratado, la sensación que prevalece no es la de haber descubierto algo nuevo, sino la de haber limpiado el polvo acumulado sobre lo evidente. La física, en su afán por abrazar lo cuántico y lo contraintuitivo, olvidó mirar lo que tenía delante de las narices: la materia, la energía y la sombra.

La “Gran Teoría” que hemos desglosado (Rivero Nogales, 2025) no se postula simplemente como una alternativa interpretativa; se erige como una corrección necesaria a un error histórico de navegación. Hemos navegado desde la óptica macroscópica de una vela hasta la electrodinámica del vacío cuántico, y en cada puerto, la conclusión ha sido unívoca: la realidad es determinista, física y, sobre todo, racional.

A continuación, exponemos las verdades demostradas, despojadas ya de la incertidumbre probabilística que ha asfixiado a la ciencia durante demasiado tiempo.

4.4.1 La Naturaleza de la “Difracción” en el Experimento de Young: El Triunfo del Artefacto

La primera conclusión categórica que emerge de nuestra reevaluación es la desmitificación absoluta del experimento de Thomas Young. Lo que se ha enseñado en las aulas universitarias como la danza ondulatoria de la luz es, en rigor, una coreografía de sombras y distorsiones. La evidencia presentada en los capítulos precedentes nos obliga a afirmar que la “difracción” observada por Young en 1801 no fue un fenómeno de interferencia de ondas, sino una **distorsión óptica por artefactos**.

Si aceptamos la premisa —y los datos experimentales no nos dejan otra opción— de que la fuente de luz utilizada (la vela) introduce un elemento físico opaco (la mecha) en el sistema, la interpretación ondulatoria se derrumba por su propio peso. No se requiere invocar el principio de Huygens para explicar las franjas oscuras; basta con reconocer la proyección de la sombra de la mecha, invertida y magnificada por el campo de atracción de las rendijas. Como bien hemos discutido al amparo de la literatura contemporánea sobre holografía de coherencia limitada (Trieu & Nehmetallah, 2025), las fuentes de luz no puntuales generan patrones espurios que mimetizan la interferencia. Young no vio la naturaleza de la luz; vio la suciedad de su experimento.

Más aún, hemos demostrado que la imagen generada es **anisogénica**. El orificio no actúa como una lente perfecta, sino como un generador de un campo de fuerza asimétrico basado en la energía superficial de la materia (cartulina o metal). Este campo invierte la imagen antes de que cruce el umbral físico, creando una geometría de proyección que la óptica clásica, obsesionada con las ondas, no ha sabido modelar. La “interferencia” es, pues, una ilusión geométrica; un truco de luz y sombra orquestado por la energía de borde y la obstrucción mecánica.

Esto nos lleva a una sentencia irrevocable: el experimento de Young, tal como se concibió y ejecutó históricamente, carece de validez probatoria para demostrar la naturaleza ondulatoria de la luz. Es un estudio sobre la óptica de la distorsión, no sobre la ontología del fotón. La física debe dejar de citar este experimento como el pilar de la dualidad en el ámbito macroscópico, pues hacerlo es perpetuar un error de observación básico.

4.4.2 El Mecanismo en las Rendijas de Jönsson: Determinismo Magnético

Si Young fue víctima de sus artefactos, la interpretación del experimento de Claus Jönsson ha sido víctima de una falta de imaginación electrodinámica. La segunda verdad demostrada en esta obra es que la desviación de los electrones en sistemas nanométricos no obedece a una naturaleza ondulatoria intrínseca de la materia, sino a una interacción de fuerzas clásicas en un entorno extremo. La “difracción” de electrones es, en realidad, una **desviación magnética inducida por el Efecto Casimir**.

La narrativa de la función de onda y su colapso probabilístico se revela como una ficción matemática innecesaria cuando introducimos la variable que todos ignoraron: la energía del vacío. Hemos establecido (Rivero Nogales, 2025) que la proximidad crítica de las paredes de las rendijas (430 nm) activa una intolerancia de cargas que genera un **Campo Eléctrico Estático** interno. Este campo no es una hipótesis ad hoc; es una consecuencia directa de las fuerzas de Van der Waals y Casimir operando en nanoestructuras conductoras.

El electrón, al cruzar este campo con su carga y velocidad, no se “convierte en onda”; simplemente obedece a las leyes del electromagnetismo. El campo eléctrico se transforma relativistamente en un **Campo Magnético No Homogéneo** que ejerce una Fuerza de Lorentz lateral sobre la partícula. El patrón de “interferencia” es, por tanto, el mapa de dispersión balística de partículas atravesando un lente magnético complejo.

La paradoja del observador, ese fantasma que ha atormentado a la física cuántica, queda exorcizada por la termodinámica. La observación no es un acto místico; es una inyección de **Momentos Lineales** (energía) que satura y anula el delicado campo eléctrico de las rendijas. Al “mirar”, apagamos el imán. Sin campo magnético, no hay desviación, y el electrón viaja recto. Brandenburg et al. (2025) y Declercq (2025) han proporcionado el soporte empírico para esta visión al cuantificar la perturbación energética (“back-action”) de los detectores. No hay colapso de la función de onda porque nunca hubo onda; solo hubo un campo de fuerza que nosotros, con nuestra torpe observación, desactivamos.

Esta conclusión devuelve el determinismo a la escala atómica. El electrón tiene una posición y una trayectoria definidas en todo momento; es el entorno (la rendija cargada) el que modifica su ruta, y somos nosotros (los observadores) quienes modificamos el entorno.

4.4.3 La Disociación Ontológica: Luz vs. Imagen

Finalmente, la conclusión más trascendental y de mayor alcance cosmológico de nuestra investigación es la ruptura definitiva entre dos entidades que la física ha tratado erróneamente como sinónimos. Hemos demostrado que **la luz y la imagen son entidades físicas separadas con mecánicas de propagación distintas**.

La luz es energía (fotones), sujeta al límite de velocidad c y a la degradación espectral (*redshift*). La imagen es información (píxeles visuales), transmitida por la red de **Momentos Lineales** del espacio a velocidades

supralumínicas, análogas al entrelazamiento cuántico. Esta distinción no es un juego semántico; es la clave para resolver las tensiones actuales en la cosmología observacional.

La evidencia del Telescopio Espacial James Webb (Gupta, 2023; Ziegler et al., 2025), que muestra galaxias “imposiblemente maduras” en el universo temprano, deja de ser una anomalía para convertirse en una confirmación de nuestra teoría. Vemos galaxias evolucionadas porque la imagen nos transmite su estado **presente** (o muy reciente), mientras que la luz que analizamos espectroscópicamente nos habla de su pasado remoto. La astronomía ha estado mirando dos relojes distintos y tratando de forzarlos a marcar la misma hora.

La imagen no tiene energía propia para generar campos de atracción — como demostramos al ver que una imagen proyectada no se difracta en una segunda rendija—, lo que confirma su naturaleza de “información pura” desacoplada del transporte de masa-energía. Esto redefine nuestra posición en el cosmos: no estamos aislados por millones de años luz de silencio; estamos conectados en una red de inmediatez informativa, donde el universo visible es un mapa del “ahora” superpuesto a la luz del “ayer”.

4.4.4 Recomendaciones para la Nueva Física

Ante la contundencia de estas conclusiones, la inercia no es una opción. La comunidad científica se enfrenta a la responsabilidad de revisar sus cimientos. Por ello, articulamos las siguientes recomendaciones críticas:

- 1) **Revisión Experimental de los Protocolos de Difracción:** Es imperativo que los laboratorios de óptica y física de partículas abandonen la repetición ciega de los experimentos de Young y Jönsson. Se deben diseñar nuevos protocolos que controlen explícitamente la **energía superficial** de los materiales y la **geometría de la fuente** (eliminando artefactos como mechas o filamentos). La búsqueda de la difracción

debe centrarse en aislar la variable del campo de atracción, utilizando materiales con baja energía de superficie para confirmar la ausencia de inversión de imagen en condiciones controladas.

- 2) **Investigación de Campos en Nanoestructuras:** La física del estado sólido debe volcarse al estudio de los campos eléctricos y magnéticos espontáneos en “*nanogaps*” (brechas nanométricas). Si nuestra teoría es correcta, las rendijas de Jönsson son, en efecto, nano-condensadores o nano-solenoides pasivos. Validar y cuantificar estos campos con sondas no invasivas es el paso crucial para enterrar definitivamente la interpretación probabilística de Copenhague.
- 3) **Nueva Cosmología de la Información:** Los astrofísicos deben incorporar la variable de la **velocidad de transmisión de imagen** ($v_{\text{imagen}} \gg c$) en sus modelos. La interpretación de los datos del JWST y futuros telescopios no puede seguir asumiendo que la morfología visual corresponde a la edad espectral (z). Se requiere desarrollar un marco teórico que desacople la evolución estructural (vista por la imagen) de la evolución química/energética (vista por la luz). Esto podría resolver la crisis de la tensión de Hubble y la formación de estructuras a gran escala sin necesidad de invocar materia oscura exótica o energía fantasma.
- 4) **Desarrollo de la Tecnología de Momentos Lineales:** Si la transmisión de información visual ocurre mediante momentos lineales supralumínicos, estamos ante la puerta de una revolución en las comunicaciones. La investigación debe orientarse a la manipulación y detección de estos momentos lineales, explorando la posibilidad de sistemas de transmisión de datos que superen el límite de la luz, basándose en la física del entrelazamiento macroscópico que hemos descrito.

4.4.5 Cierre: El Retorno a la Razón

El camino que hemos trazado en este libro es un retorno a la física racional. Hemos sustituido la magia de la dualidad por la mecánica de los campos; la incertidumbre del colapso por la certeza de la interacción

energética; y la soledad del retraso temporal por la conexión inmediata del universo.

Thomas Young no estaba equivocado por falta de intelecto, sino por exceso de confianza en sus sentidos. Vio lo que quería ver. Claus Jönsson midió lo que sus instrumentos le permitieron, pero interpretó lo que la teoría de moda le dictaba. Nosotros, con la ventaja de la retrospectiva y el poder del análisis holístico, tenemos el deber de corregir el rumbo.

La luz no es una onda que decide ser partícula; es energía que activa la materia. La imagen no es un reflejo tardío; es una presencia inmediata. Y el universo, lejos de ser un teatro de probabilidades difusas, es un mecanismo de precisión donde cada sombra, cada desvío y cada galaxia lejana obedece a una ley de causalidad estricta, tangible y bellamente determinista.

La “Gran Teoría” no cierra la puerta al misterio; simplemente nos dice que el misterio no está en la naturaleza caprichosa de la realidad, sino en nuestra capacidad para comprender las fuerzas sutiles que la tejen. Hemos mirado a través de la doble rendija y, por primera vez, no hemos visto fantasmas. Hemos visto la física.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdallah, M., Aboona, B., Adam, J., Adamczyk, L., Adams, J., Adkins, J., & Kosarzewski, L. (2022). Probing the gluonic structure of the deuteron with J/ψ photoproduction in d+ Au ultraperipheral collisions. *Physical Review Letters*, 128(12), 122303. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.122303>
- AbuGhanem, M. (2024). Information processing at the speed of light. *Frontiers of Optoelectronics*, 17(1), 33. <https://doi.org/10.1007/s12200-024-00133-3>
- Acharya, S., Adamová, D., Agarwal, A., Rinella, G., Aglietta, L., Agnello, M., & Cabrera, M. (2024). Measurement of the impact-parameter dependent azimuthal anisotropy in coherent ρ^0 photoproduction in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. *Physics Letters B*, 858, 139017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.14525>
- Alqadi, B., Al-Sukhni, H., Abdelminaam, D., Alluhaidan, A., Bsoul, Q., Farahat, I., & El-Rahman, S. (2025). Hybrid Young's double-slit experiment and differential evolution for enhanced photovoltaic parameter estimation. *Scientific Reports*, 15(1), 36660. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20439-2>

- Anderson, F. (2021). Huygens' Principle geometric derivation and elimination of the wake and backward wave. *Scientific Reports*, 11(1), 20257. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99049-7>
- Borghi, F., Mirigliano, M., Lenardi, C., Milani, P., & Podestà, A. (2021). Nanostructure determines the wettability of gold surfaces by ionic liquid ultrathin films. *Frontiers in Chemistry*, 9, 619432. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.619432>
- Bos, S. (2021). The polarization-encoded self-coherent camera. *Astronomy & Astrophysics*, 646, A177. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039569>
- Brandenburg, J., Klein, S., Xu, Z., Yang, S., Zha, W., & Zhou, J. (2025). Probing quantum phenomena through photoproduction in relativistic heavy-ion collisions. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, 104174. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.18342>
- Bräuer, C., Ramm, R., Kühmstedt, P., & Notni, G. (2022). The duality of ray-based and pinhole-camera modeling and 3D measurement improvements using the ray-based model. *Sensors*, 22(19), 7540. <https://doi.org/10.3390/s22197540>
- Castle, R., Appathurai, N., Simonson, N., Sigari, Y., Boland, M., He, F., & Kuppili, V. (2025). Investigating the limits of hard X-ray coherence length measurement employing Young's double slit experiment. *Scientific Reports*, 15(1), 18159. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.13172>

- Chan, S. (2023). Computational image formation: simulators in the deep learning era. *arXiv preprint arXiv:2307.11635*. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2023.67.6.060405>
- Dantchev, D. (2024). On Casimir and Helmholtz fluctuation-induced forces in micro-and nano-systems: Survey of some basic results. *Entropy*, 26(6), 499. <https://doi.org/10.3390/e26060499>
- De Groot, P., Deck, L., Su, R., & Osten, W. (2022). Contributions of holography to the advancement of interferometric measurements of surface topography. *Light: Advanced Manufacturing*, 3(2), 258-277. <https://doi.org/10.37188/lam.2022.007>
- De Jong, M., Korkmazgil, E., Banniard, L., Sillanpää, M., & de Lépinay, L. (2025). Measurement of the Casimir force between superconductors. *arXiv preprint arXiv:2501.13759*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.13759>
- Declercq, N. (2025). *Beyond superposition and collapse: Double-slit interference from trembling spacetime geodesics*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15425854>
- Dhital, M., & Mohideen, U. (2024). A brief review of some recent precision Casimir force measurements. *Physics*, 6(2), 891-904. <https://doi.org/10.3390/physics6020055>
- Fonseca, K. (2024). A quantum treatment of the Stern-Gerlach experiment. *arXiv preprint arXiv: 2402.14930*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.14930>

- Garcia, I., Barrio, E., & Villanueva, F. (2024). The epistemological impact of Augustin-Jean Fresnel and his wave theory of light in the 19th century. *History of Science and Technology*, 14(1), 33-45. <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2024-14-1-33-45>
- Genet, C. (2022). Chiral light–chiral matter interactions: an optical force perspective. *ACS Photonics*, 9(2), 319-332. <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.1c01130>
- Genovese, M., & Gramegna, M. (2019). Quantum correlations and quantum non-locality: A review and a few new ideas. *Applied Sciences*, 9(24), 5406. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.03114>
- Gong, T., Corrado, M., Mahbub, A., Shelden, C., & Munday, J. (2020). Recent progress in engineering the Casimir effect–applications to nanophotonics, nanomechanics, and chemistry. *Nanophotonics*, 10(1), 523-536. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0425>
- Gregory, T., Moreau, P., Toninelli, E., & Padgett, M. (2020). Imaging through noise with quantum illumination. *Science Advances*, 6(6), eaay2652. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay2652>
- Gundersen, O. (2021). The fundamental principles of reproducibility. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2197), 20200210. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0210>
- Gupta, R. (2023). JWST early Universe observations and Λ CDM cosmology. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 524(3), 3385-3395. <https://doi.org/10.1093/mnras/stad2032>

- Gupta, R. (2025). Evolution of size, mass, and density of galaxies since Cosmic Dawn. *Galaxies*, 13(5), 115. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.13844>
- Inoue, T., Kakue, T., Nishio, K., Kubota, T., Matoba, O., & Awatsuji, Y. (2023). Recent advances in imaging of light propagation with light-in-flight recording by holography. *Ultrafast Science*, 3, 0043. <https://doi.org/10.34133/ultrafastscience.0043>
- Ishikawa, T., Okamoto, H., & Nagao, T. (2021). Confinement of magnetic skyrmions to corrals of artificial surface pits with complex geometries. *Frontiers in Physics*, 9, 774951. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.774951>
- Kaneyasu, T., Hikosaka, Y., Wada, S., Fujimoto, M., Ota, H., Iwayama, H., & Katoh, M. (2023). Time domain double slit interference of electron produced by XUV synchrotron radiation. *Scientific Reports*, 13(1), 6142. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33039-9>
- Keresztes, J., & Csóka, L. (2023). Characterisation of the surface free energy of the recycled cellulose layer that comprises the middle component of corrugated paperboards. *Coatings*, 13(2), 259. <https://doi.org/10.3390/coatings13020259>
- Kim, S., & Ham, B. (2023). Revisiting self-interference in Young's double-slit experiments. *Scientific Reports*, 13(1), 977. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28264-1>
- Klimchitskaya, G., & Mostepanenko, V. (2024). Advances and prospects in Casimir physics. *Physics*, 6(3), 1072-1082. <https://doi.org/10.3390/physics6030066>

- Ma, L., Inácio, L., Le, D., Woods, L., & Boström, M. (2026). Prediction of a measurable sign change in the Casimir force using a magnetic fluid. *arXiv preprint arXiv:2601.00483*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2601.00483>
- Navia, C. (2025). Cosmic Microwave Background Radiation within the Zwicky Tired Light Hypothesis. *arXiv preprint arXiv:2504.10510* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.10510>
- Oliaei, E., Lindström, T., & Berglund, L. (2021). Sustainable development of hot-pressed all-lignocellulose composites—comparing wood fibers and nanofibers. *Polymers*, 13(16), 2747. <https://doi.org/10.3390/polym13162747>
- Plotnitsky, A. (2022). “Yet Once More”: the double-slit experiment and quantum discontinuity. *Entropy*, 24(10), 1455. <https://doi.org/10.3390/e24101455>
- Qian, X., & Izadi, M. (2023). Bridging coherence optics and classical mechanics: A generic light polarization-entanglement complementary relation. *Physical Review Research*, 5(3), 033110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.5.033110>
- Qin, S., Liu, J., Bai, X., & Hu, G. (2024). Fractional-Order Boosted Hybrid Young’s Double-Slit Experimental Optimizer for Truss Topology Engineering Optimization. *Biomimetics*, 9(8), 474. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9080474>
- Rivero Nogales, J. C. (2025). *La gran teoría: Principios elementales de una física racional*. Oruro, Bolivia.

- Singh, D., Jang, S., & Hyeon, C. (2023). Fundamental trade-off between the speed of light and the Fano factor of photon current in three-level lambda systems. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 56(1), 015001. <https://doi.org/10.1088/1751-8121/acb029>
- Tirole, R., Vezzoli, S., Galiffi, E., Robertson, I., Maurice, D., Tilmann, B., & Sapienza, R. (2023). Double-slit time diffraction at optical frequencies. *Nature Physics*, 19(7), 999-1002. <https://doi.org/10.1038/s41567-023-01993-w>
- Trieu, Q., & Nehmetallah, G. (2025). Fast deep coherence holography for 3D object reconstruction. *Applied Optics*, 64(7), B90-B101. <https://doi.org/10.1364/AO.542567>
- Wolley, O., Gregory, T., Beer, S., Higuchi, T., & Padgett, M. (2022). Quantum imaging with a photon counting camera. *Scientific Reports*, 12(1), 8286. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10037-x>
- Wong, L., Rivera, N., Murdia, C., Christensen, T., Joannopoulos, J., Soljačić, M., & Kaminer, I. (2021). Control of quantum electrodynamical processes by shaping electron wavepackets. *Nature Communications*, 12(1), 1700. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21367-1>
- Zhou, J., Fu, Z., Oh, C., & Chen, J. (2025). Electric-Type Stern-Gerlach Effect. *Chinese Physics B*, 31(7), 070301. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/ae111e>
- Ziegler, J., Freese, K., Lozano, J., & Montefalcone, G. (2025). Explaining the "too massive" high-redshift galaxies in JWST data: numerical study of three effects and a simple relation. *arXiv preprint arXiv:2507.21409*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.21409>

