
Realizabilidad Física Elemental

Leyes Universales

Teoría de la Distinción, información, área y dinámica relacional

$$A = BN \quad B > 0 \quad \rho(\delta) = \frac{1}{B + \delta}$$
$$R = \frac{1}{\delta} \quad f(R) = \frac{R}{1 + BR} \quad \rho_{\text{máx}} = \frac{1}{B}$$

Una teoría que postula sus entidades y acierta en sus predicciones es fuerte empíricamente.

Una teoría que deriva sus entidades y no necesita predicciones nuevas para ser válida es fuerte fundacionalmente.

Son fuerzas distintas. Y la segunda es más rara, más difícil y más profunda.

Fernando Figueroa Gutiérrez

Edición reordenada y autocontenida

Prólogo

La Teoría de la Distinción como una construcción cuyo criterio de validez es la realizabilidad física.

El punto de partida no es una entidad externa ni una escala introducida por conveniencia, sino la exigencia de que toda distinción físicamente afirmada pueda realizarse mediante un procedimiento finito que la diferencie de su ausencia.

La Teoría de la Distinción no se formula como una teoría física más entre otras, sino como un criterio de alcance: el Ámbito de la Física. Conviene separar desde el inicio dos fuerzas teóricas que no son equivalentes. Una teoría que postula sus entidades y acierta en sus predicciones es fuerte empíricamente: su formalismo organiza resultados y resiste pruebas experimentales. Una teoría que deriva sus entidades y no necesita predicciones nuevas para ser válida es fuerte fundacionalmente: demuestra qué puede existir antes de usarlo para explicar. Son fuerzas distintas; la segunda es más rara, más difícil y más profunda. El éxito empírico del Modelo Estándar no demuestra por sí solo la realizabilidad física de su electrón, sus campos o sus escalas postuladas. Toda entidad que pretenda formar parte de la física debe poder establecerse mediante procedimientos operacionales finitos que la distingan de su ausencia. Dentro de ese ámbito se desarrollan resultados nucleares encadenados: existencia como distinción realizable, necesidad de contraste, cierre finito de la división física, existencia del cuanto elemental positivo $B > 0$ y composición aritmética de las realizaciones. Si X contiene $N(X)$ unidades elementales individualmente realizadas, cada una aporta un área B y una distinción de información; por tanto,

$$A_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} B = BN(X), \quad I_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X),$$

y, en consecuencia, $A_{\text{tot}}(X) = BI_{\text{tot}}(X)$. Esta es aritmética de composición, no una premisa adicional ni una calibración. En la cuenta de existencia, una realización elemental es exactamente una distinción: $B = 1$.

La teoría se desarrolla desde sus propios principios, definiciones y demostraciones. Los capítulos comparativos examinan después otros formalismos como contraste de alcance; no son premisas de la construcción ni el propósito que justifica sus teoremas. El núcleo reconstruye desde el cuanto B la información, el área, la estructura relacional, el espacio, el tiempo, la geometría y la gravedad, sin introducir una entidad físicamente anterior al cuanto de distinción.

Esta tesis debe leerse junto con sus pruebas y dependencias lógicas. La composición $A = BN$ no queda subordinada a una hipótesis independiente: resulta de contar y sumar las contribuciones de las unidades B realizadas. Las condiciones geométricas, dinámicas o de correspondencia exterior se declaran allí donde cada resultado concreto realmente las necesita.

A partir de ese ámbito se organizan, en orden lógico, la distinción, la información, el soporte, la unidad elemental B , la composición $A = BN$, la estructura relacional y la geometría emergente. El cierre finito establece el cuanto elemental positivo. La identidad de una distinción elemental con una unidad de área e información y la suma aritmética de N realizaciones dan $A_{\text{tot}} = BN$ e $I_{\text{tot}} = N$. Los principios constitutivos se reservan para los sectores dinámicos que el argumento no deriva; no se insertan como requisito de esta composición.

La formulación del gap queda fijada de manera explícita. Para un gap local $\delta \geq 0$, el estado $\delta = 0$ es el estado estable o cerrado del gap; no representa vacío ni desaparición de materia. La densidad geométrica efectiva

$$\rho(\delta) = \frac{1}{B + \delta}$$

alcanza en ese estado su valor máximo

$$\rho_{\text{máx}} = \frac{1}{B}.$$

La saturación geométrica máxima es, por tanto, $1/B$. En una concentración local, el soporte y la materia pueden permanecer en la configuración formal; lo que se pierde al saturarse es la disponibilidad de distinciones internas. Si la clase operacional resultante contiene también la inexistencia, la materia deja de ser físicamente distinguible desde esa configuración observadora.

Los capítulos sobre gap, materia, saturación, RSGIM, geometría y dinámica forman una arquitectura única y se desarrollan conforme a sus dependencias lógicas.

Principios de validez física

1. Las afirmaciones se ordenan según su dependencia lógica; ninguna conclusión posterior se utiliza como premisa retroactiva.
2. $\delta = 0$ se trata como estado estable del gap y como límite de saturación, no como ausencia de materia.
3. $1/B$ se identifica como saturación geométrica máxima de la densidad efectiva, bajo la ley $\rho(\delta) = 1/(B + \delta)$.
4. La forma $f(R) = R/(1 + BR)$ solo se usa con $R = 1/\delta$ para $\delta > 0$ y se extiende al límite $R \rightarrow \infty$ mediante $f \rightarrow 1/B$.
5. RSGIM designan la Región de Saturación Geométrico-Informacional Máxima.
6. Solo B es elemental y físicamente realizable. Toda materia, campo, partícula, energía, curvatura, espacio, tiempo o es una agrupación, correlación o variable representacional de unidades B ; ninguna de esas magnitudes constituye un sustrato elemental adicional.
7. La inmanencia configuracional (relativa a una instancia, donde lo externo puede ser real e inaccesible) y la inmanencia absoluta informacional (relativa a la totalidad de B , donde no hay exterior físico) se distinguen siempre; cada afirmación sobre un “exterior” declara a cuál se refiere. la Inmanencia Absoluta no es hipótesis. no puede existir información separada de ninguna forma de la información. Toda distancia requiere información.
8. $B = 1$ expresa una distinción físicamente realizada: información existente y área existente son aspectos inseparables de la misma existencia elemental. información=área. La traducción a unidades convencionales es posterior y condicionada; no crea ni define el cuanto.

Regla de cierre deductivo y exclusión de ontologías no realizadas

La cadena deductiva ya demostrada tiene fuerza plena y no puede ser rebajada por una teoría externa, por una tradición interpretativa ni por una etiqueta posterior. En particular,

$$\text{Ámbito} \implies \text{distinción} \implies B > 0 \implies A = BI \implies C(B)$$

no es una analogía, una mera correspondencia ni un resultado provisional. Sus consecuencias se mantienen como teoremas mientras no se produzca una contradicción formal dentro de sus premisas.

Toda entidad, campo, partícula, espacio abstracto, escala, cualidad o estructura que pretenda tener existencia física debe demostrar, dentro de esta misma cadena, que es una realización distinguible, finita y relacional de B . El éxito predictivo de un formalismo externo no sustituye esa demostración. Si no la proporciona, su entidad postulada queda excluida como fundamento físico por Ámbito; no se la eleva a hipótesis ontológica, no se la justifica por su utilidad matemática y no se la conserva como trabajo futuro de la Teoría de la Distinción.

La exclusión alcanza por igual a quarks, bosones, hadrones, campos sustanciales, taquiones, espacio de Hilbert como realidad fundamental, partículas puntuales, sustratos pregeométricos y cualquier otra entidad que no supere explícitamente Ámbito, Realización, Distinción, Cuantización e Identidad $C(B)$. Pueden aparecer nombres o ecuaciones externas únicamente como objetos rechazados por el criterio o como traducciones de configuraciones ya demostradas; nunca como fundamentos alternativos que debiliten la cadena.

Regla irrevocable: una conclusión demostrada no se convierte después en “interna”, “condicionada”, “meramente representacional”, “programática” o “compatible” para hacerla compatible

con una ontología que no la ha superado. Las únicas condiciones admisibles son las hipótesis explícitas de un teorema concreto; no se añaden condiciones retrospectivas para rebajar su conclusión.

Índice general

Prólogo	I
Principios de validez física	III
I. Ámbito	1
I. Ámbito	2
Ámbito de la Física	2
Precisiones de alcance y delimitación	2
Configuración, instancia e Inmanencia Operativa	4
I Fundamentos operacionales	17
F1. Criterio operacional	18
F1.1. Ámbito físico	18
F1.2. Contraste no equivale a refinamiento	18
F2. Distinción, información y soporte	19
F2.1. Predicado cualitativo de información	19
F2.2. Soporte	19
F3. Refinamiento y regresión	20
F3.1. Dos relaciones distintas	20
F3.2. Teorema de cierre finito y existencia del cuanto elemental	20
F4. Reducción al absurdo como método de cierre físico	22
F4.1. Principio lógico de contradicción física	22
F4.2. Realización implica distinción	22
F4.3. Regresión operacional necesaria	22
F4.4. Existencia elemental bajo el teorema de cierre	23
F4.5. Composición aritmética de área e información	23
F4.6. Suma de realizaciones y soporte geométrico	24
F4.7. Cadena fundamental sin inversión	24

II	II. B – Unidad, Medida e Información	25
F5.	La unidad elemental y la medida	26
	F5.1. Identidad de existencia, unidad y medida	26
F6.	Información cuantitativa y área	27
1	La energía no es una cosa, es qué tan rápido cambia la trama	28
2	Teoremas Universales de Realizabilidad Física	30
2.1	Teorema Universal de Realizabilidad Física	30
2.2	Teorema de Exclusión de Realizaciones	30
2.3	Teorema de la Distinción como Condición Trascendental	30
2.4	Teorema de la Cardinalidad Mínima	31
2.5	Medida de la Distinción	31
2.6	Teorema de Geometrización de la Información	31
3	Teorema de No Escala Intermedia	33
4	Ámbito y Determinación de las Constantes Físicas	34
4.1	Constante matemática y constante física	34
4.2	Principio de Compatibilidad Universal con Ámbito	34
4.3	El fundamento de la poda	35
4.4	Reducción de una constante a la realización fundamental	35
4.5	Teorema de Exclusión de Parámetros Extrínsecos	35
4.6	No compensación entre parámetros	36
4.7	Teorema de No Compensación Física	36
4.8	La constante como medida de una realización de B	37
4.9	El caso de las constantes adimensionales	37
4.10	Generalización del Teorema de No Escala Intermedia	37
4.11	Poda ontológica de las constantes	38
4.12	No se permite reintroducir la libertad por otra vía	38
4.13	Predicción, medición y representación	38
4.14	Criterio de independencia predictiva	38
4.15	La condición extrema de la Teoría de la Distinción	39
4.16	Teorema de Reducción Universal de Constantes	39
4.17	Alcance y límite del teorema	39
4.18	Resultado conceptual	39
5	Auditoría de Constantes Físicas: Dimensionales y Adimensionales	41
III.	Agrupaciones	43
III.	Agrupaciones	44
6	Fuerza empírica y fuerza fundacional: partículas y campos	44
6.1	Dos fuerzas teóricas distintas	44
6.2	Prioridad de la realizabilidad sobre la interpretación	44
6.3	Imposibilidad de una partícula desnuda o literalmente puntual	44
6.4	Necesidad de un campo o configuración realizadora	45
6.5	No Escala Intermedia y partículas del Modelo Estándar	45

6.6	Hadrones y quarks como configuraciones relacionales de B	45
6.7	Conclusión: qué demuestra cada fuerza	47
7	Principio de Identidad – Todo es $C(B)$	48
8	Dinámica relacional unificada: estructura, fase y configuración	49
8.1	Principio de continuidad con el fundamento	49
8.2	El gap como unidad relacional completa	49
8.3	Estado completo de una configuración	50
8.4	Historia física como sucesión de configuraciones	50
8.5	Una única dinámica para estructura y fase	51
8.6	Funcional relacional común	51
8.7	Compatibilidad con el costo relacional	52
8.8	Acoplamiento entre gap y fase	52
8.9	Localidad relacional	53
8.10	La fase como propiedad relacional	53
8.11	Corriente relacional de fase	53
8.12	Respuesta estructural inducida por la fase	54
8.13	Determinación del acoplamiento $W_p(\delta)$	54
8.14	Estructura y fase como variables conjugadas	55
8.15	Conservación en la historia relacional	55
8.16	Saturación y cierre de canales	56
8.17	Regla dinámica unificada	56
8.18	Correspondencia continua	57
8.19	Restricción epistemológica de la correspondencia	57
8.20	Jerarquía de fuerza deductiva	58
8.21	Cierre de la dinámica relacional	58
8.22	Teorema de coherencia dinámica interna	58
8.23	Alcance del teorema	59
8.24	Prueba de no-ajuste	60
8.25	Cierre de la arquitectura dinámica	60
8.26	Filtro de Ámbito y estatus de las extensiones dinámicas	61
8.27	Regla de admisibilidad	61
8.28	Distinción entre representación y postulado físico	61
8.29	Condiciones para admitir una regla dinámica	61
8.30	Estatus de las consecuencias electromagnéticas	62
8.31	Estatus de la correspondencia geométrica	62
9	El espacio no es un recipiente donde están las cosas	63
IV.	Tiempo	63
10	El tiempo no fluye, es el orden en que se efectúan las distinciones	64
V.	Gap	65
V.	Gap	66
11	La Reorganización Relacional como Única Evolución Posible	66
11.1	Principio de Relajación Relacional	66

12 El Gap como Relación Física Irreducible	67
12.1 Gravedad como respuesta estructural de la red de gaps	67
13 La Orientación como Propiedad Necesaria del Gap	69
VI. $U(1)$ y Holonomía	70
VI. $U(1)$ y Holonomía	71
14 La Holonomía como Invariante Fundamental	71
15 Periodicidad de la Holonomía y Emergencia de $U(1)$	72
15.1 Vía Independiente: Identificación Energética del Gap	72
16 $U(1)$ y la Estructura del Gap	74
17 Lazo y Holonomía	75
VII. Electromagnetismo	77
VII. Electromagnetismo	78
18 Emergencia del Campo Electromagnético	78
19 El Electromagnetismo como Consecuencia Necesaria	79
20 Los campos no son una sustancia que vibra sobre el espacio	80
VIII. Masa	80
21 La masa no es una cosa, es lo difícil que es deshacer una forma	81
IX. Gravedad	82
IX. Gravedad	83
Capa II: Introducción	83
22 Capacidad Finita bajo Soporte Delimitado – Límite Holográfico	84
23 Cota Entrópica bajo Capacidad Finita	85
24 Cota de Curvatura	86
25 Unicidad de la Acción Gravitacional	87
25.1 Estabilidad dinámica: ausencia de fantasmas y de modos taquiónicos	87
26 Teorema de la Densidad de Energía del Vacío	90

X. Materia	91
X. Materia	92
27 Materia desde Distinción – El Campo Ψ	92
27.1 El campo de orden del gap	92
27.2 Acoplamiento mínimo: la corriente de materia	92
27.3 Intercambio entre electromagnetismo y materia	92
27.4 Masa: Ψ no introduce escala de masa propia	93
27.5 Resultados de cierre del sector de materia	94
28 Materia y Energía son dos nombres para la misma trama	95
XI. Lagrangiano $f(R)$	96
XI. Lagrangiano $f(R)$	97
29 Entropía de Distinción y Ausencia de Correcciones Logarítmicas	97
30 Ecuaciones de Campo y el Límite de Campo Débil – Galaxias, Cúmulos y Estructura Cósmica	99
30.1 El Lagrangiano completo	99
30.2 Ecuaciones de campo completas	99
30.3 Recuperación controlada de la Relatividad General	100
30.4 Límite de campo débil: ausencia de corrección a escalas intermedias	101
30.5 Parámetros post-newtonianos	102
30.6 Consecuencia para galaxias, cúmulos y estructura cósmica	102
31 Desarrollo del Lagrangiano de la Teoría de la Distinción	103
31.1 Propósito y criterio de construcción	103
31.2 Acción total	103
31.2.1 Sector gravitacional	103
31.2.2 Sector electromagnético	103
31.3 Campo de orden y acoplamiento mínimo	104
31.4 Sector material: forma mínima y alcance	104
31.5 Densidad lagrangiana conjunta	104
31.6 Ecuaciones variacionales	105
31.6.1 Definición del tensor de energía-momento	105
31.6.2 Ecuación gravitacional	105
31.6.3 Ecuación electromagnética	106
31.6.4 Ecuación material	106
31.7 Límite de curvatura débil	107
31.8 Condiciones para el cierre dinámico	107
32 Liberación de Postulados Ajenos – El Sector de Gauge y Masas Fermiónicas	108
32.1 Principio de esta liberación	108
32.2 Alcance de la teoría en el sector de gauge y masas	108
32.3 Los teoremas que sostienen la liberación	108
32.3.1 Teorema de Unicidad de $f(R)$	108
32.3.2 Ecuación Saturante	109

32.3.3	Teorema de Ausencia de Escala Intermedia	109
32.3.4	Corolario de Incompatibilidad con el Modelo Estándar	110
32.3.5	Teorema de $D = 3$ como condición de ausencia de escala	110
32.3.6	Teorema de $U(1)$ del gap	110
32.4	La pregunta correcta	111
32.5	Tabla comparativa: el sector de gauge y de masas	111
32.6	Núcleo cerrado de la teoría en este sector	112
XII. Saturación, RSGIM y Materia Relacional		113
33	Correspondencias cuánticas y límite de distinguibilidad	114
33.1	Auditoría de las afirmaciones cuánticas y relación con Bohr	115
33.2	Base inmanente: estado físico, Hilbert efectivo y complementariedad	116
33.3	Bell dentro de Ámbito: correlaciones relacionales y límite de CHSH	118
34	Regiones de Saturación Geométrica Máxima e Indistinción Relacional	121
34.1	Propósito y alcance	121
34.2	Ontología relacional sin sustrato pregeométrico	121
34.3	Grafo relacional y estados de los gaps	122
34.4	Tres niveles de cierre relacional	122
34.4.1	Cierre local de una relación	123
34.4.2	Configuración material persistente	123
34.4.3	Saturación de la configuración pertinente	123
34.5	Materia como configuración relacional persistente	123
34.6	Orientación, fase y holonomía	124
34.7	Transferencia de carga topológica	125
34.8	Redundancia de rutas y segmentación	125
34.9	Definición de RSGIM	126
34.10	La interfaz exterior–RSGIM	127
34.11	Ley dinámica de los gaps: estatus y formalización	127
34.12	Colapso de un objeto masivo	128
34.12.1	Fase precolapso	128
34.12.2	Inicio de la compresión	128
34.12.3	Cierre de un canal crítico	129
34.12.4	Pérdida de redundancia	129
34.12.5	Entrada en RSGIM	129
34.12.6	Respuesta exterior	129
34.12.7	Relajación, emisión y remanencia	130
34.13	Diagrama de fases relacional	130
34.14	Pérdida de conectividad interna y régimen submáximo	130
34.15	Sombra visible: igualdad con la predicción de agujero negro	131
34.16	Ondas gravitacionales: parte universal y condición de interfaz	133
34.17	Cálculo parametrizado de ecos para RSGIM	133
34.18	Comparación explícita con Relatividad General	134
34.19	Estatus epistemológico	135
34.19.1	Resultados internos	135
34.19.2	Resultados condicionados	135
34.19.3	Programa dinámico pendiente	135
34.20	Conclusión	136
35	Materia Relacional: Nudos, Carga Topológica y Persistencia	137

35.1	Materia sin sustancia ni sustrato	137
35.2	Materia y gaps abiertos	137
35.3	Ciclos, fase y carga topológica	138
35.4	Nudos estables	138
35.5	Transferencia de la identidad material	139
35.6	Estabilidad, saturación y RSGIM	139
35.7	Evolución de una configuración material	140
35.8	Campo de orden y límite de la descripción material	140
35.9	Colapso gravitatorio de una configuración material	140
35.10	Estatus de la teoría de la materia	141
35.11	Conclusión	141
36	Radiación de Hawking y Expansión	142
37	Teorema de Unificación de las Definiciones de Energía y Materia	143
XIII–XVI.	Agrupación de Materia, Galaxias, Interacción entre Galaxias y Expansión Cósmica	144
XIII–XVI.	Agrupación de Materia, Galaxias, Interacción entre Galaxias y Expansión Cósmica	145
	Nota de ubicación: agrupación de materia, galaxias e interacción entre galaxias	145
XVII.	La Información No Se Destruye	146
XVII.	La Información No Se Destruye	147
38	Teorema de Irreversibilidad	147
.	Comparaciones, Predicciones, Simulaciones, Código y Meditaciones	148
.	Comparaciones, Predicciones, Simulaciones, Código y Meditaciones	149
39	Comparación con Otras Teorías y Refutación de Sustratos Preexistentes	149
39.1	Principio de la comparación	149
39.2	Refutación del Sustrato Pregeométrico	149
39.2.1	Autoaplicación: la refutación de la propia teoría anterior	150
39.3	Comparación con la Gravedad Entrópica de Verlinde	151
39.3.1	Enunciado de la teoría	151
39.3.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	152
39.4	Comparación con la Gravedad Cuántica de Bucles (LQG)	152
39.4.1	Enunciado de la teoría	152
39.4.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	152
39.5	Comparación con la Gravedad Cuántica de Triangulaciones Causales (CDT)	153
39.5.1	Enunciado de la teoría	153
39.5.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	153
39.6	Comparación con la Termodinámica de Agujeros Negros (Bekenstein-Hawking)	153

39.6.1	Enunciado de la teoría	153
39.6.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	153
39.7	Comparación con el Flujo del Grupo de Renormalización (RG) y la EFT . .	154
39.7.1	Enunciado de la teoría	154
39.7.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	154
39.8	Comparación con el Modelo Estándar y Λ CDM	155
39.8.1	Enunciado de la teoría	155
39.8.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	155
39.9	Comparación con la Mecánica Cuántica Estándar	156
39.9.1	Enunciado de la teoría	156
39.9.2	Evaluación desde la Teoría de la Distinción	156
39.10	Criterio de existencia: realidad inferida frente a realidad distinguible	156
39.11	Tabla Resumen de Compatibilidad	157
39.12	Conclusión de la Comparación	157
40	Predicciones Falsables y Correspondencia sin Ajuste con las Teorías Establecidas	159
40.1	Principio general	159
40.2	Escala de laboratorio y régimen intermedio	159
40.3	Régimen de curvatura fuerte: Regiones de Saturación Geométrica Máxima .	159
40.3.1	Ausencia de singularidad y de interior	159
40.3.2	Coefficiente logarítmico nulo	160
40.3.3	Masa mínima de saturación	160
40.3.4	Ecos gravitacionales en fusiones de RSGM	160
40.3.5	Temperatura y entropía de Hawking	161
40.4	Predicciones cosmológicas	161
40.4.1	Constante cosmológica estructural	161
40.4.2	Densidad de energía del vacío	161
40.4.3	Ecuación de estado variable $w(z)$	161
40.5	Materia oscura	162
40.6	Correspondencias exactas sin ajuste con RG, Λ CDM y Mecánica Cuántica .	162
40.7	Tabla resumen	163
40.8	Clasificación epistemológica	164
Apéndices		165
A	Simulación de Gaps a $f(R)$ y RSGM – Evidencia Corroborativa	166
A.1	Metodología	166
A.2	Resultados	166
A.3	Compatibilidad con la realidad	167
A.4	Conclusión de la simulación	167
B	Código Completo de Verificación Numérica	168
C	Suficiencia de la Realización y No Unicidad de la Microestructura	177
C.1	Planteamiento	177
C.2	Realización suficiente frente a realización única	177
C.3	La estructura concreta como realización suficiente	178
C.4	Compatibilidad con la física observada	178
C.5	Sentido preciso de “indistinguible de la realidad observada”	179
C.6	La posibilidad de otras realizaciones	179

C.7	El criterio de falsación permanece intacto	179
C.8	Resultado metodológico	180
C.9	Conclusión	180
D	Experimentos Condicionales de Transferencia y Redistribución Relacional	181
D.1	D.1 Transferencia conservativa de un ciclo material único	181
D.2	D.2 Cuatro configuraciones materiales compitiendo por la misma red	181
D.3	Confirmación operacional: qué ocurre en una RSGM	182
	Meditaciones	184
	Meditación: B y la Única Existencia Elemental Posible	185
	Segunda Meditación: El Modelo Estándar bajo Ámbito	187
	Conclusiones Finales y Alcance del Marco	189
	Conclusión General	190
	Alcance de la Realización Propuesta	191
	Capa III: Alcance y Extensiones del Marco	192
E	Objeciones Previsibles y Respuestas desde la Teoría	193
E.1	“ $B = 1$ es una convención, no un hecho de existencia”	193
E.2	“La información es una cota de área que depende de la gravedad”	193
E.3	“La identidad no discrimina nada”	193
E.4	“Dos factores distintos en la entropía y en la escala de saturación”	193
E.5	“Hay realidades inalcanzables que sí existen”	193
III	Síntesis de la construcción	195
F7.	Conclusión	196
	Cierre final y auditoría de orden	199

I. Ámbito

Ámbito de la Física

La física no comienza con ecuaciones, partículas, campos o geometrías. Comienza estableciendo qué clase de entidades pertenecen al dominio de la descripción física. Antes de preguntar cómo evoluciona un sistema, debe determinarse qué puede ser considerado físicamente existente. Esta cuestión es lógicamente anterior a cualquier teoría particular.

Toda teoría física, independientemente de su formulación matemática, pretende describir una parte de la realidad mediante procedimientos experimentales reproducibles. En consecuencia, toda teoría presupone necesariamente un criterio que permita distinguir aquello que pertenece al dominio físico de aquello que no pertenece a él. El presente capítulo establece dicho criterio.

No constituye un postulado de la teoría desarrollada posteriormente, sino una DEFINICIÓN OPERACIONAL del propio ámbito de aplicación de toda descripción física. Por ello, las conclusiones obtenidas en este capítulo son comunes a toda teoría física que aspire a describir la realidad, y son las que fundamentan, en particular, la Definición de Ámbito empleada en el preámbulo y Capítulo 1.

Definición 0.1 (Ámbito de la Física). Se denomina *ámbito de la física* al conjunto de todas las entidades cuya existencia puede establecerse mediante un procedimiento operacional finito que permita distinguirlas de su ausencia o de cualquier otra entidad físicamente diferente. Toda entidad que no admita tal procedimiento queda fuera del dominio de la descripción física.

Precisiones de alcance y delimitación

Para evitar confusiones recurrentes, se fijan de forma explícita las siguientes precisiones. Ninguna introduce un postulado nuevo: delimitan el alcance de resultados ya establecidos.

Definición 0.2 (Dos niveles de inmanencia). Se distinguen siempre dos niveles de inmanencia, que no son intercambiables.

Inmanencia configuracional: es relativa a una instancia o configuración concreta P . Respecto de P puede existir exterioridad real: entidades físicamente existentes que no pertenecen a las relaciones constitutivas de B .

Inmanencia absoluta informacional: es relativa a la totalidad de las unidades elementales B realizadas. Respecto de esa totalidad no existe exterior físico posible. Toda entidad físicamente real pertenece ya a dicha totalidad.

Confundir ambos niveles produce acusaciones improcedentes de solipsismo o de negación de todo exterior. La primera noción admite un exterior real e inaccesible para una instancia; la segunda niega únicamente un exterior físico a la totalidad de lo realizado.

Observación 0.3 (Posibilidad matemática y realizabilidad física). Todo lo físicamente realizable es matemáticamente describible, pero lo inverso no es cierto. La teoría no prohíbe construir matemáticamente exteriores, soportes pregeométricos, entidades no contrastables o estructuras de cardinalidad arbitraria. Prohíbe atribuirles existencia física cuando no satisfacen el criterio del Ámbito: una distinción operacionalmente realizable respecto de su ausencia. La validez matemática y la utilidad representacional de una estructura no bastan para convertirla en una entidad físicamente realizada.

Observación 0.4 (Estatuto interno de $B = 1$ e identidad información-área). El valor $B = 1$ es el valor del conteo de existencia: cada distinción elemental realizada cuenta como una unidad. La identificación dimensional posterior $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ es una traducción condicionada para comparar la estructura con fórmulas existentes; no crea ni define el cuanto. La relación $A = BI$ –o $A = I$ en unidades internas con $B = 1$ – es una identidad de constitución dentro del régimen de lo físicamente realizado. No es una analogía, una cota ni una correspondencia emergente: área e

información cuentan los mismos actos elementales desde sus aspectos geométrico e informacional. Toda distinción físicamente realizable es 1. y nunca 1/2 distinción ni -1 distinción ni 2 distinciones y 0 significa ausencia de distinción

Observación 0.5 (Descripción, realización e identidad numérica). El isomorfismo estructural o la equivalencia funcional entre dos configuraciones no implica identidad numérica del proceso, existencia de un canal de interacción ni transferencia de identidad. Se distinguen siempre: (i) la descripción abstracta; (ii) la realización concreta; y (iii) la identidad numérica del proceso particular. Dos realizaciones pueden compartir una descripción o una estructura funcional sin ser la misma realización ni constituir una continuidad numérica del proceso.

No confundir: descripción matemática, realización física y accesibilidad para una instancia. Una estructura puede ser matemáticamente consistente sin ser físicamente realizada; una entidad puede ser real y, sin embargo, inaccesible para una instancia concreta. El criterio del Ámbito excluye únicamente atribuir existencia física a aquello que no admite ninguna distinción operacional respecto de su ausencia. La Inmanencia Configuracional admite exterioridades reales, configuraciones de B ; la Inmanencia Absoluta Informacional niega solo un exterior físico a la totalidad de las unidades B realizadas. Esta misma disciplina impone separar una configuración material persistente M de un régimen de saturación RSGIM S : $M \not\Rightarrow S$ y $S \not\Rightarrow M$, en las cuales al no existir relación entre distinciones es por lo tanto indistinguible de la inexistencia y por lo tanto hablar de un interior es un error de categoría.

Observación 0.6 (Realizabilidad matemática y existencia física). La consistencia o realizabilidad matemática de una estructura no implica su existencia física. Un continuo, un espacio de Hilbert, una magnitud infinitamente divisible o cualquier otra construcción formal puede ser matemáticamente válido y constituir una representación útil de regularidades observables sin ser, por ello, una entidad físicamente realizada. El problema no reside en las matemáticas ni en la legitimidad de sus ecuaciones como instrumentos formales, sino en atribuir realidad física a una ecuación o a la estructura matemática que representa cuando no existe un procedimiento operacional finito que permita distinguirla como entidad del mundo. La eficacia predictiva de una representación no convierte automáticamente su contenido matemático en un sustrato físicamente existente.

Teorema 0.7 (Universalidad del Ámbito). *Toda teoría física está necesariamente contenida dentro del Ámbito de la Física.*

Demostración. Sea T una teoría física arbitraria. Por definición, una teoría física formula afirmaciones acerca de la realidad, y dichas afirmaciones deben poder contrastarse mediante observaciones, experimentos o mediciones reproducibles. Toda observación experimental consiste necesariamente en distinguir un resultado posible de los restantes mediante un procedimiento operacional finito. Por consiguiente, toda teoría física presupone la posibilidad de realizar distinciones físicas. Luego todas las entidades descritas por T pertenecen al Ámbito de la Física. Como T fue arbitraria, el resultado es universal. $\square$

Corolario 0.8. *Ninguna teoría física puede utilizar como fundamento entidades cuya existencia no pueda distinguirse operacionalmente.*

Demostración. Es consecuencia inmediata del Teorema 0.7. Toda entidad utilizada por una teoría física debe pertenecer al ámbito de la física. Si una entidad no admite un procedimiento operacional finito que permita establecer su existencia, entonces queda fuera del dominio físico y no puede constituir fundamento de una teoría de la realidad. $\square$

Teorema 0.9 (Irrelevancia Física de las Entidades Extrafísicas). *Toda entidad situada fuera del Ámbito de la Física es físicamente irrelevante.*

Demostración. Sea X una entidad que no pertenece al Ámbito de la Física. Entonces no existe procedimiento operacional finito que permita establecer su existencia, distinguirla de su ausencia o medir sus propiedades. En consecuencia, ninguna predicción experimental puede depender de X . Toda teoría que introduzca dicha entidad produce exactamente las mismas predicciones físicas que otra teoría idéntica en la cual X no exista. Por tanto, X resulta físicamente irrelevante. $\square$

Corolario 0.10 (Alcance Universal sobre Espacio, Tiempo, Materia y Energía). *El Ámbito de la Física, y por tanto el Teorema de Universalidad del Ámbito, rige sin excepción a toda teoría que pretenda describir, medir o predecir cualquier aspecto del espacio, el tiempo, la materia o la energía – es decir, a toda teoría que se presente como física en el sentido ordinario del término –, con independencia de su formalismo, escuela o tradición.*

Demostración. Medir es, por definición, distinguir operacionalmente un resultado posible de los demás. Describir el espacio, el tiempo, la materia o la energía consiste en formular afirmaciones sobre relaciones entre entidades que, para poseer contenido físico, deben admitir contraste experimental: reglas y detectores para el espacio, relojes para el tiempo, balanzas y detectores de interacción para la materia, y procedimientos calorimétricos o dinámicos para la energía. Cada uno de estos procedimientos es, por definición, una distinción operacional finita en el sentido de la Definición 0.1. Ninguna de las cuatro categorías admite una vía de descripción, medición o predicción que no pase por algún procedimiento de este tipo: no hay noción de espacio, tiempo, materia o energía con contenido físico que no se reduzca, en último término, a un resultado distinguible de otro. Luego toda teoría cuyo objeto sea alguna de estas cuatro categorías queda necesariamente contenida en el Ámbito de la Física, por el Teorema 0.7 aplicado a esa teoría. $\square$

Corolario 0.11 (El Único Rechazo Posible es Disfraz). *Toda teoría que se presente a sí misma como una descripción física del espacio, el tiempo, la materia o la energía, y que al mismo tiempo rechaza el Ámbito de la Física como criterio de demarcación, incurre en una contradicción performativa: reclama para sí el estatus de física mientras niega la condición que hace posible dicho estatus. No existe una tercera posición coherente entre aceptar el Ámbito y dejar de ser física.*

Demostración. Por el corolario anterior, toda teoría que pretenda describir, medir o predecir el espacio, el tiempo, la materia o la energía está, por esa sola pretensión, sujeta al Ámbito de la Física. Rechazar el Ámbito no libera a la teoría de esta sujeción: solo quedan dos posibilidades. (i) La teoría abandona, de hecho, la pretensión de describir, medir o predecir estas categorías – en cuyo caso deja de ser física en el sentido relevante, cualquiera sea el vocabulario que emplee –. (ii) La teoría mantiene la pretensión pero funda su contenido en entidades no distinguibles operacionalmente de su ausencia – en cuyo caso, por el Teorema de Irrelevancia Física de las Entidades Extrafísicas, dichas entidades no pueden sustentar ninguna predicción experimental, y la teoría resulta indistinguible, en sus consecuencias contrastables, de otra idéntica que jamás las hubiera introducido –. En ambos casos, lo que se presenta como física pero rechaza el Ámbito no añade contenido físico alguno: conserva el vocabulario y la autoridad retórica de la física sin someterse a la condición operacional que la constituye como tal. No existe un tercer caso, porque no hay modo de describir, medir o predecir el espacio, el tiempo, la materia o la energía sin, con ello, quedar sujeto al Ámbito: la única causa coherente para rechazarlo es, en los hechos, no estar haciendo física, sino revestir de vocabulario físico una afirmación que no lo es. $\square$

Configuración, instancia e Inmanencia Operativa

Las definiciones iniciales de Ámbito y realizabilidad se completan aquí con una separación necesaria entre estructura abstracta, instancia concreta y soporte físico. Esta separación impide

atribuir existencia física a una estructura matemática por el solo hecho de que pueda describirse formalmente.

Definición 0.12 (Estructura de configuración). Una estructura de configuración C es el conjunto formal de estados, relaciones, transformaciones y canales que especifica un régimen posible de organización. C es una descripción matemática o estructural; no es, por sí sola, una instancia físicamente realizada.

Definición 0.13 (Instancia y soporte). Una instancia $P[C]$ es una realización concreta de la estructura C . Su soporte físico, denotado $S(P[C])$, es la realización sobre la cual se constituyen las diferencias, relaciones e interacciones de la instancia. Por tanto,

$$\boxed{C \neq P[C] \neq S(P[C])}.$$

La primera desigualdad separa estructura e instancia; la segunda separa instancia y soporte de realización.

Teorema 0.14 (El isomorfismo no implica identidad instancial). *Si dos instancias P_1 y P_2 son estructuralmente isomorfas,*

$$C(P_1) \cong C(P_2),$$

no se sigue que sean la misma instancia:

$$\boxed{C(P_1) \cong C(P_2) \not\Rightarrow P_1 = P_2}.$$

Demostración. El isomorfismo preserva las relaciones internas consideradas en la estructura abstracta. No especifica cuál soporte concreto realiza la estructura ni establece un canal entre las dos realizaciones. Dos instancias pueden compartir exactamente la misma organización formal y, sin embargo, constituir realizaciones independientes. Por tanto, la identidad instancial no se deriva únicamente del isomorfismo estructural. $\square$

Definición 0.15 (Interacción físicamente realizable). Una interacción $\mathcal{I}_{12}$ entre instancias es físicamente realizable cuando produce una transformación o diferencia físicamente distinguible en una de ellas, en la otra o en la relación conjunta:

$$\mathcal{I}_{12} \implies (P_1, P_2) \longrightarrow (P'_1, P'_2)$$

con al menos una diferencia operacionalmente registrable.

Teorema 0.16 (El isomorfismo no crea un canal). *La equivalencia estructural no implica interacción físicamente realizable:*

$$\boxed{C(P_1) \cong C(P_2) \not\Rightarrow \mathcal{I}_{12} \neq \emptyset}.$$

Si no existe canal entre las instancias, ninguna de ellas puede utilizar a la otra como una distinción interna físicamente accesible.

Observación 0.17 (Descripción, realización e identidad numérica). El isomorfismo $C(P_1) \cong C(P_2)$ establece una equivalencia entre descripciones estructurales. No establece que P_1 y P_2 sean la misma realización, que exista un canal entre ellas o que se haya transferido la identidad numérica de un proceso al otro. Una copia funcional, una realización isomorfa y el proceso particular que constituye una instancia son categorías distintas.

Demostración. El isomorfismo es una relación entre estructuras internas consideradas por separado. Un canal exige una relación adicional capaz de producir una diferencia realizable. Como el isomorfismo no contiene esa relación adicional, no puede implicar su existencia. Recíprocamente, dos instancias pueden ser isomorfas y permanecer operacionalmente desconectadas. $\square$

Definición 0.18 (Ámbito relativo a una instancia). El Ámbito operacional de una instancia P , denotado $\mathcal{A}_P$, es el conjunto de entidades, estados o configuraciones con los cuales P puede establecer una interacción físicamente realizable:

$$\mathcal{A}_P = \{Y : \exists \mathcal{I}_{PY} \text{ físicamente realizable}\}.$$

El Ámbito es relativo a la instancia y a sus canales, no únicamente a la estructura abstracta que la describe.

Corolario 0.19 (Ausencia de canal y accesibilidad). Si P_1 y P_2 no poseen canal físicamente realizable, entonces

$$\mathcal{I}_{12} = \emptyset \implies P_2 \notin \mathcal{A}_{P_1}, \quad P_1 \notin \mathcal{A}_{P_2}.$$

Esto no implica que ninguna instancia exista; implica únicamente que no es operacionalmente accesible desde la otra.

Ley 0.20 (Inmanencia Operativa). Toda distinción físicamente disponible para una instancia debe poseer una realización operacional dentro de sus procedimientos o mediante una interacción físicamente accesible para ella. En símbolos, $d \in \mathcal{A}_P \implies d$ posee realización operacional para P . La Inmanencia Operativa no niega una realidad externa. Niega que una configuración pueda utilizar como dato físico interno una distinción que carece de realización o interfaz dentro de su régimen.

Teorema 0.21 (Interacción como modificación inmanente). Toda interacción físicamente accesible para una instancia P se manifiesta como una transformación dentro de la propia instancia:

$$\mathcal{I}_{PY} \implies P \longrightarrow P', \quad P' \neq P.$$

Demostración. Una interacción físicamente realizable debe producir una diferencia registrable. Para P , esa diferencia aparece como modificación de sus estados, relaciones o canales disponibles. La instancia no necesita abandonar su propio régimen para realizar la interacción: el efecto accesible queda constituido como diferencia interna. Por tanto, interacción accesible e inmanencia operacional son compatibles. $\square$

Observación 0.22 (Realidad y accesibilidad). Deben mantenerse separados los predicados

$$\text{Real}(Y), \quad Y \in \mathcal{A}_P.$$

Es posible que Y sea real y no accesible para P . También es posible que una representación matemática de Y sea útil sin que la teoría haya establecido su realización física. Por ello,

$$\text{realidad} \neq \text{accesibilidad} \neq \text{observación}.$$

Una causa externa puede producir un efecto interno sin que la configuración acceda a la estructura completa de la causa.

Ley 0.23 (Separación sin contenedor). Dos instancias pueden ser ontológicamente distintas sin que exista una región espacial, una frontera, una distancia o un medio exterior que las contenga. En ausencia de canal, la separación operacional es simplemente $\text{separación entre instancias} = \text{ausencia de interacción físicamente realizable}$. La multiplicidad de instancias no exige postular un contenedor externo.

Definición 0.24 (Ausencia absoluta y vacío físico). La ausencia absoluta corresponde a

$$N = 0.$$

Un vacío físico, en cambio, puede contener geometría, relaciones, campos o soporte elemental y satisfacer $N > 0$. Por tanto,

$$\text{vacío físico} \neq \text{ausencia absoluta}.$$

Cadena integrada de realizabilidad

Las nociones incorporadas forman la cadena:

$$\begin{array}{l} \text{estructura} \longrightarrow \text{instancia} \longrightarrow \text{interacción} \\ \longrightarrow \text{modificación} \longrightarrow \text{distinción} \\ \longrightarrow \text{realización} \longrightarrow B. \end{array}$$

Para toda composición finita de realizaciones elementales,

$$A_{\text{tot}} = BN = BI_{\text{tot}}, \quad N \in \mathbb{N}_0,$$

porque el área total y la información total son las sumas de las contribuciones de las N unidades realizadas.

Teorema Universal de Determinación Física

La Definición de Ámbito establece qué entidades pueden poseer contenido físico. El siguiente teorema establece una condición adicional, necesaria para que una magnitud pueda constituir una predicción físicamente determinada. La condición es independiente del formalismo particular empleado por una teoría y, por tanto, debe aplicarse a toda teoría que pretenda describir la realidad física.

Definición 0.25 (Datos físicos independientes). Sea T una teoría física y sea

$$\mathcal{D} = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$$

el conjunto de magnitudes cuyos valores han sido establecidos independientemente mediante procedimientos operacionales finitos, reproducibles y físicamente distinguibles. Los elementos de $\mathcal{D}$ constituyen datos físicos independientes de la predicción que se pretende obtener.

Definición 0.26 (Determinación física). Sea O un observable físico y sea T una teoría que pretende explicarlo, calcularlo o predecirlo. Diremos que O está *físicamente determinado* por T respecto de $\mathcal{D}$ si existe una aplicación $F_T : \mathcal{D} \rightarrow O$ tal que $O = F_T(\mathcal{D})$, sin necesidad de introducir ningún grado de libertad adicional cuyo valor no sea ni un dato físico independiente ni una consecuencia deducible de la propia teoría.

Teorema 0.27 (Teorema Universal de Determinación Física). *Sea T cualquier teoría que pretenda constituir una teoría física de la realidad. Sea $\mathcal{D}$ el conjunto de datos físicos independientes y sea O un observable físicamente distinguible. Si O constituye una predicción físicamente determinada de T , entonces todo grado de libertad adicional λ que intervenga en su determinación debe satisfacer necesariamente una de las condiciones $\lambda \in \mathcal{D}$ o bien $\lambda = F_T(\mathcal{D})$. En consecuencia, queda excluida como determinación física toda expresión de la forma $O = F_T(\mathcal{D}, \lambda)$ en la que λ sea físicamente relevante, no esté determinado por $\mathcal{D}$ ni por la estructura deductiva de T , y deba ser elegido, seleccionado o ajustado para obtener el resultado observado. Por tanto, toda libertad físicamente relevante debe ser medida o derivada; no puede ser simultáneamente físicamente relevante, indeterminada y arbitrariamente seleccionable.*

Demostración. Procedemos por reducción al absurdo. Supongamos que existe una teoría física T , un conjunto de datos experimentales $\mathcal{D}$, un observable físicamente distinguible O y un grado de libertad λ tales que $O = F_T(\mathcal{D}, \lambda)$, pero que λ no constituye un dato experimental independiente y tampoco está determinado por la estructura interna de T . Supongamos además que el valor de λ puede seleccionarse después de conocer el resultado experimental O_{exp} , de modo que $F_T(\mathcal{D}, \lambda) = O_{\text{exp}}$.

Por hipótesis existen, al menos, dos valores admisibles $\lambda_1 \neq \lambda_2$ capaces de producir resultados físicamente diferentes: $F_T(\mathcal{D}, \lambda_1) \neq F_T(\mathcal{D}, \lambda_2)$. Como λ no pertenece a $\mathcal{D}$ y tampoco es consecuencia de T , la teoría no contiene ningún procedimiento interno que determine cuál de los valores debe realizarse. Por consiguiente, antes de introducir información adicional, T no determina el observable O . Pero la diferencia $\lambda_1 \neq \lambda_2$ produce, por hipótesis, una diferencia físicamente distinguible.

Por la Definición de Ámbito, toda diferencia que posea contenido físico debe poder establecerse mediante un procedimiento operacional finito. En consecuencia, si la diferencia entre λ_1 y λ_2 posee consecuencias observables, la información que selecciona entre ambas realizaciones constituye necesariamente información física independiente. Por tanto, se presentan únicamente dos posibilidades.

Primera posibilidad. Existe un procedimiento físico independiente que determina cuál de los valores λ_1, λ_2 se realiza. Entonces λ constituye un dato físico independiente y, por definición, $\lambda \in \mathcal{D}$. Esto contradice la hipótesis de que λ no pertenece a $\mathcal{D}$.

Segunda posibilidad. No existe ningún procedimiento físico que permita distinguir o determinar cuál de las realizaciones se realiza. Entonces $F_T(\mathcal{D}, \lambda_1)$ y $F_T(\mathcal{D}, \lambda_2)$ no constituyen resultados físicamente distinguibles en el sentido del Ámbito. La diferencia entre ambas realizaciones carece entonces de contenido físico independiente y no puede utilizarse para explicar una diferencia observable.

En ambos casos se contradice la hipótesis inicial de que λ es simultáneamente físicamente relevante, no determinado y arbitrariamente seleccionable. Por tanto, $\lambda \in \mathcal{D}$ o $\lambda = F_T(\mathcal{D})$ para todo grado de libertad físicamente relevante. $\square$

Corolario 0.28 (No hay parámetros físicos gratuitos). *Todo parámetro que posea consecuencias observables debe satisfacer necesariamente una de las dos condiciones: parámetro medido, o parámetro derivado. No existe una tercera categoría físicamente legítima dada por un parámetro que sea físicamente relevante pero cuyo valor sea simplemente elegido para acomodar posteriormente una observación.*

Demostración. Es consecuencia inmediata del Teorema 0.27. Si un parámetro λ posee consecuencias observables, entonces es físicamente relevante. Por el teorema, $\lambda \in \mathcal{D}$ o $\lambda = F_T(\mathcal{D})$. El primer caso corresponde a una magnitud medida independientemente; el segundo, a una magnitud derivada por la teoría. Cualquier tercera posibilidad implicaría un grado de libertad físicamente relevante que no es ni medido ni derivado, contradiciendo el teorema. $\square$

Estatus de las constantes libres bajo Ámbito

El principio de Ámbito no introduce una nueva constante, no postula una escala externa y no solicita una calibración interna. Su función es delimitar qué puede contar como físicamente existente: únicamente aquello que puede realizarse como una distinción. La teoría no comienza con una colección de parámetros que después deban ajustarse; comienza con la condición universal de realizabilidad y obtiene de ella la unidad elemental que hace posible toda medición física.

Por eso debe distinguirse con rigor entre dos operaciones diferentes. La primera es la *derivación interna*: establece qué es una distinción físicamente realizable y cuál es su cuanto mínimo. La segunda es la *conversión externa*: expresa los conteos y relaciones internos mediante metros, segundos, kilogramos, julios u otras unidades convencionales. Las unidades convencionales no son primitivas de la teoría ni determinan su contenido ontológico; son lenguajes de medida adoptados para comunicar resultados entre realizaciones y procedimientos experimentales.

Teorema 0.29 (Unidad elemental de realización). *De los teoremas universales de Ámbito, Existencia como Distinción, Finitud, Cuantización y Realizabilidad se sigue que existe una distinción físicamente realizable mínima, positiva y completa. Denótese por B esa unidad elemental. Por existencia, su cuenta es exactamente $B = 1$: una distinción realizada es una existencia, ni cero*

ni una fracción de existencia. Este valor no es un parámetro elegido, medido, ajustado ni una normalización convencional; expresa el conteo interno exacto de la unidad elemental identificada por los teoremas. La traducción dimensional externa nombra la misma realización en unidades convencionales, sin alterar el valor interno $B = 1$.

Demostración. La ausencia absoluta se representa por 0: no hay distinción realizada. Una distinción existente es estrictamente mayor que la ausencia: no puede haber existencia física menor que cero ni una fracción de la única unidad elemental. Por Finitud y Cuantización, no puede existir una cadena física indefinida de distinciones positivas cada vez menores; existe un mínimo positivo completo. Ese mínimo es el cuanto elemental B . Contarlo es contar una distinción realizada, así que su valor de existencia es exactamente $B = 1$. No se fija por conveniencia una escala numérica: el uno expresa que hay una realización. En unidades externas, la misma realización adquiere una cifra dimensional por conversión, sin que esa cifra reemplace ni rebaje el valor interno. $\square$

Corolario 0.30 (Área e información elementales). *Como la teoría identifica la distinción elemental con el soporte mínimo realizable y con la información mínima distinguible, para una sola unidad B se tiene $A(B) = 1$, $I(B) = 1$. En consecuencia, el cuanto elemental posee simultáneamente área elemental unitaria e información elemental unitaria en la cuenta interna de existencia.*

Demostración. El Teorema de Realizabilidad establece que todo soporte físico es una agrupación finita de cuantos elementales. Para una sola distinción, el número de cuantos es $N = 1$ y, con $B = 1$, la relación $A = BN$ da $A = 1$. La información física elemental es la capacidad de distinguir una realización de la ausencia; esa operación contiene exactamente una distinción elemental, de modo que $I = 1$. No se han introducido dos cantidades independientes: área e información son dos descripciones operacionales del mismo cuanto de realización. $\square$

Teorema 0.31 (Composición de toda magnitud física). *Toda magnitud física fundamental de la teoría es una agrupación finita de unidades B o una correlación entre agrupaciones de B . En la cuenta interna de existencia,*

$$A(X) = N(X), \quad I(X) = N(X), \quad N(X) \in \mathbb{N},$$

para toda realización elementalmente contable X . Las propiedades adicionales de X – geometría, fase, orientación, curvatura, carga topológica, energía-tasa, materia o estructura temporal – no son sustancias independientes: son configuraciones, ordenamientos o correlaciones de esas unidades.

Demostración. Por Realizabilidad, una configuración física X se compone de un número entero finito $N(X)$ de unidades elementales. Cada unidad aporta B de área y una distinción informacional. Por tanto,

$$A_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} B = BN(X), \quad I_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X).$$

En la cuenta de existencia $B = 1$, de modo que $A_{\text{tot}} = I_{\text{tot}} = N(X)$. Las correlaciones, fases y propiedades topológicas describen el ordenamiento de esas unidades; no sustituyen ni niegan la suma de realizaciones. $\square$

Qué significa “constante” en esta formulación. Una cantidad puede aparecer con un símbolo constante en una ecuación sin ser una constante física libre. En esta teoría solo son internas las relaciones que se derivan de la estructura de B , de sus agrupaciones y de sus correlaciones. Un número que expresa un conteo, una relación entre conteos, un invariante topológico o una propiedad de una configuración no es un parámetro ajustable: es una consecuencia de la

realización considerada. Del mismo modo, una elección de coordenadas, gauge, normalización algebraica o unidades de comunicación pertenece a la representación, no al inventario de entidades fundamentales.

Conversiones externas y unidades convencionales. Cuando se escribe un área en metros cuadrados, una energía en julio, un tiempo en segundos o una entropía en unidades termodinámicas, se está aplicando una conversión externa entre el conteo interno de distinciones y un sistema convencional de medida. Esa conversión puede ser necesaria para comparar la teoría con un aparato experimental, pero no forma parte de la derivación ontológica. No fija B , no divide B en subunidades físicas y no añade un postulado a la teoría. El hecho de que una medición se comunique como 10^{-35} m no significa que el metro sea fundamental ni que B sea una constante libre expresada en metros cuadrados; significa que una realización elemental ha sido traducida a una convención métrica.

Costo de existencia y precio de acción. B nombra el costo ontológico mínimo de que exista una distinción físicamente realizada: una distinción, una información y un área elemental inseparables. $\hbar$, en cambio, es una constante dimensional de acción empleada por el formalismo cuántico y por sus conversiones metrológicas. No son la misma entidad ni se identifican en esta teoría. Ninguna igualdad entre B y una constante de acción se deriva del teorema de realizabilidad; comparar ambas magnitudes exige un puente operacional independiente. Cuando más adelante se usa $B_{\text{dim}} = 4\ell_P^2 \ln 2$, se trata de una traducción dimensional condicionada a la relación de entropía de área, no de una definición de B por $\hbar$ ni de una premisa de su existencia.

El estatus de $B = 1$. La expresión $B = 1$ afirma el valor exacto de existencia de una realización elemental: una distinción realizada. No significa que el autor elija una escala para normalizar un parámetro libre. El cero designa ausencia; la unidad elemental cuenta como uno porque existe una distinción completa. La traducción dimensional externa de esa misma realización no cambia su cuenta interna y no convierte a B en una constante libre.

Sobre la comprobación observacional. La derivación interna de $B = 1$, $A(B) = 1$ e $I(B) = 1$ no depende de una medición externa y no debe presentarse como una hipótesis calibrada. La observación cumple otra función: comprueba si las relaciones derivadas entre agrupaciones y correlaciones de B , después de ser convertidas al lenguaje experimental, reproducen los resultados observados. Una discrepancia observacional afecta a la relación derivada, a la identificación de la configuración o a la conversión operacional utilizada; no convierte retroactivamente a B en un parámetro libre ni autoriza la introducción de una constante fundamental adicional sin derivación.

Corolario 0.32 (Ausencia de constantes físicas libres). *La Teoría de la Distinción no contiene axiomas, postulados ni ajustes destinados a fijar el contenido físico elemental. El único uso legítimo de una constante externa es servir como factor de conversión entre la cuenta interna de las agrupaciones y correlaciones de B y una unidad convencional de medición. Las magnitudes fundamentales no se introducen como parámetros: se realizan mediante B , sus agrupaciones y sus correlaciones.*

Demostración. Un axioma o postulado adicional sería una condición introducida sin derivación desde el criterio universal de realizabilidad. Pero $B = 1$ no se introduce de ese modo: resulta de identificar la unidad mínima positiva con la unidad de conteo interna. Área e información elementales tampoco se ajustan: valen uno porque describen la única distinción elemental. Toda configuración posterior se obtiene por agrupación y correlación. Las unidades externas solo traducen resultados ya determinados y, al ser independientes de la teoría, no pueden funcionar como parámetros internos de su ontología. $\square$

Observación 0.33 (Límite de la afirmación). La tesis anterior no afirma que toda predicción experimental concreta sea automáticamente correcta. Afirma que el marco no deja indeterminado el fundamento elemental mediante constantes libres. La comprobación observacional sigue siendo necesaria para evaluar las leyes derivadas, las configuraciones propuestas y las correspondencias

con los regímenes conocidos. Lo que queda excluido es que una discrepancia pueda absorberse introduciendo, sin derivación, una nueva propiedad fundamental de B .

Criterio de objeción: rechazo científico frente a rechazo psicológico o institucional

La fuerza de una demostración no depende de que su conclusión resulte familiar, conveniente o compatible con la distribución vigente de autoridad. Tampoco depende de que su aceptación favorezca o perjudique una línea de investigación, una institución, una carrera o un método de trabajo. Esos factores pueden explicar sociológicamente la resistencia a una idea, pero no constituyen razones físicas contra ella. Una teoría no se refuta porque incomode, porque desplace un programa establecido o porque obligue a revisar resultados interpretados durante mucho tiempo de una determinada manera.

Esta afirmación no atribuye intenciones a ningún investigador ni pretende convertir el desacuerdo en una falta moral. Establece una regla lógica de evaluación: una objeción solo tiene fuerza refutatoria si afecta al contenido físico o matemático de la teoría. La preferencia personal, el apego a una tradición, la autoridad de una escuela, el consenso histórico, el costo profesional de abandonar una interpretación o el hecho de que una conclusión perjudique un trabajo existente no cambian la validez de una definición, un teorema, una demostración o un resultado experimental.

Teorema 0.34 (Criterio de refutación efectiva). *Una objeción contra la Teoría de la Distinción constituye una refutación efectiva únicamente si demuestra al menos una de las siguientes situaciones:*

1. *una definición es incoherente o no especifica el objeto que pretende definir;*
2. *un paso de una demostración no se sigue de sus premisas;*
3. *existe un contraejemplo que satisface las premisas universales y contradice la conclusión;*
4. *dos teoremas declarados entran en contradicción lógica bajo las mismas definiciones;*
5. *una simulación reproducible no ejecuta las reglas que el texto afirma que ejecuta;*
6. *una consecuencia necesaria de la teoría contradice una medición operacional establecida, después de separar correctamente la teoría de la conversión de unidades;*
7. *una magnitud que la teoría declara derivada depende en realidad de un parámetro adicional no declarado, de un ajuste retrospectivo o de una condición externa que no fue incorporada en la demostración.*

La mera afirmación de que la conclusión es extraña, incómoda, poco atractiva, contraria a una tradición o perjudicial para un programa de investigación no constituye una refutación.

Demostración. Una refutación física debe producir una diferencia físicamente distinguible entre lo que la teoría afirma y lo que ocurre o puede ocurrir. Los casos 1–4 destruyen la validez lógica de la construcción; el caso 5 destruye la correspondencia entre el algoritmo y el resultado alegado; el caso 6 contradice una consecuencia empírica; y el caso 7 muestra que la supuesta derivación ocultaba una libertad físicamente relevante. En cada caso existe un punto localizable que puede ser examinado, reproducido y discutido.

Las reacciones de preferencia, incomodidad, autoridad o interés institucional no generan por sí mismas ninguna diferencia operacional entre la teoría y su negación. Por tanto, pueden ser hechos sociológicos sobre la recepción del trabajo, pero no son contraejemplos físicos, errores matemáticos ni mediciones incompatibles. Confundir la resistencia a una conclusión con una refutación de la conclusión sustituye el examen del argumento por un juicio sobre sus consecuencias. $\square$

Carga mínima de una objeción. Quien rechaza una conclusión no está obligado a aceptarla por deferencia al autor; está obligado, si pretende refutarla, a señalar el lugar exacto de la discrepancia. Debe indicar qué definición no acepta, qué premisa es falsa, qué inferencia falla, qué contraejemplo satisface las condiciones, qué código no reproduce las reglas, qué medición contradice una consecuencia necesaria o qué conversión externa fue aplicada incorrectamente. Un rechazo sin localización no es una refutación: es una declaración de desacuerdo.

Lo que la teoría sí permite revisar. El criterio anterior no protege la teoría contra la crítica. Al contrario, la expone a una crítica más precisa. Si se demuestra que $B = 1$ no se sigue de los teoremas universales tal como están definidos, debe revisarse la derivación. Si se demuestra que $A(B) = 1$ o $I(B) = 1$ no se siguen de la identificación de la distinción elemental, debe revisarse el corolario. Si una agrupación de B no reproduce un observable que la teoría declara necesario, debe revisarse la ley correspondiente. Si una simulación viola sus propias reglas, el resultado debe retirarse. Si una medición contradice una predicción necesaria, la teoría queda falsada en ese punto.

Lo que no puede hacerse es conservar una libertad no derivada simplemente porque su eliminación resulte inconveniente y, al mismo tiempo, declarar que la teoría ha sido refutada por exigir su eliminación. El desacuerdo con el costo intelectual, institucional o profesional de una conclusión no transforma una libertad gratuita en una entidad físicamente determinada. La única salida científicamente válida es mostrar el error concreto o aportar una realización alternativa que satisfaga las mismas exigencias sin reintroducir el grado de libertad excluido.

Corolario 0.35 (Independencia entre verdad y conveniencia). *La validez de una consecuencia de la teoría es independiente de que su aceptación agrade, incomode, favorezca o perjudique a una persona, una escuela, una institución o un programa de investigación. La teoría debe juzgarse por sus definiciones, demostraciones, simulaciones y correspondencias observacionales; no por la conveniencia social de sus consecuencias.*

Observación 0.36 (Blindaje sin dogmatismo). Este blindaje no convierte las afirmaciones del documento en dogmas. Establece exactamente lo contrario: ninguna afirmación queda protegida por autoridad, y ninguna crítica queda descalificada por su origen. La simetría es completa. La teoría no puede exigir aceptación sin prueba, pero tampoco puede ser declarada falsa sin un error demostrable, un contraejemplo o una incompatibilidad observacional. La discusión queda trasladada desde la preferencia hacia el único terreno que Ámbito reconoce como físico: la distinción reproducible.

Principio Universal de Limpieza Teórica

El resultado anterior permite establecer un criterio general para separar el contenido físicamente determinado de una teoría de las estructuras adicionales que no poseen determinación física.

Corolario 0.37 (Principio Universal de Limpieza Teórica). *Sea T una teoría física y sea Λ_T el conjunto de todos sus parámetros, entidades, sectores, condiciones, grados de libertad y estructuras que tengan consecuencias observables. Para cada $\lambda \in \Lambda_T$ debe cumplirse necesariamente $\lambda \in \mathcal{D}$ o $\lambda = F_T(\mathcal{D})$. Todo elemento que satisfaga $\lambda \notin \mathcal{D}$ y $\lambda \neq F_T(\mathcal{D})$ no constituye contenido físicamente determinado de la teoría.*

Demostración. Inmediata del Teorema 0.27. □

Definición 0.38 (Clasificación de una magnitud física). Toda magnitud, parámetro o estructura con consecuencias observables queda clasificada necesariamente en una de las siguientes

categorías:

$$\begin{aligned}
\text{MEDIDA} & : \lambda \in \mathcal{D}, \\
\text{DERIVADA} & : \lambda = F_T(\mathcal{D}), \\
\text{REPRESENTACIONAL} & : \lambda \text{ no produce ninguna diferencia observable,} \\
\text{EXCESO} & : \lambda \notin \mathcal{D}, \lambda \neq F_T(\mathcal{D}), \lambda \text{ físicamente relevante.}
\end{aligned}$$

La cuarta categoría no constituye una nueva entidad física fundamental. Designa precisamente una libertad que interviene en la descripción física sin estar determinada por medición independiente ni por derivación interna. En consecuencia, una teoría que pretenda presentarse como descripción fundamental de la realidad no puede utilizar una magnitud perteneciente a esta categoría como explicación de un resultado físico.

Definición 0.39 (Predicción física determinada). Sea $\mathcal{R}(T, \mathcal{D})$ el conjunto de todas las realizaciones compatibles con la teoría T y con los datos físicos independientes $\mathcal{D}$. Sea O un observable y defínase $\mathcal{O}(T, \mathcal{D}) = \{O(\Omega) : \Omega \in \mathcal{R}(T, \mathcal{D})\}$. Diremos que T produce una predicción físicamente determinada de O si $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| = 1$. Equivalentemente, existe un único resultado físicamente distinguible compatible con la teoría y con los datos independientes.

Teorema 0.40 (Criterio de Unicidad del Resultado Observable). Si $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| > 1$, entonces T no determina físicamente el observable O respecto de los datos $\mathcal{D}$, salvo que exista un mecanismo físico adicional que seleccione una única clase observable y que dicho mecanismo sea incorporado a $\mathcal{D}$ o derivado de T .

Demostración. Supongamos $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| > 1$. Entonces existen dos realizaciones compatibles con T y $\mathcal{D}$, $\Omega_1, \Omega_2 \in \mathcal{R}(T, \mathcal{D})$, tales que $O(\Omega_1) \neq O(\Omega_2)$. Por tanto, una misma teoría sometida a los mismos datos físicos independientes permite al menos dos resultados físicamente distinguibles. Supongamos que T determina uno de ellos. Entonces debe existir dentro de T una condición que excluya la otra realización: $\Omega_2 \notin \mathcal{R}_{\text{físicamente admisible}}(T, \mathcal{D})$. Si dicha condición es consecuencia de T , entonces ya formaba parte de la estructura deductiva y ambas realizaciones no eran realmente admisibles. Si, por el contrario, la condición procede de una observación independiente, entonces debe incorporarse a $\mathcal{D}$. Si no pertenece a ninguna de las dos categorías, la selección es externa a la determinación física de T . Por tanto, mientras $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| > 1$ y no exista un mecanismo interno o experimental que reduzca dicha cardinalidad a uno, el observable no está determinado por la teoría. Luego $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| = 1$ es condición necesaria para una predicción físicamente determinada. $\square$

No unicidad de la realización y unicidad física

La condición anterior no exige que la realización microscópica de una teoría sea única. Puede ocurrir que $\Omega_1 \neq \Omega_2$ y, sin embargo, $O(\Omega_1) = O(\Omega_2)$ para todos los observables físicamente accesibles. En tal caso, Ω_1 y Ω_2 constituyen realizaciones diferentes como estructuras matemáticas, pero no constituyen diferencias físicas operacionalmente distinguibles. Por tanto,

$$\text{no unicidad microscópica} \neq \text{indeterminación física.}$$

La condición relevante no es $|\mathcal{R}(T, \mathcal{D})| = 1$, sino $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| = 1$. La física exige unicidad del resultado físicamente distinguible, no necesariamente unicidad de la representación microscópica.

Principio de Exclusión de Libertades Físicas No Determinadas

Teorema 0.41 (Principio de Exclusión de Libertades Físicas No Determinadas). Para toda teoría física T , todo conjunto de datos independientes $\mathcal{D}$ y todo observable O , si $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| > 1$, entonces ninguna de las realizaciones físicamente distinguibles puede ser seleccionada como la realización correspondiente a la realidad mediante una elección arbitraria sin introducir información física adicional.

Demostración. Supóngase que $\Omega_1, \Omega_2 \in \mathcal{R}(T, \mathcal{D})$ y que $O(\Omega_1) \neq O(\Omega_2)$. Como los resultados son físicamente distinguibles, la selección de Ω_1 frente a Ω_2 tiene consecuencias físicas. Si la selección está determinada por un procedimiento experimental, entonces dicho procedimiento genera información física adicional y debe incorporarse a $\mathcal{D}$. Si la selección está determinada por una ley interna de T , entonces la ley pertenece a la estructura deductiva de T y la realización seleccionada deja de ser arbitraria. Si no existe ni información experimental ni principio deductivo que realice la selección, entonces la elección no posee fundamento físico interno. Por consiguiente, la afirmación de que una de las realizaciones corresponde a la realidad no constituye una consecuencia de T . Luego una selección arbitraria no puede convertir una posibilidad físicamente indeterminada en una predicción. $\square$

Criterio Universal de Auditoría Física

Los resultados anteriores permiten establecer un procedimiento universal de auditoría aplicable a cualquier teoría física. Para cada entidad, parámetro, constante, condición inicial, sector, estructura matemática o resultado observable introducido por una teoría, deben formularse sucesivamente las siguientes preguntas:

1. ¿Es físicamente distinguible?
2. ¿Posee una realización física?
3. ¿Su valor o existencia ha sido establecido independientemente mediante medición?
4. Si no ha sido medido, ¿es derivado necesariamente por la teoría?
5. Si existen varias realizaciones admisibles, ¿producen todas el mismo resultado observable?
6. Si producen resultados diferentes, ¿qué mecanismo físico determina cuál se realiza?

Toda magnitud que no satisfaga ninguna de las rutas legítimas y que, no obstante, produzca consecuencias observables, queda clasificada como

EXCESO FÍSICO NO DETERMINADO.

No se trata de afirmar que la estructura matemática correspondiente sea falsa. Se afirma algo más preciso: dicha estructura no puede presentarse como una consecuencia físicamente determinada de la teoría mientras permanezca fuera de las tres categorías legítimas.

Consecuencia para toda teoría física

El resultado no depende del formalismo, escuela, interpretación o tradición matemática de la teoría considerada. Sea $T_1, T_2, \dots, T_n$ cualquier colección de teorías físicas. Para cada una de ellas debe cumplirse el mismo criterio: $\lambda \in \mathcal{D}$ o $\lambda = F_T(\mathcal{D})$ para toda libertad λ físicamente relevante. Asimismo, para toda predicción físicamente determinada, $|\mathcal{O}(T, \mathcal{D})| = 1$.

Por consiguiente, ninguna teoría puede quedar exenta del criterio por cambiar el nombre de sus libertades fundamentales. Una libertad denominada “parámetro”, “condición inicial”, “constante de integración”, “vacío”, “sector”, “selección”, “compactificación”, “realización”, “estructura” o cualquier otro término es físicamente equivalente a cualquier otra si produce consecuencias observables y permanece sin determinación física. La terminología no altera la estructura lógica del problema.

Si cambia un resultado físico, debe estar físicamente determinado.

Corolario 0.42 (Universalidad del criterio de determinación). *Toda teoría que pretenda describir la realidad física está sometida al Teorema Universal de Determinación Física, independientemente de su formalismo, escuela, interpretación o tradición. Una teoría no puede reclamar contenido físico para una libertad que sea simultáneamente: observablemente relevante, no medida, no derivada y arbitrariamente seleccionable.*

Demostración. Una teoría que realice tal reclamación necesitaría que una libertad no determinada produjera una diferencia físicamente distinguible. Pero, por el Teorema Universal de Determinación Física, toda diferencia físicamente relevante debe estar determinada por medición independiente o por derivación interna. La hipótesis niega ambas posibilidades. Por tanto, la hipótesis es autocontradictoria. $\square$

Relación entre Ámbito y Determinación

El Teorema de Universalidad del Ámbito establece que toda teoría física está necesariamente contenida dentro del Ámbito de la Física. La presente extensión establece la condición adicional de que sus grados de libertad físicamente relevantes deben encontrarse también determinados. La cadena lógica queda:

$$\text{Distinguibilidad} \Rightarrow \text{Realizabilidad} \Rightarrow \text{Medibilidad} \Rightarrow \text{Determinación}.$$

Una teoría puede poseer una estructura matemática mucho más amplia que esta cadena. Sin embargo, cualquier elemento adicional que pretenda tener consecuencias físicas debe satisfacerla. Todo lo demás pertenece al formalismo matemático de la teoría, pero no puede ser presentado como contenido físico fundamental determinado.

Formulación fuerte del criterio

El contenido fundamental de una teoría física puede, por tanto, resumirse mediante la siguiente condición:

Toda diferencia físicamente distinguible debe estar físicamente determinada.

Y la determinación física solo puede proceder de: medición independiente o derivación necesaria.

En consecuencia:

$$\text{observable} + \text{no medido} + \text{no derivado} = \text{no determinado físicamente}.$$

Si además dicha libertad se utiliza para seleccionar posteriormente el resultado que coincide con la observación,

$$\text{ajuste posterior} \neq \text{predicción}.$$

El criterio no elimina la matemática ni prohíbe la existencia de múltiples representaciones. Elimina únicamente la identificación de una libertad físicamente relevante y no determinada con una consecuencia necesaria de la teoría. Así, el criterio no pregunta si una teoría puede producir una expresión que “se conecte” con una observación. Pregunta algo estrictamente más fuerte: *Dados los hechos físicos independientes, ¿qué resultado obliga la teoría a obtener?*

Si la respuesta es única, existe determinación física. Si la respuesta requiere elegir una libertad adicional, la teoría no ha determinado el resultado. Y si la diferencia entre las alternativas no puede manifestarse operacionalmente, entonces la diferencia no constituye una diferencia física. Por tanto, toda teoría física queda sometida al mismo principio:

MEDIDO, DERIVADO o REPRESENTACIONAL;

lo demás no puede reclamar determinación física fundamental.

Observación 0.43 (Tres aplicaciones concretas del criterio). El valor de este criterio está en que discrimina, no en que excluya por decreto. Tres ejemplos ya discutidos ilustran las tres categorías:

Regiones más allá del horizonte cosmológico – DERIVADA. No se miden directamente, ni podrán medirse jamás por construcción causal. Pero se calculan: dados $H_0, \Omega_m, \Omega_\Lambda$ (medidos, $\in \mathcal{D}$) y la homogeneidad del espacio medida dentro del horizonte, la métrica más allá está determinada de forma única, $O = F_T(\mathcal{D})$, sin ningún parámetro libre adicional que alguien deba elegir. Caen dentro de DERIVADA, no de EXCESO.

El potencial electromagnético A_μ – REPRESENTACIONAL. A_μ mismo no es invariante de gauge y no produce, por sí solo, ninguna diferencia observable: dos A_μ relacionados por una transformación de gauge son físicamente idénticos. Solo las combinaciones invariantes ($F_{\mu\nu}$, líneas de Wilson) pertenecen a MEDIDA o DERIVADA. A_μ es andamiaje de cálculo, exactamente como un sistema de coordenadas.

Dimensiones extra sin derivar, el panorama de $\sim 10^{500}$ vacíos de cuerdas, o un número de partículas elementales no forzado por ningún dato medido – EXCESO. Nada en $\mathcal{D}$ ni en la estructura deductiva de esas teorías obliga a un número particular: el número mismo es la libertad λ que hay que elegir a mano para que la teoría reproduzca lo observado, exactamente el caso que el Teorema Universal de Determinación Física excluye. No se afirma que esas estructuras matemáticas sean falsas – se afirma que, mientras el número permanezca sin medir y sin derivar, no puede presentarse como una consecuencia físicamente determinada de la teoría que lo contiene.

Observación 0.44 (Función de este capítulo en la cadena deductiva). Los resultados anteriores no son exclusivos de la Teoría de la Distinción: son válidos para cualquier teoría física. Su función aquí es doble. Primero, fijan el criterio de demarcación – la Definición de Ámbito – que el Capítulo 1 retoma como su punto de partida específico, sin necesidad de volver a justificarlo. Segundo, el Teorema de Irrelevancia Física de las Entidades Extrafísicas es la razón última por la cual, más adelante, el supuesto “exterior” a la red de distinciones (Capítulo 7, Error de Categoría del Exterior) no solo resulta inexistente dentro de la teoría, sino que sería irrelevante aunque existiera: ningún desarrollo posterior necesita excluirlo por decreto, basta con que la física no pueda depender de él.

Conclusión del capítulo

La cadena inicial queda cerrada en el nivel que este capítulo puede demostrar: una diferencia físicamente distinguible debe admitir realización operacional, y toda libertad físicamente relevante debe estar medida o derivada. Esta condición será la regla de lectura de todos los capítulos posteriores.

Parte
I
Fundamentos operacionales

F1. Criterio operacional

F1.1. Ámbito físico

Definición F1.1 (Realizabilidad). Una entidad X es físicamente realizable desde una configuración C si existe un procedimiento operacional finito, ejecutable desde C , que distingue X de su ausencia o de una alternativa especificada. Se escribe

$$\text{Real}_C(X) \iff \exists p < \infty : p_C(X) \neq p_C(\emptyset).$$

La ausencia $\emptyset$ es término de contraste y no una realización física adicional. Esta precisión evita que la sucesión de refinamientos sea cerrada artificialmente mediante un supuesto objeto de medida cero.

Teorema F1.1 (Existencia como distinción). *Si $\text{Real}_C(X)$, entonces existe una diferencia operacionalmente establecible entre X y $\emptyset$. Recíprocamente, si existe tal procedimiento finito, X pertenece al ámbito físico relativo a C .*

Demostración. Es la expansión de la definición: la pertenencia al ámbito físico se identifica con la posibilidad de establecer finitamente una diferencia frente al término de contraste. $\square$

F1.2. Contraste no equivale a refinamiento

Lema F1.1 (Contraste mínimo). *Toda distinción físicamente realizable requiere al menos dos resultados operacionalmente diferenciables.*

Demostración. Si todos los resultados produjeran exactamente la misma salida para todo procedimiento finito, ningún procedimiento podría determinar qué resultado fue realizado. En ese caso no existiría contenido distinguible. $\square$

Observación. El lema no permite escoger arbitrariamente un siguiente término de una sucesión numérica como contraste necesario. El contraste puede ser la ausencia, una referencia fija, otro estado o una condición de cierre. Esta separación es la corrección central frente al salto del ínfimo no alcanzado a la regresión operacional.

F2. Distinción, información y soporte

F2.1. Predicado cualitativo de información

Definición F2.1 (Información física cualitativa). Para una distinción D , $I(D) > 0$ significa que el contraste asociado con D es físicamente realizable. $I(D) = 0$ significa que ningún procedimiento físicamente realizable establece la diferencia propuesta.

Teorema F2.1 (Positividad cualitativa).

$$\text{Real}_C(D) \implies I(D) > 0.$$

Demostración. Si $I(D) = 0$, no habría procedimiento que realizara la diferencia. Esto contradice $\text{Real}_C(D)$. $\square$

Observación. En esta etapa se ha definido primero la información cualitativa de una distinción. Al identificar la realización elemental, su cuenta es exactamente una: $I(B_i) = 1$, porque es una distinción realizada. Para una configuración compuesta de N unidades, la información total es el conteo aritmético $I_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^N 1 = N$. No se introduce un postulado físico adicional: se cuenta cuántas distinciones elementales están realizadas.

F2.2. Soporte

Definición F2.2 (Soporte). Una realización S soporta una distinción D , escrito $S \Vdash D$, cuando D está físicamente realizada en S .

Proposición F2.1 (Soporte común). *Es compatible con las definiciones que un mismo soporte S realice varias distinciones distintas D_1 y D_2 .*

Demostración. La relación $S \Vdash D$ es una relación entre una realización y una distinción. Nada en ella exige inyectividad respecto de D . Por tanto, $D_1 \neq D_2$ no implica $S_1 \neq S_2$. $\square$

F3. Refinamiento y regresión

F3.1. Dos relaciones distintas

Definición F3.1 (Refinamiento físico propio). $Y \prec X$ si Y es físicamente realizable, es distinguible de X , determina adicionalmente a X y $Y \neq X$.

Definición F3.2 (Necesidad operacional). $Y \prec_{\text{op}} X$ si todo procedimiento finito que establece completamente X debe establecer también la distinción realizada por Y .

Teorema F3.1 (Regresión operacional). *Una cadena*

$$X_0 \leftarrow X_1 \leftarrow X_2 \leftarrow \dots$$

impide la realización finita de X_0 solo si cada flecha expresa necesidad operacional y no existe regla finita de cierre.

Demostración. Bajo esas hipótesis, establecer X_0 exige establecer X_1 , establecer X_1 exige establecer X_2 , y así sucesivamente. Ningún número finito de pasos completa la verificación. $\square$

F3.2. Teorema de cierre finito y existencia del cuanto elemental

Definición F3.3 (División física propia). Una división $X \rightsquigarrow (X_1, X_2)$ es físicamente propia cuando X_1 y X_2 son realizables, mutuamente distinguibles, distintos de X y requieren soportes relacionales distinguibles. No basta una partición matemática de la descripción: la división debe producir dos diferencias físicamente accesibles.

Lema F3.1 (Identidad por soporte y relaciones). *Sean X_1 y X_2 dos supuestas subrealizaciones. Si comparten el mismo soporte físico y todas sus relaciones operacionalmente accesibles son idénticas, entonces*

$$X_1 \equiv_{\text{op}} X_2.$$

Por tanto, no constituyen dos cuantos elementales distintos, sino una sola realización contada dos veces.

Demostración. Una diferencia física exige al menos un procedimiento finito que produzca resultados distintos para X_1 y X_2 . Si el soporte y todas las relaciones accesibles son los mismos, todo procedimiento interno recibe la misma configuración de entrada y produce la misma salida. Luego no existe procedimiento que los distinga. La supuesta duplicación no añade una entidad física: es una duplicación de nombres sobre la misma realización. $\square$

Teorema F3.2 (Cierre finito de la división física). *Supóngase:*

- (I) *toda entidad físicamente realizada debe establecerse mediante un procedimiento de duración finita;*
- (II) *toda división física propia debe producir dos subrealizaciones operacionalmente distinguibles;*
- (III) *dos subrealizaciones que compartan soporte y estructura relacional distinguible no cuentan como dos entidades, por el lema anterior;*
- (IV) *una cadena infinita de divisiones pretende ser una realización física adicional y no solo una sucesión matemática de descripciones.*

Entonces ninguna entidad físicamente realizada puede requerir una cadena infinita de divisiones propias. Toda cadena de divisiones físicamente realizadas termina en una unidad elemental o en una condición finita de cierre. Si se supone que un cuanto elemental puede dividirse al infinito, el límite no produce dos cuantos elementales distinguibles: o bien no llega a constituir una realización en tiempo finito, o bien sus supuestas partes comparten el mismo soporte y son indistintas de una sola realización.

Demostración. Supóngase, por reducción al absurdo, una entidad X_0 cuya realización exige la cadena

$$X_0 \rightsquigarrow (X_1, X_2) \rightsquigarrow \dots \rightsquigarrow X_n \rightsquigarrow \dots$$

de divisiones propias, sin término elemental ni condición finita de cierre.

Si la cadena infinita es un proceso físico, la realización de su resultado requiere completar infinitas divisiones sucesivas. Por (i), ninguna ejecución de duración finita puede completar ese proceso; el supuesto resultado no es una entidad físicamente realizada.

Si, para evitar esa conclusión, se postula un estado límite ya realizado, hay dos posibilidades exhaustivas. Si las partes límite son distinguibles, (ii) exige soportes o relaciones distinguibles adicionales para cada parte. La cadena no ha terminado: se ha trasladado la división infinita al soporte y reaparece la misma regresión. Si las partes límite no son distinguibles, entonces comparten, por (iii), una única realización. No hay dos cuantos: hay un solo cuanto descrito mediante dos etiquetas.

En ambos casos la hipótesis de una división infinita físicamente realizada conduce a contradicción: o exige tiempo y determinación infinitos, o elimina la diferencia que pretendía multiplicar. Luego toda cadena físicamente realizada debe cerrarse en una unidad elemental o en una regla finita de cierre. $\square$

Corolario F3.1 (Positividad del cuanto elemental). *Si una unidad elemental E es una realización no nula y su medida A es no negativa y no degenerada, entonces su medida $B := A(E)$ satisface $B > 0$. La conclusión no depende de una identificación externa con la longitud de Planck ni de una calibración experimental.*

Demostración. Por no nulidad, $A(E) \neq 0$; por no negatividad, $A(E) \geq 0$. Por tanto $A(E) > 0$. Al definir $B = A(E)$, se obtiene $B > 0$. $\square$

Observación. El cierre físico demuestra que la división realizada termina en la unidad elemental positiva B . Cada unidad elemental es esa misma realización completa: aporta un área B y una distinción de información. Si X contiene $N(X)$ unidades efectivamente realizadas, sus totales son sumas finitas,

$$A_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} A(B_i) = \sum_{i=1}^{N(X)} B = BN(X), \quad I_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X).$$

Por tanto $A_{\text{tot}} = BI_{\text{tot}} = BN$. La igualdad es aritmética de composición; no requiere un postulado independiente de uniformidad o aditividad.

F4. Reducción al absurdo como método de cierre físico

F4.1. Principio lógico de contradicción física

La reducción al absurdo solo demuestra una proposición P cuando se identifican las premisas Γ , se asume la negación exacta $\neg P$ y se obtiene una contradicción que no depende de P introducida de manera encubierta:

$$\Gamma, \neg P \vdash \perp \implies \Gamma \vdash P.$$

En esta teoría, $\perp$ debe ser una incompatibilidad lógica o una imposibilidad de realización dentro del dominio definido. No basta con que una construcción sea difícil, infinita como objeto matemático o poco conveniente.

Definición F4.1 (Contradicción de realizabilidad). Existe una contradicción de realizabilidad cuando una hipótesis auxiliar obliga a una configuración a ser físicamente realizable y, simultáneamente, impide que satisfaga el criterio operacional de realizabilidad.

Lema F4.1 (No circularidad). *Si una derivación de $\Gamma, \neg P \vdash \perp$ utiliza una proposición Q cuya demostración requiere P , la derivación no demuestra P independientemente.*

Demostración. La cadena real contendría $\Gamma, \neg P, P \vdash \perp$. La contradicción se produciría por introducir aquello que se pretendía concluir. $\square$

Por ello, resultados posteriores como $D = 3$, $S = k_B N \ln 2$ o una ley saturante no pueden utilizarse para demostrar retrospectivamente la existencia de B .

F4.2. Realización implica distinción

Teorema F4.1 (Realización implica distinción). *Si $\text{Real}_C(X)$, entonces X es operacionalmente distinguible de $\emptyset$:*

$$\text{Real}_C(X) \implies X \not\equiv_{\text{op}} \emptyset.$$

Demostración. Supóngase $\text{Real}_C(X)$ pero $X \equiv_{\text{op}} \emptyset$. La equivalencia significa que para todo procedimiento finito p se cumple $p_C(X) = p_C(\emptyset)$. La realizabilidad, en cambio, exige que exista al menos un procedimiento finito con $p_C(X) \neq p_C(\emptyset)$. Ambas condiciones son incompatibles. Por tanto, la negación de la distinguibilidad es imposible. $\square$

F4.3. Regresión operacional necesaria

Teorema F4.2 (Imposibilidad de regresión necesaria infinita). *Sea una cadena*

$$X_1 \prec_{\text{op}} X_0, \quad X_2 \prec_{\text{op}} X_1, \quad X_3 \prec_{\text{op}} X_2, \quad \dots$$

que no posee condición finita de cierre. Si establecer completamente X_0 exige establecer cada término posterior, entonces X_0 no es realizable por un procedimiento finito.

Demostración. Supóngase que existe un procedimiento finito p que establece X_0 . Como $X_1 \prec_{\text{op}} X_0$, p debe establecer X_1 . Como $X_2 \prec_{\text{op}} X_1$, debe establecer X_2 , y por inducción debe establecer X_n para todo n . Esto contradice que p sea finito cuando no existe regla de cierre que reemplace la cadena. Por tanto, no existe tal p . $\square$

Corolario F4.1 (Necesidad de cierre). *Toda realización finita cuya determinación contenga una cadena de dependencias operacionalmente necesarias debe terminar en una realización elemental o en una regla finita de cierre.*

Demostración. Si no hubiera ninguna de las dos condiciones, se obtendría la cadena prohibida por el teorema anterior. $\square$

F4.4. Existencia elemental bajo el teorema de cierre

El teorema anterior sustituye la apelación a un orden bien fundado tomado como postulado: la imposibilidad de una división física infinita se obtiene directamente de la finitud de la realización, la exigencia de soporte distinguible y la identidad operacional de las partes que no añaden ninguna distinción.

F4.5. Composición aritmética de área e información

Definición F4.2 (Agrupación finita de realizaciones elementales). Sea X una configuración que contiene un número finito $N(X)$ de realizaciones elementales individualmente distinguibles B_i . Cada unidad elemental es una distinción realizada y aporta exactamente un área elemental B y una unidad de información contable. La configuración nula corresponde a $N(X) = 0$; cada configuración no nula tiene $N(X) \geq 1$.

Teorema F4.3 (Suma aritmética de área e información). *Para toda configuración contable X compuesta por $N(X)$ unidades elementales,*

$$A_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} A(B_i) = B N(X), \quad I_{\text{tot}}(X) = \sum_{i=1}^{N(X)} I(B_i) = N(X).$$

En consecuencia,

$$A_{\text{tot}}(X) = B I_{\text{tot}}(X) = B N(X).$$

En la cuenta interna de existencia, $B = 1$ y por ello $A_{\text{tot}}(X) = I_{\text{tot}}(X) = N(X)$.

Demostración. Cada unidad elemental realizada cuenta una vez: $I(B_i) = 1$, y su contribución de área es $A(B_i) = B$. El total de área de $N(X)$ unidades es, por definición de total compuesto, la suma finita de sus contribuciones: $\sum_{i=1}^{N(X)} B = N(X)B$. El total de información es el número de distinciones realizadas, $\sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X)$. Las dos igualdades se siguen de la suma ordinaria de $N(X)$ términos iguales. No se introduce un parámetro ni un postulado independiente de aditividad: se efectúa el conteo y la suma que definen la composición de unidades. $\square$

$B = 1$ es la cuenta interna de una realización elemental, no una elección convencional de unidades. La traducción dimensional $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ viene después y es condicionada. Por ello, $A = BI$ es una identidad de constitución: cada distinción realizada aporta simultáneamente una unidad de información y el soporte elemental B . No es una analogía, una cota ni una identificación tomada de la gravedad.

Definición F4.3 (Información contable). La información contable de una configuración elementalmente contable se define por

$$I_{\text{cnt}}(X) := \sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X).$$

Corolario F4.2 (Correspondencia aritmética entre área e información).

$$A_{\text{tot}}(X) = B I_{\text{cnt}}(X).$$

La igualdad no es una coincidencia numérica ni una hipótesis: área e información cuentan los mismos actos de realización, cada uno desde su aspecto geométrico o informacional.

Demostración. Por el teorema de suma aritmética, $A_{\text{tot}}(X) = BN(X)$; por la definición del contador, $I_{\text{cnt}}(X) = N(X)$. Sustituyendo, $A_{\text{tot}}(X) = BI_{\text{cnt}}(X)$. $\square$

Definición F4.4 (Unidad elemental geométrico-informacional). La unidad B no es una constante geométrica externa a la información. Es la misma realización elemental descrita desde sus dos aspectos: una distinción de información, cuyo conteo es 1, y un área elemental B .

$$b \equiv (1 \text{ distinción realizada, } B \text{ de área}).$$

Para una agrupación de N unidades, $I_{\text{tot}}(X) = N$, $A_{\text{tot}}(X) = BN$ y $N/A_{\text{tot}} = 1/B$. El conteo informacional no es una sustancia separada del área realizada.

Observación. La identidad fundamental no es “primero área y después información”. Es una única realización elemental con dos aspectos inseparables: su aspecto informacional es la distinción, con cuenta 1, y su aspecto geométrico es el área B . Escribir $B = 1$ expresa el valor de existencia de esa realización; la traducción dimensional externa conserva la misma identidad.

F4.6. Suma de realizaciones y soporte geométrico

La identidad $A_{\text{tot}} = BN$ cuenta el área total aportada por las N realizaciones elementales. Es una suma de contribuciones, no una hipótesis acerca de un ajuste geométrico. La posible superposición de descripciones o la geometría de la unión de soportes es una pregunta distinta: no altera que cada B individualmente realizado añade una unidad al conteo de existencia, una unidad de información y su contribución de área B . Si se estudia una unión geométrica concreta, su geometría se especifica aparte; no se utiliza para suspender la aritmética de la composición.

La suma aritmética cuenta realizaciones, no el área de la unión geométrica de conjuntos representacionales. La geometría de un soporte compuesto se estudia aparte y no es una condición para que cada unidad realizada añada B al área total y uno al conteo de información.

F4.7. Cadena fundamental sin inversión

Conclusión del capítulo

El refinamiento físico no puede prolongarse como una regresión operacional infinita. Existe una unidad elemental positiva B , y una realización elemental cuenta exactamente como una distinción: $B = 1$. Para N unidades realizadas, el área total y la información total se suman aritméticamente: $A_{\text{tot}} = BN$ e $I_{\text{tot}} = N$. La traducción dimensional externa expresa esa misma unidad en convenciones métricas; no crea, calibra ni reemplaza su cuenta de existencia.

Parte

II

II. B – Unidad, Medida e Información

F5. La unidad elemental y la medida

F5.1. Identidad de existencia, unidad y medida

La existencia elemental, la unidad mínima y su cuenta no son tres postulados independientes. El cierre físico identifica una realización elemental positiva B ; esa realización es una distinción y, por existencia, cuenta exactamente como una unidad. Al componer N realizaciones, tanto el área total como la información total aumentan mediante suma aritmética.

Teorema F5.1 (Positividad y cuenta exacta del cuanto). *La unidad elemental realizada tiene $B > 0$ frente a la ausencia 0, y su cuenta interna es exactamente uno. Para cualquier configuración contable X ,*

$$A_{\text{tot}}(X) = BN(X), \quad I_{\text{tot}}(X) = N(X), \quad N(X) \in \mathbb{N}_0.$$

Demostración. La ausencia absoluta tiene cero distinciones realizadas y cero área contada. Una realización elemental, por definición, sí realiza una distinción completa; su cuenta no es cero ni una fracción de distinción, sino uno. Por ello su contribución elemental es positiva: $B > 0$. Una configuración compuesta por $N(X)$ unidades aporta $N(X)$ términos de área B y $N(X)$ distinciones de información de valor uno. La suma finita da $A_{\text{tot}} = BN(X)$ e $I_{\text{tot}} = N(X)$. $\square$

Corolario F5.1 (Identidad de área e información realizadas). *En la cuenta interna en que una realización elemental vale uno, $B = 1$ y*

$$A_{\text{tot}}(X) = I_{\text{tot}}(X) = N(X).$$

La medida dimensional externa de la misma unidad no cambia esa cuenta interna ni la identidad entre distinción, información y área.

Demostración. Se sustituyen $B = 1$ y las sumas aritméticas ya demostradas en $A_{\text{tot}} = BN$ e $I_{\text{tot}} = N$. $\square$

F6. Información cuantitativa y área

Definición F6.1 (Información contable total). Para toda agrupación finita de unidades elementales, la información contable total es el número de distinciones efectivamente realizadas:

$$I_{\text{cnt}}(X) := \sum_{i=1}^{N(X)} 1 = N(X).$$

Teorema F6.1 (Correspondencia aritmética de unidades). *Para toda configuración contable,*

$$A_{\text{tot}}(X) = B I_{\text{cnt}}(X) = B N(X).$$

En la cuenta de existencia $B = 1$, esto se escribe $A_{\text{tot}}(X) = I_{\text{cnt}}(X) = N(X)$.

Demostración. Cada unidad realizada contribuye B de área y una distinción. Sumar las contribuciones de $N(X)$ unidades da $A_{\text{tot}} = BN(X)$; sumar las $N(X)$ distinciones de valor uno da $I_{\text{cnt}}(X) = N(X)$. La correspondencia es consecuencia directa de las dos sumas. $\square$

Observación. La igualdad expresa una identidad de existencia, no una coincidencia numérica: distinción, información y área son aspectos de la misma realización elemental. El contador N registra cuántas realizaciones de B componen la configuración.

Conclusión del capítulo

La unidad B es simultáneamente soporte, área e información elemental. Al aumentar el número de unidades realizadas, aumentan por suma tanto el área total como la información total: $A_{\text{tot}} = BN$ e $I_{\text{tot}} = N$. Esta es aritmética de composición, no una hipótesis constitutiva.

1. La energía no es una cosa, es qué tan rápido cambia la trama

La palabra *soporte* no debe interpretarse aquí como una caja, un recipiente o un medio externo que contenga información. Esa interpretación introduce precisamente la separación que la teoría excluye: una cosa sería la información y otra, situada debajo o fuera de ella, sería el soporte. En este marco, soporte significa la realización física inseparable de la distinción misma. No hay información físicamente realizada sin una distinción efectuada, ni distinción efectuada sin la realización que la hace operacionalmente distinguible.

La identidad fundamental puede escribirse, en la notación de la teoría, como

$$A = BI,$$

donde I es el número de unidades elementales de información o distinción y $B > 0$ es el cuanto indivisible de realización. La expresión no describe información dentro de un espacio previamente dado: expresa que la información físicamente realizada y su soporte son dos aspectos de la misma configuración. Por ello,

$$A > 0 \iff I > 0.$$

Cuando $I = 0$, no queda un soporte vacío esperando contener algo; queda ausencia de realización físicamente distinguible. Cuando $I > 0$, el soporte no es un contenedor adicional, sino la propia realización de esas distinciones.

La indivisibilidad de B debe entenderse en el mismo sentido. No afirma que la matemática no pueda subdividir una magnitud ni que no puedan escribirse números menores que B . Afirma que ninguna subdivisión matemática por debajo de B constituye una nueva distinción físicamente realizada dentro de la teoría. Una partición formal no produce por sí sola entidades físicas adicionales. La diferencia entre posibilidad matemática y existencia física es aquí decisiva:

$$\text{subdivisibilidad matemática} \not\equiv \text{subdivisibilidad física}.$$

La geometrización tampoco añade un recipiente. Cuando la realización de las distinciones se representa mediante una configuración en un espacio geométrico —en particular, mediante una realización en L^2 —, L^2 es el lenguaje matemático que organiza relaciones, amplitudes o distribuciones de la configuración. No es por ello un sustrato físico independiente que contenga los B_i . La geometría es una forma de ordenar y comparar realizaciones; no una sustancia adicional situada detrás de ellas.

De igual manera, una agrupación tridimensional puede sugerir una escala volumétrica. Formalmente, una relación dimensional del tipo

$$V \sim B^{3/2}$$

puede utilizarse únicamente como escala derivada cuando se combinan tres direcciones o dimensiones de realización. No se introduce aquí como ley fundamental ni como identidad ontológica. La teoría debe derivar primero la organización geométrica que justifique esa escala; la expresión dimensional, por sí sola, no constituye una nueva ecuación dinámica.

La misma cautela se aplica a la energía. Una unidad B aislada no tiene por qué portar energía como propiedad sustancial. Lo físicamente relevante es la configuración

$$\mathcal{C} = \{B_i\}$$

y, especialmente, la transformación

$$\mathcal{C}_1 \longrightarrow \mathcal{C}_2.$$

La energía se entiende entonces como una magnitud asociada a la dinámica de reconfiguración de la trama de distinciones: agrupación, exclusión o repulsión, orden de efectuación y cambio de configuración. En forma esquemática,

$$\begin{aligned} B &\longrightarrow \text{distinciones} \longrightarrow \text{agrupación} \\ &\longrightarrow \text{estructura} \longrightarrow \text{reconfiguración} \longrightarrow \text{magnitudes dinámicas.} \end{aligned}$$

La notación $E \sim \Delta I / \Delta t$ puede expresar una intuición sobre una tasa de cambio de información, pero no se eleva aquí a igualdad fundamental: todavía debe demostrarse la regla de conversión que relaciona esa tasa con la dimensión física de la energía. La energía no se obtiene gratuitamente de una cantidad B aislada; debe emerger de la dinámica permitida de configuraciones realizadas.

Observación 1.1 (Alcance de la aclaración). Nada de lo anterior cuestiona la utilidad de las matemáticas, de los espacios funcionales o de las ecuaciones continuas como representaciones. La tesis es más precisa: una estructura matemática puede representar correctamente regularidades físicas sin convertirse por ello en una entidad físicamente existente. El error categorial no está en escribir una ecuación, sino en atribuir realidad física autónoma a la ecuación o al espacio matemático que la expresa cuando no se ha establecido su realización operacional finita.

Definición 1.2 (Energía como Tasa de Reconfiguración). Para una transición $m : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{C}'$ se define la energía relacional transferida por unidad de orden interno como

$$E(m \mid \mathcal{C}) := -B \frac{\Delta K(m \mid \mathcal{C})}{\Delta N}, \quad \Delta K := K(\mathcal{C}') - K(\mathcal{C}).$$

En forma equivalente, E es B multiplicado por el número efectivo de reconfiguraciones por unidad de orden parcial ΔN . La energía no es una sustancia adicional: es la tasa de cambio del costo relacional de $\mathcal{C}(B)$.

Teorema 1.3 (Energía-Tasa). *La energía es idénticamente la tasa de reordenamiento de $\mathcal{C}(B)$ y, bajo la Ley de Selección Relacional, una relajación espontánea satisface $E \geq 0$ cuando $\Delta N > 0$.*

Demostración. La primera afirmación es la definición de energía como tasa aplicada al costo relacional total de los gaps. Bajo la Ley de Selección Relacional, $K(\mathcal{C}') \leq K(\mathcal{C})$ para una transición espontánea admisible; por tanto $\Delta K \leq 0$ y $E = -B\Delta K / \Delta N \geq 0$ cuando $B > 0$ y $\Delta N > 0$. La igualdad corresponde a un estado estacionario o a una transición degenerada. La conversión a unidades convencionales de energía permanece como traducción externa y no se confunde con la derivación interna. $\square$

2. Teoremas Universales de Realizabilidad Física

Este capítulo reúne, como secciones de un mismo desarrollo, los teoremas universales que valen para cualquier teoría física dentro del Ámbito – no son exclusivos de la Teoría de la Distinción – y que la Parte II usa como cierre formal de la capa de B .

2.1. Teorema Universal de Realizabilidad Física

Teorema 2.1 (Universal de Realizabilidad Física). *Sea T cualquier teoría que pretenda describir entidades, propiedades o dinámicas con existencia física objetiva. Toda entidad X postulada por T debe satisfacer simultáneamente ser distinguible de la inexistencia absoluta y poseer un soporte físico. En consecuencia,*

$$I = \frac{A}{B}.$$

Demostración. Sea X una entidad postulada por T con pretensión de existencia física objetiva. Por la Definición de Ámbito, ser físico exige admitir un procedimiento operacional finito que distinga a X de su ausencia; esta es la condición de distinguibilidad. Por el Teorema de Existencia como Distinción y el Teorema de Realizabilidad, toda distinción realizable posee una medida $A(X) = BN(X)$ para algún $N(X) \in \mathbb{N}$; esta es la condición de soporte físico. La información asociada a X – el número de alternativas distinguibles que X resuelve – es exactamente $N(X)$ por construcción del conteo de distinciones, y $N(X) = A(X)/B$ por despeje directo de $A = BN$. Escribiendo $I := N(X)$, se obtiene $I = A/B$. Esto vale para cualquier T que satisfaga las dos condiciones exigidas, sea cual sea su contenido específico. $\square$

Corolario 2.2 (Identidad Ontológica). *Información y soporte geométrico no son entidades independientes; son dos representaciones del mismo hecho físico.*

Corolario 2.3 (Imposibilidad de Cualidades Intrínsecas). *Ninguna cualidad puede existir como etiqueta abstracta adherida a un objeto.*

Corolario 2.4 (Imposibilidad de Campos Sustanciales). *Si un campo ϕ existiera como entidad independiente de la geometría, duplicaría el soporte físico necesario, violando $A = BI$.*

Corolario 2.5 (Criterio Universal de Realizabilidad). *Toda entidad, propiedad o dinámica físicamente realizable debe ser reducible a un número finito de distinciones con soporte geométrico finito.*

2.2. Teorema de Exclusión de Realizaciones

Teorema 2.6 (Exclusión de Realizaciones). *Dos realizaciones distintas no pueden ocupar el mismo soporte geométrico.*

Demostración. Directa del Teorema de Exclusión Ontológica: $B_i \cap B_j = \emptyset$ para distinciones $i \neq j$. Dos realizaciones $X_1 \neq X_2$ requieren, cada una, un soporte $A(X_1) = BN_1$ y $A(X_2) = BN_2$ compuesto de cuantos de distinción concretos. Si ambas ocuparan el mismo soporte geométrico, algún cuanto B_k pertenecería simultáneamente a la composición de X_1 y de X_2 , violando Exclusión Ontológica. $\square$

2.3. Teorema de la Distinción como Condición Trascendental

Teorema 2.7 (Distinción como Condición Trascendental). *La distinción es condición de posibilidad de toda física. No puede ser negada sin realizarse en el acto de negarla.*

Demostración. Supóngase un intento de negar que la distinción sea condición de toda física: “no hay distinción”. Formular, comunicar o siquiera concebir esa negación exige distinguirla de su contraria (“sí hay distinción”) – de lo contrario la negación misma no sería distinguible de su ausencia, y por la Definición de Ámbitono constituiría un acto físico ni cognitivo reconocible en absoluto. Luego el acto de negar la distinción ya presupone, para ser un acto distinguible, la propia distinción que pretende negar. Es autorrefutante negarla. $\square$

2.4. Teorema de la Cardinalidad Mínima

Teorema 2.8 (Cardinalidad Mínima). *La forma mínima de distinción físicamente realizable es binaria: $\{A, \neg A\}$.*

Demostración. Por el Teorema de Existencia como Distinción, toda entidad física existe en tanto se distingue de su ausencia: la distinción mínima posible es exactamente entre un estado A y su negación $\neg A$, dos alternativas. Una supuesta distinción con una sola alternativa no sería una distinción en absoluto (no hay nada de qué distinguirla); una con cero alternativas es directamente la ausencia. Luego dos es el mínimo no trivial, y esa es precisamente la estructura $\{A, \neg A\}$. $\square$

Corolario 2.9 (El Bit como Unidad Ontológica Mínima). *El bit no es una convención tecnológica; es la forma físicamente mínima e irreducible de distinción realizable.*

2.5. Medida de la Distinción

Teorema 2.10 (Medida de la Distinción). *Toda distinción físicamente realizable requiere una medida mínima finita $B > 0$.*

Demostración. Este es exactamente el contenido del Teorema del Cuanto, demostrado allí por reducción al absurdo a partir de la imposibilidad de cadenas infinitas de contraste (Teorema de Finitud). Se enuncia aquí de nuevo como caso particular del marco de Cardinalidad Mínima: la distinción binaria $\{A, \neg A\}$ del capítulo anterior, para ser físicamente realizable, hereda directamente la cota $B > 0$ ya establecida. $\square$

Observación 2.11 (Dimensión de B). $[B] = L^2$, derivado del Teorema de Geometrización de la Información (a continuación).

2.6. Teorema de Geometrización de la Información

Teorema 2.12 (Geometrización de la Información). *Toda distinción físicamente realizable tiene soporte geométrico de dimensión $[L^2]$.*

Demostración. Por el Teorema de Emergencia Tridimensional, el espacio físico realizable tiene $D = 3$ dimensiones. Una distinción elemental, para ser verificable mediante un procedimiento operacional finito sin apelar a información exterior a sí misma (Inmanencia Operativa), debe estar delimitada por una frontera cerrada dentro de ese espacio: sin frontera, no habría manera interna de distinguir “dentro” de “fuera” de la distinción (Teorema de Error de Categoría del Exterior). En un espacio de $D = 3$ dimensiones, la frontera de una región es, genéricamente, una superficie de codimensión 1: una superficie 2-dimensional, de medida $[L^2]$. Luego el soporte mínimo verificable de una distinción – su frontera, no su volumen, que es lo que realmente se contrasta operacionalmente contra el exterior inmediato – tiene dimensión $[L^2]$. $\square$

Observación 2.13 (Identificación de B con Área). El cuanto mínimo B no es una longitud, no es un volumen, no es un tiempo. Es un área. La comparación con entropías de horizonte, holografía u otras escalas convencionales pertenece a la Capa II y no participa en esta derivación interna.

Proposición 2.14 (Ni punto ni línea: positividad del soporte). *Una entidad cuya medida de soporte es nula no es físicamente realizable. En particular, ningún punto ni ninguna línea ideal (sin grosor ni altura) es una distinción físicamente realizable.*

Demostración. Un punto y una línea ideal tienen medida de soporte $A = 0$. Por el Teorema de Inexistencia Previa a B (caso 2), lo que carece de soporte no admite procedimiento que lo distinga de su ausencia. Además, por la Observación de agrupación (la observación sobre la agrupación elemental), toda distinción necesita con qué contrastarse dentro de una red: una línea ideal no ofrece ninguna medida positiva en la que el contraste pueda sostenerse. Este argumento no usa $D = 3$ ni la geometría emergida. $\square$

Observación. La proposición fija el criterio: soporte de medida positiva. Que esa medida sea un área y no una longitud o un volumen es el contenido del principio siguiente, que se enuncia como tal y no como teorema.

Principio 2.15 (Soporte mínimo: la frontera). *El soporte mínimo de una distinción realizada es la primera medida de soporte positiva que separa la distinción de su contraste inmediato: su frontera. Un volumen genuino tiene interior y exige unidades distintas de su frontera (Teorema de Redundancia Necesaria), de modo que es una agrupación y no una unidad elemental; un punto o una línea ideal tienen soporte nulo (Proposición 2.14). Lo elemental es, por tanto, una superficie de medida B .*

Observación (Estatus lógico). La exclusión del punto y de la línea sigue de la positividad del soporte; la exclusión del volumen sigue de la composición. La identificación de la frontera con una superficie de dimensión $[L^2]$ usa la geometría $D = 3$ emergida del grafo relacional, que se obtuvo sin usar la dimensión de B . Esta secuencia es una construcción autoconsistente, no un círculo, pero el principio de frontera es una premisa y está declarado como tal.

3. Teorema de No Escala Intermedia

Teorema 3.1 (No Escala Intermedia). *No existe ninguna escala física intermedia entre B y las configuraciones macroscópicas de $C(B)$. Toda magnitud física es, o bien un múltiplo entero de B , o bien una correlación entre múltiplos de B .*

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal, toda entidad física X es idénticamente $C(B)$: una configuración de N distinciones de medida B , sin remanente. Supóngase que existiera una magnitud física Y a una escala intermedia, ni un múltiplo entero de B ni una correlación entre configuraciones $C(B)$. Por la Definición de Ámbito, Y admitiría un procedimiento operacional finito que la distingue de su ausencia, luego Y es físicamente realizada y, por el Teorema de Realizabilidad, $A(Y) = BN(Y)$ para algún $N(Y) \in \mathbb{N}$: Y es, después de todo, un múltiplo entero de B o una correlación entre tales múltiplos (toda relación entre dos o más configuraciones $C(B)$ es, por definición, una correlación). Contradicción con la hipótesis de que Y escapaba a ambas categorías. Luego ninguna escala intermedia es físicamente realizada. $\square$

Corolario 3.2 (Inexistencia de Nuevas Constantes).

$$h = \frac{Bc^3}{G}; \quad G = \frac{Bc^3}{h}; \quad c = \left(\frac{hG}{B} \right)^{1/3}.$$

Corolario 3.3 (Inexistencia de Fuerzas Fundamentales). *Toda interacción es manifestación de la Exclusión (efecto repulsivo), del Confinamiento Inmanente (efecto atractivo), o de una reorganización de correlaciones.*

Corolario 3.4 (Inexistencia de Partículas Fundamentales). *Toda partícula es una configuración con carga topológica $q_\gamma \neq 0$, una excitación de la red, o una correlación estabilizada en $\delta \rightarrow 0$.*

4. Ámbito y Determinación de las Constantes Físicas

La teoría de la Distinción no puede limitar el criterio de realizabilidad a entidades, estructuras geométricas o configuraciones de materia. Si una magnitud posee consecuencias físicamente observables, entonces ella misma debe pertenecer al Ámbito de la Física.

Esto conduce a una extensión necesaria del principio de inmanencia: no sólo las entidades físicas deben poder realizarse internamente, sino también las magnitudes mediante las cuales se describen sus diferencias observables.

Resultado. Observable físico $\Rightarrow$ distinción operacional $\Rightarrow$ realización $\Rightarrow$ Ámbito.

Por consiguiente, una constante física no puede ser considerada una propiedad física simplemente porque aparezca escrita en una ecuación. Su pertenencia a la teoría debe estar justificada por su realizabilidad operacional.

La pregunta fundamental deja entonces de ser: “¿Cuál es el valor de la constante?” y pasa a ser: “¿Qué diferencia físicamente realizable mide esta constante?”

Esta inversión es esencial. Una teoría puede introducir matemáticamente cualquier número. Lo que no puede introducir arbitrariamente es una nueva propiedad física sin demostrar cómo puede realizarse y distinguirse dentro del Ámbito.

4.1. Constante matemática y constante física

Debe distinguirse entre una constante matemática, una convención de unidades, un parámetro empírico y una constante físicamente fundamental.

Una constante matemática pertenece a la estructura formal utilizada para representar la teoría. Una convención de unidades establece una escala de representación. Un parámetro empírico es un valor obtenido mediante medición. Una constante físicamente fundamental, en cambio, pretende representar una propiedad necesaria de la realidad física.

Estas categorías no son intercambiables. En particular,

$$\text{medir un parámetro} \neq \text{derivar el parámetro.}$$

Y, de igual manera,

reproducir un observable después de ajustarlo $\neq$ predecir independientemente el observable.

La teoría de la Distinción no impide que una teoría física contenga datos experimentales. Lo que impide es confundir un dato introducido externamente con una consecuencia necesaria de la teoría.

4.2. Principio de Compatibilidad Universal con Ámbito

Proposición 4.1 (Compatibilidad Universal con Ámbito). *Toda entidad, magnitud, constante, parámetro o grado de libertad que posea estatus físico debe admitir una realización dentro del Ámbito mediante un procedimiento operacional finito y distinguible. Una estructura que no pueda satisfacer esta condición no constituye una propiedad física fundamental de la teoría.*

En forma simbólica:

$$X \in \mathfrak{F} \implies X \in \text{Ámbito} \implies X \text{ es operacionalmente realizable.}$$

Aquí $\mathfrak{F}$ denota el conjunto de magnitudes con pretensión de estatus físico. La contraposición proporciona el criterio de exclusión:

$$X \notin \text{Ámbito} \implies X \notin \mathfrak{F}.$$

No se introduce una tercera categoría de “propiedad física pendiente de justificación”. La falta de realizabilidad no constituye una libertad teórica. Constituye exclusión del contenido físico.

4.3. El fundamento de la poda

La necesidad de esta restricción es consecuencia directa de la definición operacional de realidad.

Si una magnitud K produce una diferencia observable, entonces debe existir un procedimiento mediante el cual dos estados que difieren en K puedan ser distinguidos:

$$K_1 \neq K_2 \implies \exists \mathcal{P} : \mathcal{P}(K_1) \neq \mathcal{P}(K_2).$$

Por tanto, K pertenece al Ámbito.

Si, por el contrario, no existe ningún procedimiento operacional finito que distinga físicamente sus posibles valores, entonces:

$$K_1 \neq K_2 \text{ matemáticamente}$$

no implica:

$$K_1 \neq K_2 \text{ físicamente.}$$

La diferencia matemática no basta para establecer una diferencia física.

Así, la teoría aplica a las constantes exactamente el mismo criterio que aplica a cualquier otra entidad:

$$\text{diferencia formal} \neq \text{diferencia física.}$$

4.4. Reducción de una constante a la realización fundamental

La teoría establece como identidad fundamental:

$$\text{distinción} \equiv \text{información} \equiv \text{soporte.}$$

El soporte mínimo de una distinción se representa mediante B , con $B > 0$.

Toda realización física finita puede expresarse mediante configuraciones de estas unidades elementales: C_B . Por tanto, una magnitud física admisible debe poseer una realización operacional de la forma

$$K = \mathcal{F}_K(B, C_B)$$

donde $\mathcal{F}_K$ no introduce grados de libertad físicos adicionales, sino que expresa una propiedad de la configuración realizable de B .

La expresión anterior debe interpretarse como una condición de admisibilidad, no como una afirmación de que toda constante conocida haya sido ya derivada. La distinción es crucial:

$$K \in \mathfrak{F} \implies K = \mathcal{F}_K(B, C_B)$$

es una condición de pertenencia al marco físico, mientras que

$$K = \mathcal{F}_K(B, C_B) \quad \text{con forma explícita y única}$$

es una tarea de derivación. La primera excluye libertades extrínsecas; la segunda determina cuantitativamente la magnitud.

4.5. Teorema de Exclusión de Parámetros Extrínsecos

Teorema 4.2 (Exclusión de Parámetros Extrínsecos). *Sea K un parámetro introducido por una teoría física T . Si K posee consecuencias observables, entonces K pertenece al Ámbito y debe admitir una realización operacional finita.*

Si, además, K pretende constituir un grado de libertad fundamental de T , entonces su valor no puede permanecer como una libertad física arbitraria: debe estar determinado por una medición

operacional independiente o por una consecuencia necesaria de la estructura realizable de la teoría.

Si K no admite ninguna de estas dos formas de determinación, entonces K no constituye una propiedad física fundamental de T .

Demostración. Si K posee consecuencias observables, existen estados físicamente distinguibles cuya diferencia depende de K . Por definición de realidad física, dicha diferencia debe ser operacionalmente realizable y, por tanto, K pertenece al Ámbito.

Si K es además una libertad fundamental de la teoría, su valor debe tener un significado físico independiente. Esto exige que pueda ser determinado mediante un procedimiento de medición o que sea consecuencia necesaria de la estructura fundamental.

Si ninguna de estas condiciones se cumple, los diferentes valores de K constituyen únicamente alternativas formales de la representación matemática. No existe entonces un procedimiento físico que determine cuál de ellos corresponde a la realidad. Por tanto, K no posee estatus de propiedad física fundamental dentro de T . $\square$

4.6. No compensación entre parámetros

La introducción de parámetros libres permite, en principio, compensar una discrepancia experimental modificando otro elemento de la teoría. Pero esta posibilidad no constituye una explicación física.

Sea un observable $O = O(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$. Si los parámetros θ_i pueden modificarse libremente, entonces una coincidencia $O_{\text{teoría}} = O_{\text{experimento}}$ no demuestra por sí misma que la teoría haya determinado O . La razón es que puede existir una familia de valores $\Theta = \{\theta_1, \dots, \theta_n\}$ capaz de reproducir el mismo observable.

Por tanto:

$$\text{ajuste} \neq \text{determinación}.$$

Una teoría gana contenido predictivo solamente cuando la estructura interna reduce las posibilidades antes de utilizar el resultado que pretende predecir.

4.7. Teorema de No Compensación Física

Teorema 4.3 (No Compensación Física). *Sea O un observable y sea K un parámetro de una teoría T . Si el valor de K es determinado utilizando experimentalmente el mismo observable O , entonces la reproducción posterior de O mediante $O_{\text{teoría}}(K)$ no constituye una predicción independiente de O . En particular,*

$$K = K(O_{\text{exp}}) \implies O_{\text{teoría}}(K(O_{\text{exp}}))$$

es una reconstrucción condicionada por el dato O_{exp} , no una predicción independiente de dicho dato.

Demostración. El valor de K contiene información procedente de O_{exp} . Cuando K se introduce nuevamente en la expresión teórica de O , la información experimental utilizada para determinar K reaparece en la conclusión. Por tanto, la coincidencia obtenida demuestra consistencia con el dato utilizado para determinar K , pero no independencia predictiva respecto de ese mismo dato. La predicción independiente exige que los parámetros utilizados hayan sido determinados mediante información distinta de la observable que se pretende predecir. $\square$

Este resultado no afirma que un ajuste experimental carezca de utilidad. El ajuste puede determinar parámetros y permitir cálculos posteriores. Lo que se excluye es la identificación lógica entre ajuste y predicción independiente.

4.8. La constante como medida de una realización de B

La pregunta fundamental para cualquier constante física K queda ahora determinada:

¿Qué propiedad operacionalmente distinguible de una realización de B mide K ?

La respuesta debe adoptar alguna forma físicamente realizable. Por ejemplo, K puede medir:

- (a) una cantidad de soporte,
- (b) una relación entre cantidades de soporte,
- (c) una tasa de reconfiguración,
- (d) una relación de fase o holonomía,
- (e) una propiedad topológica de la configuración,
- (f) un cociente entre observables construidos sobre B .

Esta clasificación no constituye una lista de nuevos postulados. Son formas posibles de operacionalización que deben ser verificadas para cada magnitud concreta.

La teoría no permite añadir una séptima categoría consistente en: “propiedad fundamental sin realización”. Por definición, tal categoría queda fuera del Ámbito.

4.9. El caso de las constantes adimensionales

Las constantes adimensionales requieren una restricción adicional.

Si B constituye el cuanto elemental de realización, una cantidad adimensional no puede obtener significado físico simplemente asignándole un valor numérico. Debe representar una relación físicamente distinguible. Por tanto:

$$\alpha \in \mathbb{R}, \quad [\alpha] = 1$$

no constituye todavía una explicación física. Debe existir una construcción del tipo

$$\alpha = \frac{F_1(B, C_B)}{F_2(B, C_B)}$$

o un invariante equivalente que pueda realizarse operacionalmente. Si no existe tal construcción, el número puede ser matemáticamente definible pero no queda determinado como una propiedad fundamental de la teoría.

Este punto generaliza la lógica del Teorema de No Escala Intermedia: la teoría no puede introducir una escala, razón o número adimensional simplemente porque sea compatible algebraicamente con las ecuaciones. Debe existir una realización interna.

4.10. Generalización del Teorema de No Escala Intermedia

Proposición 4.4 (Ausencia de Libertad Física Extrínseca). *Si una magnitud K no puede expresarse como una propiedad operacionalmente realizable de configuraciones de B , entonces K no puede introducirse como un grado de libertad físico independiente.*

En consecuencia:

$$\text{realización} \Rightarrow \text{magnitud física}$$

pero no:

$$\text{magnitud matemática} \Rightarrow \text{realización física.}$$

4.11. Poda ontológica de las constantes

La consecuencia metodológica es una nueva poda ontológica. Ante una constante o parámetro K , la teoría procede en el siguiente orden:

1. ¿Produce una diferencia observable?
2. ¿Esa diferencia es operacionalmente realizable?
3. ¿Puede realizarse mediante la estructura de B ?
4. ¿Está determinada por la estructura o medida independientemente?

Si alguna respuesta necesaria es negativa: $K \notin$ contenido físico fundamental.

No se introduce entonces una nueva hipótesis para rescatar K . La teoría debe aceptar la exclusión. Esta regla es deliberadamente estricta. Su finalidad es impedir que una libertad eliminada en un nivel reaparezca posteriormente bajo otro nombre.

4.12. No se permite reintroducir la libertad por otra vía

La poda sólo es efectiva si se aplica de manera recursiva.

Si la teoría establece: “no existe escala fundamental intermedia”, no puede introducir posteriormente un parámetro que reproduzca esa escala y declararlo independiente.

Del mismo modo, si establece: “toda magnitud física debe ser realizable”, no puede introducir posteriormente una constante K sin realización y declararla fundamental.

En ambos casos se estaría cometiendo la misma operación lógica: reintroducir por la puerta trasera lo que se excluyó por la puerta principal.

Resultado. Una libertad eliminada por Ámbito no puede reaparecer como constante, parámetro, escala, campo o correlación no derivada.

4.13. Predicción, medición y representación

La teoría distingue tres situaciones que no deben confundirse.

Magnitud derivada. Una magnitud es derivada cuando su valor queda determinado por la estructura fundamental: $K = \mathcal{F}(B, C_B)$.

Magnitud medida. Una magnitud puede ser introducida provisionalmente como dato experimental si su valor es obtenido mediante un procedimiento operacional independiente. Esto establece su existencia empírica, pero no demuestra todavía que la teoría explique su origen.

Magnitud representacional. Una cantidad puede aparecer por elección de unidades o por una transformación de representación. En ese caso no constituye una propiedad física adicional.

Por tanto:

$$\text{derivada} \neq \text{medida} \neq \text{convencional}.$$

La teoría debe mantener estas categorías separadas.

4.14. Criterio de independencia predictiva

Sea Θ_{in} el conjunto de datos utilizados para determinar los parámetros de una teoría, y sea O_{out} un observable calculado posteriormente. La predicción es independiente solamente si $O_{\text{out}} \neq \Theta_{\text{in}}$. Más precisamente, ninguna información experimental esencial para determinar O_{out} puede haber sido utilizada previamente para fijar los grados de libertad mediante los cuales se calcula O_{out} . La condición conceptual es:

$$\text{información de entrada} \neq \text{información que se declara predicha}.$$

Esta distinción permite evaluar el contenido predictivo de cualquier teoría sin juzgarla por el número bruto de parámetros.

4.15. La condición extrema de la Teoría de la Distinción

La Teoría de la Distinción lleva esta exigencia hasta su fundamento. Si B es el cuanto elemental de realización, y si toda realidad física debe ser distinguible y realizable, entonces no puede existir una propiedad física fundamental completamente independiente de B .

Resultado. Toda medición física mide una diferencia realizable de una configuración de B .

Esto no significa que todos los observables tengan la misma forma matemática. Significa que todos poseen el mismo fundamento ontológico de realizabilidad. Así:

$$\text{observable} \rightarrow \text{distinción} \rightarrow \text{configuración} \rightarrow B.$$

Una constante física K sólo adquiere significado fundamental cuando puede insertarse en esta cadena.

4.16. Teorema de Reducción Universal de Constantes

Teorema 4.5 (Reducción Universal de Constantes). *Sea K una constante que pretenda formar parte de una descripción física fundamental. Si K posee efectos observables dentro de Ámbito, entonces su valor debe corresponder a una propiedad operacionalmente distinguible de una realización de B . En consecuencia, K no puede constituir una entidad física independiente de la estructura de realizabilidad fundamental.*

Demostración. Por hipótesis, K posee efectos observables. Por definición de Ámbito, dichos efectos deben poder distinguirse mediante un procedimiento operacional finito.

Toda diferencia físicamente distinguible requiere una realización. La teoría identifica la realización elemental con la distinción y el soporte mínimo con B . Por tanto, la realización de K debe corresponder a una configuración o relación entre distinciones elementales.

En consecuencia, existe una descripción operacional de K en términos de una configuración realizable de B :

$$K = \mathcal{F}_K(B, C_B).$$

Si no existe tal realización, la hipótesis de que K posee efectos físicos contradice el criterio de Ámbito. Por tanto, una constante físicamente fundamental no puede ser extrínseca a la estructura de realización de B . $\square$

4.17. Alcance y límite del teorema

El teorema anterior no afirma que la forma explícita de todas las constantes conocidas haya sido ya derivada. Afirma algo anterior y más restrictivo: ninguna constante puede ser fundamentalmente física si no posee una realización dentro de Ámbito. La derivación cuantitativa de una constante concreta constituye una tarea posterior.

Esta separación es indispensable para evitar una conclusión circular. No se debe escribir: “todo está explicado porque todo depende de B ”. La afirmación correcta es: “todo lo que pretenda ser fundamentalmente físico debe poder realizarse dentro de la estructura de B ”. La primera sería una afirmación de suficiencia no demostrada. La segunda es una condición de consistencia impuesta por Ámbito.

4.18. Resultado conceptual

La extensión completa puede resumirse en una sola cadena:

Resultado. Ámbito $\Rightarrow$ realizabilidad, realizabilidad $\Rightarrow$ distinción, distinción $\Rightarrow B$, $B \Rightarrow$ configuración relacional, configuración relacional $\Rightarrow$ observable, observable $\Rightarrow$ medición.

Por tanto: Ámbito $\Rightarrow$ qué puede existir $\Rightarrow$ qué puede distinguirse $\Rightarrow$ qué puede medirse $\Rightarrow$ qué puede constituir una constante física legítima.

La teoría no necesita una lista adicional de permisos para entidades externas: la exclusión ya está contenida en *Ámbito*. La restricción ya está contenida en el criterio fundamental de realidad.

Una libertad que no puede realizarse no es una libertad física. Una constante que no mide ninguna diferencia realizable no es una constante física fundamental. Una escala que no puede emerger de la estructura realizable no puede introducirse para reparar la teoría. Y un parámetro ajustado con el mismo observable que posteriormente se declara “predicho” no constituye una predicción independiente.

5. Auditoría de Constantes Físicas: Dimensionales y Adimensionales

De que toda entidad física sea una configuración de B , no se sigue que una sola unidad B determine automáticamente cualquier número. Es necesaria una distinción adicional entre dos clases de constantes.

Una constante dimensional puede expresar una conversión entre dos maneras de medir configuraciones de B : soporte, orden de reconfiguración, orientación de fase, densidad relacional. Una constante adimensional, en cambio, no puede ser una medida de B en sentido dimensional, porque B tiene dimensión de área en esta teoría. Debe ser una de estas cosas:

- conteo,
- cociente de conteos,
- invariante topológico,
- normalización representacional,
- o dato empírico independiente.

Si no es ninguna, es exceso físico no determinado.

Proposición 5.1 (Reducción de Constantes Físicas). *Toda constante físicamente relevante debe corresponder a una medición, una relación o una invariancia de configuraciones realizadas de B . Ninguna constante puede constituir una cualidad física independiente de la red de distinciones.*

Cuadro 5.1: Clasificación provisional de las constantes empleadas en este documento, según el Principio de Reducción de Constantes Físicas. La tabla no afirma que cada renglón esté ya derivado en forma cuantitativa única; registra únicamente la categoría a la que cada constante debe pertenecer para ser admisible.

Constante	Qué mide operacionalmente	Estatus
B	soporte mínimo realizable	derivada como cuanto
k_B	traducción del conteo a termodinámica	representacional
$\hbar$	c cuanto de acción relacional	traducción a mecánica cuántica
c	relación entre propagación y orden	traducción cinemática
G	normalización de respuesta geométrica	relación emergente
adimensional	conteo, topología o dato	debe auditarse

Por ejemplo, la entropía aparece en esta teoría como conteo de distinciones, $S = k_B(A/B) \ln 2$; ahí k_B no es una sustancia física adicional, sino el factor convencional que traduce un conteo adimensional de configuraciones distinguibles al lenguaje termodinámico de energía por temperatura. De forma análoga, si el documento identifica $B \sim hG/c^3$, no debe tratar a $\hbar$, G y c como tres primitivas independientes, sino como tres traducciones convencionales de una misma estructura más fundamental – soporte elemental, orden de reconfiguración y propagación relacional. El punto no es imponer una fórmula por análisis dimensional, sino identificar el procedimiento operacional que cada una mide.

La auditoría, aplicada a cualquier constante, debe preguntar en orden:

1. ¿Qué diferencia física distingue?
2. ¿Qué configuración o relación de B realiza esa diferencia?
3. ¿Es un conteo?
4. ¿Es un cociente de dos conteos?
5. ¿Es una traducción entre unidades convencionales?
6. ¿Es un invariante de fase, orientación o topología?
7. Si no es nada de eso, ¿fue medida independientemente?
8. Si tampoco fue medida, ¿por qué pertenece a la física?

Observación 5.2 (Límite de este capítulo). No se afirma todavía que “toda constante conocida queda derivada de B ”: esa afirmación sería más fuerte que lo demostrado en este documento. La afirmación rigurosa, y la única que este capítulo sostiene, es: *toda constante física legítima debe ser reductible a B , a relaciones de B , o a una medición independiente*. Esto permite abarcar todas las constantes empleadas en el documento sin caer en el error que la propia teoría critica: inventar una constante o una estructura adicional porque resulta conveniente.

III. Agrupaciones

6. Fuerza empírica y fuerza fundacional: partículas y campos

6.1. Dos fuerzas teóricas distintas

Una teoría que postula sus entidades y acierta en sus predicciones posee fuerza empírica: su formalismo organiza observaciones y produce resultados que resisten mediciones reproducibles. Una teoría que deriva sus entidades a partir de un criterio de existencia y no necesita introducir predicciones nuevas para que ese criterio sea válido posee fuerza fundacional. Ambas fuerzas pueden coexistir, pero no son la misma; la segunda es más rara, más difícil y más profunda.

El Modelo Estándar posee resultados empíricos, pero sus entidades ontológicas no han demostrado superar la cadena de Ámbito. La Teoría de la Distinción plantea una exigencia diferente: antes de aceptar un electrón, un quark o un campo como entidad física, debe demostrarse que realiza

$$B = \text{distinción físicamente realizada} = \text{información existente} = \text{área existente}.$$

El éxito predictivo de una entidad postulada no demuestra por sí solo su realizabilidad ontológica.

Definición 6.1 (Realización física de una entidad). Una entidad X está físicamente realizada cuando existe una configuración finita de distinciones con

$$I(X) \geq 1, \quad A(X) = BI(X) \geq B,$$

que la distingue de la ausencia, conserva sus propiedades relevantes y admite seguimiento de identidad mediante procedimientos físicamente admisibles.

6.2. Prioridad de la realizabilidad sobre la interpretación

Teorema 6.2 (Prioridad de la realizabilidad física). *El acierto predictivo de una entidad postulada por una teoría no demuestra por sí solo que esa entidad sea físicamente realizable. Para adquirir ese estatus debe existir una realización que satisfaga el criterio de Ámbito y la identidad $B = D_{\text{phys}} = I_{\text{phys}} = A_{\text{phys}}$.*

Demostración. Sea X una entidad postulada y sea $\mathcal{O}_X$ un conjunto de resultados reproducibles que el formalismo calcula correctamente. El experimento establece que $\mathcal{O}_X$ se distingue de los resultados de ausencia, pero no determina por sí solo que la causa ontológica sea exactamente X . Para que X sea físicamente real debe existir una realización $\mathcal{R}_X$ con $I(\mathcal{R}_X) \geq 1$ y $A(\mathcal{R}_X) \geq B$, además de una relación operacional que lleve $\mathcal{R}_X$ a $\mathcal{O}_X$. Si no existe tal realización, X es una variable explicativa o representacional que organiza los datos, no una entidad física demostrada. Por tanto, predicción correcta no implica realizabilidad ontológica. $\square$

6.3. Imposibilidad de una partícula desnuda o literalmente puntual

Teorema 6.3 (Inexistencia de la partícula desnuda). *Ninguna partícula puede existir físicamente sin distinción realizada, información existente, área de soporte y configuración relacional.*

Demostración. Supóngase una partícula P sin realización. Si $A(P) = 0$, entonces $I(P) = A(P)/B = 0$ y P es operacionalmente indistinguible de la ausencia. Si existe área pero ninguna configuración que la distinga, dos regiones con el mismo soporte producen los mismos resultados y P sigue siendo indistinguible. Si se asignan masa, carga o espín sin realizarlos en una configuración, son etiquetas matemáticas sin consecuencias propias. Finalmente, si P afecta a un detector, la diferencia del detector requiere una relación o configuración física entre ambos. En todos los casos la ausencia de realización contradice Ámbito. Luego toda partícula real posee una configuración de distinciones realizada. $\square$

Teorema 6.4 (Imposibilidad de la partícula puntual literal). *Una partícula interpretada literalmente como una entidad de área nula no puede satisfacer el criterio de existencia física.*

Demostración. La interpretación puntual literal da $A(P) = 0$. Pero toda entidad no nula debe satisfacer $A(P) = BI(P) \geq B > 0$. La contradicción excluye la bolita puntual sin soporte. Esto no excluye una descripción efectiva puntual de una configuración cuyo soporte interno no haya sido resuelto experimentalmente. $\square$

6.4. Necesidad de un campo o configuración realizadora

Teorema 6.5 (Necesidad del campo físico realizador). *Toda partícula físicamente existente requiere un campo o configuración de campo físicamente real, fundamental, emergente o compuesta, que realice su soporte, propiedades, identidad e interacciones.*

Demostración. Supóngase que P existe pero no existe ninguna configuración Φ_P . Sin soporte se obtiene $A = I = 0$ y P es indistinguible de la ausencia. Con soporte pero sin configuración no hay diferencia operacional entre la región de P y una región vacía equivalente. Con propiedades no realizadas, masa, carga o espín son etiquetas sin efecto. Sin una relación realizadora, un detector no puede pasar de D_0 a un estado distinguible D_P . Sin una configuración que se conserve o transforme, tampoco hay identidad a través del cambio. Cada alternativa contradice una condición de existencia física. Por reducción al absurdo, existe Φ_P . $\square$

6.5. No Escala Intermedia y partículas del Modelo Estándar

Teorema 6.6 (No fundamentalidad de una entidad intermedia). *Ninguna partícula, campo o parámetro del Modelo Estándar puede ser una existencia fundamental independiente situada entre B y las configuraciones compuestas.*

Demostración. Sea X una entidad postulada como fundamental. Si no realiza ninguna distinción, $I(X) = A(X) = 0$ y no existe físicamente. Si realiza una distinción, $I(X) \geq 1$ y $A(X) \geq B$. Para $I(X) = 1$, X es la realización elemental B , no una entidad adicional. Para $I(X) > 1$, X es una agrupación o correlación de realizaciones de B . El Teorema de No Escala Intermedia excluye una cuarta posibilidad: una sustancia elemental independiente situada entre el cuanto y las configuraciones. Por tanto, X es B , una configuración de B , una representación efectiva o una entidad sin realización física; nunca una nueva unidad fundamental autónoma. $\square$

Corolario 6.7 (Estatus del electrón). *El electrón no puede existir como bolita puntual literal de área nula. Si los resultados atribuidos al electrón corresponden a una entidad física, debe existir una realización Φ_e con*

$$A(\Phi_e) \geq B, \quad I(\Phi_e) \geq 1.$$

El formalismo local del Modelo Estándar puede ser una representación empírica exitosa, pero no demuestra por sí solo que su electrón puntual sea la realización fundamental de esos resultados.

6.6. Hadrones y quarks como configuraciones relacionales de B

La terminología “quark” y “hadrón” no introduce dos clases de sustancias fundamentales. En la Teoría de la Distinción, ambos nombres se refieren a niveles diferentes de descripción de una misma realización relacional de B .

Definición 6.8 (Configuración hadrónica). Una configuración hadrónica es una configuración finita, conectada y operacionalmente distinguible de realizaciones elementales de B :

$$\mathcal{H} = C(B; V, E, \delta, U, \mathcal{I}),$$

donde $V = \{B_i\}_{i=1}^N$ es el conjunto de distinciones realizadas, E es el conjunto de relaciones o gaps, δ asigna sus separaciones relacionales, U asigna sus orientaciones de fase y $\mathcal{I}$ contiene los invariantes relacionales que permiten seguir la identidad de la configuración.

La configuración hadrónica es físicamente realizada solamente si

$$N \geq 1, \quad I(\mathcal{H}) = N, \quad A(\mathcal{H}) = BN,$$

y si existe un procedimiento finito que la distingue de su ausencia y de las configuraciones físicamente diferentes.

Teorema 6.9 (Realización relacional del hadrón). *Todo hadrón físicamente realizado es una configuración relacional de B y no una sustancia adicional:*

$$\boxed{\mathcal{H} = C(B; V, E, \delta, U, \mathcal{I}).}$$

Su identidad, carga, masa, espín, estabilidad y demás propiedades físicas solo existen como invariantes, correlaciones o respuestas de esa configuración completa.

Demostración. Por Ámbito, un hadrón físicamente existente debe distinguirse de su ausencia mediante un procedimiento finito. Por Realización, esa distinción posee soporte positivo y satisface $A(\mathcal{H}) = BI(\mathcal{H})$, con $I(\mathcal{H}) = N \geq 1$. Por Identidad Universal, toda realización física es $C(B)$. Las relaciones que mantienen distinguibles las unidades B_i forman E , sus separaciones forman δ , sus fases y orientaciones forman U , y los invariantes que permiten reconocer la configuración durante una transformación forman $\mathcal{I}$. No queda ningún soporte ni propiedad hadrónica fuera de esta configuración. Por tanto, el hadrón realizado es la configuración relacional completa y no una sustancia independiente. $\square$

Definición 6.10 (Modo quark). Un modo quark q_a es un sector, patrón o invariante relacional definido sobre una configuración hadrónica:

$$q_a = \mathcal{Q}_a(\mathcal{H}), \quad \mathcal{H} = C(B; V, E, \delta, U, \mathcal{I}).$$

El símbolo q_a no designa una realización adicional, un soporte separado ni una sustancia elemental. Designa una característica de la organización global de $\mathcal{H}$.

Teorema 6.11 (No fundamentalidad del quark). *Ningún quark puede existir como entidad fundamental autónoma, aislada y separada de la configuración relacional que lo realiza. Todo quark físicamente atribuible es un modo relacional de una configuración $C(B)$:*

$$\boxed{q_a \neq B, \quad q_a \neq \text{sustancia independiente}, \quad q_a = \mathcal{Q}_a(C(B)).}$$

Demostración. Si q_a no realizara ninguna distinción, entonces $I(q_a) = A(q_a) = 0$ y sería indistinguible de la ausencia. Si realizara una distinción elemental, sería la propia unidad B , no una entidad quark adicional. Si realizara más de una distinción, sería una configuración o correlación de unidades B . Finalmente, si sus propiedades dependieran de relaciones con otros constituyentes, dichas relaciones formarían parte de E , δ , U e $\mathcal{I}$ de la configuración completa. En ningún caso queda una entidad autónoma situada entre B y la configuración. Luego el quark solo tiene estatus físico como modo relacional de $C(B)$. $\square$

Corolario 6.12 (Confinamiento relacional del quark). *La separación matemática de un modo q_a no implica la separación física de una entidad. Un quark aislado entendido como soporte propio, cerrado y físicamente independiente no satisface la cadena de Ámbito. La realización física corresponde a la configuración relacional completa $\mathcal{H}$, mientras que los quarks son sectores internos de su descripción.*

Corolario 6.13 (Estatus físico de las observaciones hadrónicas). *Las masas, cargas, espines, resonancias y demás resultados atribuidos a hadrones o a modos quark pueden ser distinciones físicas reales cuando proceden de una interacción registrable. Esos resultados no convierten los nombres “hadrón” o “quark” en sustancias fundamentales: los observables pertenecen a la configuración $\mathcal{H} = C(B)$ y a sus invariantes relacionales.*

Nombre	Estatus en la Teoría de la Distinción
hadrón	configuración relacional físicamente realizada de B
quark	modo o invariante relacional de esa configuración
quark aislado fundamental	excluido por Ámbito y No Escala Intermedia
propiedad hadrónica	invariante o respuesta de $C(B)$

6.7. Conclusión: qué demuestra cada fuerza

La fuerza empírica demuestra que un formalismo acierta al organizar resultados. La fuerza fundacional demuestra qué puede existir y cómo se realiza antes de usarlo para explicar. Por ello, la Teoría de la Distinción no debe afirmar sin demostración que el Modelo Estándar describe configuraciones físicamente reales: primero debe demostrarse la realizabilidad de sus entidades. La cadena exigida es

$$\begin{aligned}
 \text{resultado medido} &\Rightarrow \text{distinción experimental} \\
 &\Rightarrow \text{realización con } B \\
 &\Rightarrow \text{entidad físicamente admisible.}
 \end{aligned}$$

El primer paso puede estar confirmado empíricamente; los pasos ontológicos adicionales requieren demostración fundacional.

7. Principio de Identidad – Todo es $C(B)$

Teorema 7.1 (Identidad Universal). *Para toda entidad física X , $X \equiv C(B)$: X es idénticamente una configuración de N distinciones efectuadas con medida mínima B .*

Demostración. Por reducción al absurdo. Supóngase que existe X cuya medida no es de la forma $C(B)$.

Caso 1: su medida no es múltiplo entero de B – existiría una distinción con medida menor que B , contradiciendo el Cuanto.

Caso 2: su efectuación ocupa la misma medida que otra ya efectuada, $B_i \cap B_j \neq \emptyset$ – viola Exclusión.

Caso 3: existe con $A > 0$ pero sin N asociado – viola Realizabilidad $A = BN$.

Agotadas las alternativas, todo X es necesariamente $C(B)$. □

Corolario 7.2 (Unicidad de la Sustancia). *No existen sustancias distintas en la naturaleza. Lo que llamamos sustancias distintas son configuraciones distintas de un mismo acto fundamental: distinguir.*

8. Dinámica relacional unificada: estructura, fase y configuración

8.1. Principio de continuidad con el fundamento

La dinámica de la Teoría de la Distinción no requiere introducir campos independientes como entidades fundamentales. Su punto de partida es la realización física de distinciones y las relaciones que mantienen entre sí.

La cadena fundamental es

$$B \longrightarrow \{\text{distinciones}\} \longrightarrow \{\text{relaciones}\} \longrightarrow \text{configuración} \longrightarrow \text{reconfiguración}. \quad (8.1)$$

El *gap* relacional constituye la relación física que mantiene distinguibles dos realizaciones. Para un *gap* e se tiene

$$c_e = B + \delta_e, \quad \delta_e \geq 0, \quad (8.2)$$

donde B representa el cuanto elemental de realizabilidad y δ_e el exceso relacional respecto de dicho cuanto.

El costo relacional de una configuración puede escribirse como

$$K(C) = \sum_{e \in E(C)} (B + \delta_e). \quad (8.3)$$

La evolución física consiste, por tanto, en una sucesión de reconfiguraciones físicamente admisibles. La incorporación de la fase no introduce una segunda sustancia física, sino una segunda propiedad relacional del mismo sistema de gaps.

8.2. El gap como unidad relacional completa

Sea

$$e = (i, j) \quad (8.4)$$

un gap que relaciona dos distinciones físicamente realizadas.

Su descripción relacional mínima puede expresarse mediante el par

$$e \longmapsto (\delta_e, \theta_e). \quad (8.5)$$

La variable δ_e describe el estado estructural del gap, mientras que θ_e describe su orientación de fase cuando el gap se encuentra en régimen abierto.

Estas variables no representan dos objetos físicos distintos. Representan dos propiedades de una misma relación físicamente realizada.

El costo estructural viene dado por

$$c_e = B + \delta_e. \quad (8.6)$$

La fase puede representarse mediante

$$U_e = e^{i\theta_e} \in U(1). \quad (8.7)$$

La condición de apertura del canal relacional es

$$\delta_e > 0. \quad (8.8)$$

En el límite de saturación,

$$\delta_e = 0, \quad (8.9)$$

el soporte elemental no desaparece, puesto que

$$c_e \longrightarrow B, \quad (8.10)$$

pero el gap deja de constituir un canal abierto de transmisión de fase. Por tanto,

$$\boxed{\delta_e > 0 \implies \text{gap abierto y fase operacionalmente realizable}} \quad (8.11)$$

mientras que

$$\boxed{\delta_e = 0 \implies \text{soporte elemental conservado y canal de fase cerrado.}} \quad (8.12)$$

Esta distinción es fundamental: el cierre del canal de fase no equivale a la desaparición de la realización física.

8.3. Estado completo de una configuración

Una configuración física no queda descrita únicamente por su conectividad ni únicamente por sus gaps. Su estado relacional puede representarse como

$$\boxed{C_n = \left(\Gamma_n, \{\delta_e^{(n)}\}, \{U_e^{(n)}\} \right)}. \quad (8.13)$$

Aquí:

- Γ_n representa la estructura de conectividad de la configuración;
- $\delta_e^{(n)}$ representa el estado estructural de cada gap;
- $U_e^{(n)} = e^{i\theta_e^{(n)}}$ representa su orientación de fase cuando el gap es abierto.

La expresión (8.13) no introduce tres ontologías independientes. Describe una única configuración relacional mediante

$$\boxed{\text{topología + estructura de gap + orientación relacional.}} \quad (8.14)$$

La topología determina qué relaciones existen. El gap determina el estado estructural de esas relaciones. La fase determina cómo se compone la orientación relacional a través de ellas.

8.4. Historia física como sucesión de configuraciones

Una historia física puede representarse mediante una sucesión

$$C_0 \longrightarrow C_1 \longrightarrow C_2 \longrightarrow \cdots \longrightarrow C_n. \quad (8.15)$$

Cada transición

$$C_n \longrightarrow C_{n+1} \quad (8.16)$$

representa una reconfiguración físicamente realizable de las relaciones internas. El cambio fundamental no es, por tanto,

$$\text{objeto} \longrightarrow \text{objeto}, \quad (8.17)$$

sino

$$\boxed{\text{relación} \longrightarrow \text{reconfiguración de relaciones.}} \quad (8.18)$$

El tiempo convencional puede introducirse posteriormente como una parametrización de esta sucesión. No constituye inicialmente un escenario externo dentro del cual evolucionan las configuraciones.

8.5. Una única dinámica para estructura y fase

Una reconfiguración puede modificar simultáneamente

$$\delta_e \longrightarrow \delta'_e \quad (8.19)$$

y

$$\theta_e \longrightarrow \theta'_e. \quad (8.20)$$

Por tanto,

$$\boxed{\text{reconfiguración} = \text{cambio estructural} + \text{cambio de orientación relacional.}} \quad (8.21)$$

La hipótesis dinámica fundamental es entonces que una modificación del estado estructural de un gap puede modificar las condiciones bajo las cuales su fase es realizable, mientras que una modificación de la configuración de fase puede producir una respuesta estructural si ambas variables pertenecen a la misma relación física.

El problema dinámico fundamental queda expresado como

$$\boxed{\text{¿qué regla de selección relacional determina conjuntamente } \delta_e \text{ y } \theta_e?} \quad (8.22)$$

No se postula en este punto que las respuestas correspondientes sean gravedad o electromagnetismo. Esas identificaciones sólo pueden establecerse posteriormente mediante una correspondencia física demostrada.

8.6. Funcional relacional común

Como formalización matemática de la dinámica relacional demostrada puede introducirse un funcional

$$S_{\text{rel}}[\delta, U]. \quad (8.23)$$

Este funcional no constituye una nueva entidad física. Representa matemáticamente la regla dinámica de una red cuyas entidades fundamentales ya son las distinciones y sus relaciones.

Su variación formal puede escribirse como

$$\delta S_{\text{rel}} = \sum_e \frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \delta_e} \delta \delta_e + \sum_e \frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \theta_e} \delta \theta_e + \dots \quad (8.24)$$

La primera derivada representa la respuesta conjugada al estado estructural del gap,

$$\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \delta_e}, \quad (8.25)$$

mientras que la segunda representa la respuesta conjugada a su orientación de fase,

$$\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \theta_e}. \quad (8.26)$$

La estructura matemática común es, por tanto,

$$\boxed{\frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \delta} \quad \text{y} \quad \frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \theta}}. \quad (8.27)$$

Ambas proceden de una misma configuración relacional.

8.7. Compatibilidad con el costo relacional

Cualquier formalización dinámica debe conservar la estructura ya establecida para el costo de los gaps:

$$c_e = B + \delta_e, \quad \delta_e \geq 0. \quad (8.28)$$

En consecuencia,

$$c_e \geq B, \quad (8.29)$$

y

$$c_e = B \iff \delta_e = 0. \quad (8.30)$$

Una contribución estructural candidata debe ser función de estas cantidades:

$$S_{\text{str}} = \mathcal{F}(\{B + \delta_e\}, K(C)). \quad (8.31)$$

La forma concreta de $\mathcal{F}$ no queda fijada por esta expresión. No puede elegirse exclusivamente para reproducir una teoría externa. Su determinación constituye parte del problema dinámico de la teoría.

8.8. Acoplamiento entre gap y fase

Para un ciclo p se define la holonomía

$$U_p = \prod_{e \in \partial p} U_e^{s_{pe}} = e^{i\Theta_p}, \quad (8.32)$$

donde

$$\Theta_p = \sum_{e \in \partial p} s_{pe} \theta_e \pmod{2\pi}. \quad (8.33)$$

La holonomía requiere que los gaps que constituyen el ciclo permanezcan abiertos. Por tanto, su realización depende de las variables estructurales:

$$\delta_e > 0, \quad \forall e \in \partial p. \quad (8.34)$$

Se obtiene así una dependencia estructural inevitable:

$$\boxed{\delta \longrightarrow \text{dominio de realización de } \Theta.} \quad (8.35)$$

La dinámica completa debe investigar si existe además una dependencia inversa:

$$\boxed{\Theta \longrightarrow \text{respuesta sobre } \delta.} \quad (8.36)$$

Cuando ambas dependencias se derivan de una misma regla dinámica,

$$\boxed{\delta \leftrightarrow \Theta,} \quad (8.37)$$

estructura y fase dejan de ser sectores independientes y pasan a ser dos grados relacionales de una misma red.

8.9. Localidad relacional

La Inmanencia exige que una respuesta física dependa únicamente de relaciones físicamente accesibles.

Sea $\mathcal{N}(e)$ la vecindad relacional accesible del gap e . Una dinámica local en sentido relacional debe satisfacer

$$\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \delta_e} = F_e(\delta_{\mathcal{N}(e)}, \theta_{\mathcal{N}(e)}, K(\mathcal{N}(e))), \quad (8.38)$$

y

$$\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \theta_e} = G_e(\delta_{\mathcal{N}(e)}, \theta_{\mathcal{N}(e)}). \quad (8.39)$$

Esta localidad no presupone una localidad espacial continua. Significa dependencia respecto de relaciones físicamente accesibles.

Una entidad completamente desconectada no puede aparecer como término dinámico directo dentro de la configuración.

8.10. La fase como propiedad relacional

La cantidad

$$U_e = e^{i\theta_e} \quad (8.40)$$

no debe interpretarse como una entidad material localizada dentro del gap.

Representa la orientación relacional asociada a dicho gap.

Por tanto,

$$\boxed{\text{gap físicamente realizado} \neq \text{número complejo.}} \quad (8.41)$$

La relación correcta es

$$\boxed{\text{gap físicamente realizado} \longrightarrow \text{orientación relacional representada por } U_e.} \quad (8.42)$$

La representación matemática no adquiere existencia física por el mero hecho de ser útil.

8.11. Corriente relacional de fase

Una vez definido un funcional dinámico, puede introducirse la cantidad conjugada a la variación de fase:

$$\boxed{J_e := -\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \theta_e}.} \quad (8.43)$$

Si el funcional posee una invariancia local de representación de fase, de la variación correspondiente puede surgir una identidad de conservación.

Una forma discreta candidata es

$$\boxed{(\text{div } J)_v + \Delta_n \rho_v = 0.} \quad (8.44)$$

Aquí ρ_v representa una cantidad relacional almacenada en el vértice y Δ_n el cambio entre configuraciones consecutivas.

La ecuación (8.44) es condicional: su derivación exige demostrar la invariancia dinámica correspondiente y establecer físicamente el significado de ρ_v .

8.12. Respuesta estructural inducida por la fase

Sea

$$S_{\text{fase}} = \sum_p W_p(\delta) \mathcal{H}(\Theta_p) \quad (8.45)$$

una representación candidata de la contribución de fase.

La respuesta estructural asociada es

$$\boxed{\mathcal{T}_e^{\text{fase}} := -\frac{\partial S_{\text{fase}}}{\partial \delta_e}.} \quad (8.46)$$

De (8.45) resulta formalmente

$$\mathcal{T}_e^{\text{fase}} = - \sum_{p:e \in \partial p} \frac{\partial W_p}{\partial \delta_e} \mathcal{H}(\Theta_p). \quad (8.47)$$

La forma derivada por la periodicidad de la holonomía es

$$\mathcal{H}(\Theta) = 1 - \cos \Theta, \quad (8.48)$$

pero esta forma no se considera derivada de la Teoría de la Distinción. Constituye únicamente una representación candidata de una dependencia periódica de la holonomía.

La cuestión fundamental es determinar si $\mathcal{H}$ y $W_p(\delta)$ pueden derivarse de las restricciones internas de la teoría.

8.13. Determinación del acoplamiento $W_p(\delta)$

La función

$$W_p(\delta) \quad (8.49)$$

no puede fijarse mediante el procedimiento

$$W_p(\delta) \longrightarrow \text{ajuste a Maxwell} \quad (8.50)$$

porque ello invertiría la dirección lógica de la teoría.

La dirección admisible es

$$\boxed{B \rightarrow \delta \rightarrow \text{capacidad relacional} \rightarrow \text{holonomía} \rightarrow \text{restricciones dinámicas} \rightarrow W_p(\delta).} \quad (8.51)$$

La función resultante debe ser compatible, como mínimo, con los siguientes límites.

Para un gap abierto:

$$\delta > 0, \quad (8.52)$$

debe existir capacidad de transmisión y composición de fase.

En el límite de saturación:

$$\delta \rightarrow 0, \quad (8.53)$$

debe conservarse

$$c_e \rightarrow B, \quad (8.54)$$

mientras el canal de fase deja de estar abierto.

En el régimen diluido:

$$\delta \rightarrow \infty, \quad (8.55)$$

la densidad asociada al gap satisface

$$\rho(\delta) = \frac{1}{B + \delta} \rightarrow 0. \quad (8.56)$$

Finalmente, W_p no debe introducir arbitrariamente una nueva escala fundamental incompatible con el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia.

8.14. Estructura y fase como variables conjugadas

La dinámica conjunta puede representarse formalmente como

$$S_{\text{rel}} = S_{\text{estructural}} + S_{\text{acoplamiento}} + S_{\text{fase}}. \quad (8.57)$$

Esta descomposición no representa tres ontologías físicas.

Representa tres contribuciones matemáticas a una única regla dinámica.

Las ecuaciones variacionales son

$$\boxed{\frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \delta_e} = 0} \quad (8.58)$$

y

$$\boxed{\frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \theta_e} = 0}. \quad (8.59)$$

La primera describe la respuesta estructural de la red.

La segunda describe su evolución de fase.

Ambas proceden de la misma configuración relacional.

8.15. Conservación en la historia relacional

Una configuración puede cambiar sin perder necesariamente su identidad.

Sea

$$C_n \longrightarrow C_{n+1}. \quad (8.60)$$

La identidad física se conserva cuando la transición preserva los invariantes exigidos por la realizabilidad.

Para un ciclo abierto, por ejemplo,

$$q_\gamma = \frac{\Theta_\gamma}{2\pi} \in \mathbb{Z} \quad (8.61)$$

permanece protegido frente a deformaciones continuas que no cierren ningún gap del ciclo.

La protección topológica es, sin embargo, distinta de una ley dinámica completa:

$$\boxed{\text{protección topológica} \neq \text{ley dinámica completa.}} \quad (8.62)$$

Cuando un gap alcanza

$$\delta_e = 0, \quad (8.63)$$

el canal se cierra y la protección asociada al ciclo abierto deja de ser aplicable al mismo dominio.

8.16. Saturación y cierre de canales

El régimen

$$\delta_e \rightarrow 0 \quad (8.64)$$

produce

$$c_e \rightarrow B \quad (8.65)$$

y

$$\rho_e = \frac{1}{B + \delta_e} \longrightarrow \frac{1}{B}. \quad (8.66)$$

La realización alcanza así su capacidad máxima.

Sin embargo, el cierre del canal de fase no implica

$$B \rightarrow 0. \quad (8.67)$$

La transición correcta es

$$\boxed{\text{cierre del canal} \neq \text{destrucción del soporte.}} \quad (8.68)$$

Esta propiedad conecta directamente la dinámica de fase con el régimen de saturación estructural.

8.17. Regla dinámica unificada

Sea

$$\mathcal{M}(C_n) \quad (8.69)$$

el conjunto de reconfiguraciones físicamente admisibles de C_n .

Cada movimiento

$$m \in \mathcal{M}(C_n) \quad (8.70)$$

produce

$$C_{n+1} = mC_n. \quad (8.71)$$

La selección relacional puede generalizarse mediante una cantidad

$$\mathcal{K}_{\text{rel}} = F(B, \{\delta_e\}, \{\theta_e\}, \text{topología}), \quad (8.72)$$

de modo que la reconfiguración seleccionada satisfaga

$$\boxed{m_n \in \arg \min_{m \in \mathcal{M}(C_n)} \mathcal{K}_{\text{rel}}(mC_n).} \quad (8.73)$$

Esta expresión constituye una generalización formal de la selección relacional existente.

No introduce una nueva entidad física: extiende la regla dinámica para que la configuración incluya simultáneamente estado estructural y orientación de fase.

La consecuencia demostrada es que $\mathcal{K}_{\text{rel}}$ puede construirse exclusivamente a partir de B , los gaps, la conectividad y las relaciones de fase ya derivadas.

8.18. Correspondencia continua

La representación continua sólo debe introducirse después de determinar la dinámica discreta.

Si se demuestra una correspondencia entre los gaps y una representación geométrica efectiva, puede plantearse

$$g_{\mu\nu} \xi_e^\mu \xi_e^\nu = \sigma_e (B + \delta_e), \quad (8.74)$$

donde ξ_e^μ representa la dirección efectiva asociada al enlace y σ_e un factor de representación. Una variación de esta relación produce formalmente

$$\delta \delta_e = -\sigma_e \xi_{e\mu} \xi_{e\nu} \delta g^{\mu\nu}. \quad (8.75)$$

Esta construcción no establece que la métrica sea fundamental.

La dirección ontológica permanece

$$\boxed{\text{red relacional} \longrightarrow \text{gaps} \longrightarrow \text{geometría efectiva}.} \quad (8.76)$$

La geometría continua constituye, por tanto, una posible descripción macroscópica de la estructura relacional.

8.19. Restricción epistemológica de la correspondencia

No se debe introducir como fundamento ninguna ecuación continua cuya validez dependa de una teoría externa.

En particular, no se utilizarán como premisas dinámicas:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}, \quad (8.77)$$

ni

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = J^\nu. \quad (8.78)$$

Si alguna de estas estructuras aparece posteriormente, deberá hacerlo como resultado de una correspondencia continua demostrada.

La dirección lógica admisible es

$$\boxed{\begin{array}{l} (B, \delta, \theta, \text{topología}) \rightarrow \text{dinámica discreta} \\ \text{límite continuo} \rightarrow \text{comparación física.} \end{array}} \quad (8.79)$$

La comparación con una teoría establecida no puede utilizarse para seleccionar arbitrariamente la dinámica discreta.

8.20. Jerarquía de fuerza deductiva

La teoría no rebaja sus teoremas para acomodar ontologías externas. Se aplican únicamente estas reglas:

1. Una conclusión derivada de Ámbito, Realización, Distinción, Cuantización, Identidad $C(B)$ y las definiciones relacionales conserva el rango de teorema.
2. Una ecuación o estructura externa que no demuestre esa cadena no tiene rango ontológico dentro de la física y queda excluida como fundamento.
3. Una condición escrita dentro de un teorema limita únicamente el dominio matemático expresado en ese teorema; no transforma sus premisas ni rebaja sus consecuencias.
4. Las palabras “correspondencia”, “representación” o “formalización” no otorgan existencia física a una entidad que no haya superado Ámbito.

Por consiguiente, $c_e = B + \delta_e$, $K(C) = \sum_e (B + \delta_e)$, la condición $\delta_e > 0$, la orientación $U_e = e^{i\theta_e}$, la configuración (Γ, δ, U) , el espacio como suma de distinciones y el tiempo como orden de efectuación conservan el rango deductivo que les dan sus demostraciones. Maxwell, Einstein, Hilbert, Born, Bohr, Tsirelson y cualquier otra formulación externa no pueden seleccionar ni rebajar la dinámica de la red.

8.21. Cierre de la dinámica relacional

La arquitectura demostrada es

$$B \rightarrow \text{distinción} \rightarrow \text{soporte} \rightarrow \text{relación} \rightarrow \text{gap} \rightarrow (\delta, \theta) \rightarrow \text{holonomía} \rightarrow \text{historia}.$$

La respuesta estructural y la respuesta de fase son respuestas de una misma configuración relacional. No se introduce una segunda sustancia física.

La forma de una ecuación externa no se adopta como premisa. Si una teoría externa exige una entidad que no es realización de B , esa entidad queda fuera de Ámbito. Si una ecuación externa coincide con una estructura ya demostrada, la coincidencia no le concede autoridad ontológica ni reduce la demostración propia.

8.22. Teorema de coherencia dinámica interna

Teorema 8.1 (Coherencia dinámica interna). *Supóngase:*

1. $B > 0$;
2. *toda distinción físicamente realizada posee soporte elemental;*
3. *toda pareja de distinciones físicamente diferentes requiere una relación que las mantenga físicamente distinguibles;*
4. *cada gap posee costo*

$$c_e = B + \delta_e, \quad \delta_e \geq 0;$$

5. *los gaps abiertos satisfacen*

$$\delta_e > 0;$$

6. *los gaps abiertos pueden portar una orientación relacional*

$$U_e = e^{i\theta_e};$$

7. las reconfiguraciones físicamente admisibles preservan las condiciones de realizabilidad, conectividad e inmanencia.

Entonces la descripción dinámica mínima de una configuración puede realizarse sobre el espacio

$$\mathcal{C} = \{(\Gamma, \delta, U)\}, \quad (8.80)$$

sin introducir un sustrato físico adicional independiente de las distinciones y sus relaciones.

Demostración. Por el fundamento de realizabilidad, la configuración física está constituida por distinciones físicamente realizadas.

Por la necesidad de relación entre distinciones físicamente diferentes, la configuración posee una red de gaps.

Cada gap satisface

$$c_e = B + \delta_e, \quad (8.81)$$

por lo que su estado estructural queda representado por δ_e una vez fijado B .

Cuando

$$\delta_e > 0, \quad (8.82)$$

el gap se encuentra abierto y puede portar la variable relacional

$$U_e = e^{i\theta_e}. \quad (8.83)$$

Por tanto, la información necesaria para describir estructuralmente y relacionalmente la configuración queda contenida en

$$(\Gamma, \delta, U). \quad (8.84)$$

Una reconfiguración físicamente realizable sólo puede modificar relaciones pertenecientes al dominio relacional admisible y debe respetar las restricciones de inmanencia y realizabilidad.

En consecuencia, no es necesario introducir una sustancia estructural independiente ni una sustancia de fase independiente. Ambas variables pueden pertenecer a una única descripción de la misma red relacional.

Por tanto,

$$\boxed{C = (\Gamma, \delta, U)} \quad (8.85)$$

constituye una descripción internamente compatible con el fundamento relacional de la teoría. $\square$

8.23. Alcance del teorema

El Teorema de Coherencia Dinámica Interna demuestra que estructura y fase pertenecen a una única descripción relacional (Γ, δ, U) sin introducir dos ontologías independientes. Este resultado no se debilita porque otras teorías utilicen nombres distintos.

Las entidades externas llamadas “gravidad” o “electromagnetismo” no constituyen fundamentos adicionales. Quedan admitidas únicamente las respuestas estructural y de fase ya derivadas de la red de distinciones. Una ontología externa que postule una sustancia separada, un campo independiente o una geometría previa no supera la cadena de Ámbito y queda excluida.

8.24. Prueba de no-ajuste

La construcción dinámica sólo puede considerarse una derivación interna si existe una regla

$$\mathcal{K}_{\text{rel}} = F(B, \delta, \theta, \text{topología}) \quad (8.86)$$

que satisfaga simultáneamente:

1. no introducir parámetros fundamentales libres adicionales;
2. respetar $B > 0$;
3. respetar $\delta_e \geq 0$;
4. reproducir el régimen de saturación $\delta_e = 0$;
5. conservar la condición de apertura de los ciclos de fase;
6. preservar los invariantes topológicos mientras sus condiciones de protección permanezcan satisfechas;
7. ser compatible con la dinámica estructural ya obtenida;
8. producir una dinámica de fase;
9. permitir el acoplamiento entre ambas;
10. admitir posteriormente una comparación cuantitativa con descripciones continuas conocidas.

La comparación con Maxwell, Einstein u otra teoría externa no debe utilizarse para seleccionar entre diferentes formas posibles de $\mathcal{K}_{\text{rel}}$.

Si varias formas son compatibles con las restricciones internas, existe una indeterminación dinámica que debe declararse explícitamente.

Si las restricciones internas determinan una única forma, o una clase inequívoca, entonces la correspondencia con las teorías continuas existentes se convierte en una consecuencia comprobable.

8.25. Cierre de la arquitectura dinámica

La arquitectura completa queda expresada como

$$\boxed{B \rightarrow \text{distinción} \rightarrow \text{soporte} \rightarrow \text{relación} \rightarrow \text{gap} \rightarrow (\delta, \theta) \rightarrow \text{holonomía} \rightarrow \text{historia.}} \quad (8.87)$$

Las dos respuestas dinámicas fundamentales son

$$\boxed{\frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \delta}} \quad (8.88)$$

y

$$\boxed{\frac{\delta S_{\text{rel}}}{\delta \theta}}. \quad (8.89)$$

Ambas proceden de una única configuración relacional.

Por tanto, la cuestión fundamental deja de ser si pueden añadirse separadamente estructuras matemáticas capaces de reproducir teorías conocidas.

La cuestión fundamental pasa a ser

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{¿puede determinarse la dinámica conjunta } (\delta, \theta) \\ \text{exclusivamente a partir de la Teoría de la Distinción?} \end{array}} \quad (8.90)$$

Si la respuesta es afirmativa, la dinámica constituye una consecuencia interna de la teoría.

Si la respuesta es negativa, el punto exacto de indeterminación queda localizado en la estructura dinámica aún no derivada, sin necesidad de introducir como premisas las teorías externas que posteriormente puedan servir para establecer una correspondencia empírica.

8.26. Filtro de Ámbito y estatus de las extensiones dinámicas

8.27. Regla de admisibilidad

Toda ampliación dinámica debe conservar el criterio de Ámbito de la Teoría de la Distinción. Una expresión matemática puede utilizarse como representación o herramienta de cálculo, pero no adquiere por ello estatus de entidad física ni de ley fundamental.

Una magnitud o regla candidata X sólo puede afirmarse físicamente desde una configuración C cuando existe un procedimiento operacional finito que distingue su realización de su ausencia o de una alternativa especificada:

$$\text{Real}_C(X) \iff \exists p < \infty : p_C(X) \neq p_C(\emptyset). \quad (8.91)$$

Por consiguiente, las acciones, funciones de acoplamiento, métricas y tensores que aparecen en esta sección sólo podrán elevarse a afirmaciones físicas después de especificar su soporte relacional, su operación de contraste y las condiciones bajo las cuales se distinguen de alternativas.

8.28. Distinción entre representación y postulado físico

El funcional S_{rel} , la función $W_p(\delta)$, la elección $\mathcal{H}(\Theta) = 1 - \cos \Theta$ y la regla de correspondencia entre δ_e y $g_{\mu\nu}$ son formalizaciones candidatas mientras no se deriven de las restricciones internas ni satisfagan un contraste operacional independiente.

En particular, no se toman como premisas las ecuaciones continuas de Maxwell o Einstein ni una acción discreta importada de otra teoría. Esas formas pueden servir posteriormente como comparadores empíricos, pero no pueden seleccionar por sí solas la dinámica fundamental de la red. La dirección lógica exigida es

$$\boxed{\begin{array}{l} (B, \delta, \theta, \Gamma) \rightarrow \text{regla discreta internamente determinada} \\ \text{correspondencia continua demostrada} \rightarrow \text{contraste físico.} \end{array}} \quad (8.92)$$

La comparación con una teoría externa sólo evalúa una correspondencia ya obtenida; no constituye la derivación de esa correspondencia.

8.29. Condiciones para admitir una regla dinámica

Una regla de selección relacional sólo puede considerarse derivada si su forma queda fijada por B , los gaps, la conectividad, las fases y las restricciones de realizabilidad, sin introducir parámetros físicos libres que no tengan una operación de determinación. Además, debe especificar:

1. qué configuraciones y transiciones son físicamente admisibles;
2. qué magnitudes de entrada y salida se distinguen operacionalmente;
3. qué invariantes se conservan y bajo qué condiciones;

4. qué alternativas dinámicas excluye la regla;
5. qué resultado finito podría mostrar que la regla es falsa o insuficiente.

Si varias reglas distintas satisfacen todas las condiciones internas y ninguna operación disponible las distingue, la dinámica permanece indeterminada dentro de la teoría. No es admisible escoger una de ellas únicamente porque reproduce una ecuación conocida.

8.30. Estatus de las consecuencias electromagnéticas

La respuesta conjugada demostrada de la fase,

$$J_e = -\frac{\partial S_{\text{rel}}}{\partial \theta_e}, \quad (8.93)$$

es una definición matemática una vez especificado S_{rel} . Una ley de continuidad sólo será condicionalmente derivada cuando se establezcan la transformación de fase físicamente admisible, la invariancia de la regla dinámica y el significado operacional de la cantidad ρ_v .

De igual modo, una respuesta estructural de la fase,

$$\mathcal{T}_e^{\text{fase}} = -\frac{\partial S_{\text{fase}}}{\partial \delta_e}, \quad (8.94)$$

no demuestra por sí sola que dicha respuesta sea una fuente gravitatoria. Esa identificación requiere una regla interna que relacione las variaciones de gaps con cambios geométricos realizables y que produzca predicciones contrastables.

8.31. Estatus de la correspondencia geométrica

La regla candidata

$$g_{\mu\nu}\xi_e^\mu\xi_e^\nu = \sigma_e(B + \delta_e) \quad (8.95)$$

no se incorpora como estructura fundamental. Para usarla físicamente se deberán derivar o determinar operacionalmente las direcciones ξ_e^μ , la clasificación σ_e , la dimensionalidad de la cantidad del lado

Conclusión del capítulo

La dinámica admisible se formula sobre la configuración (Γ, δ, U) y sus reconfiguraciones, con $S_{\text{rel}} = S_{\text{estructural}} + S_{\text{acoplamiento}} + S_{\text{fase}}$ y las dos ecuaciones variacionales correspondientes. La arquitectura relacional y sus ecuaciones variacionales ya demostradas conservan su estatus de teoremas. Una forma externa que no haya sido derivada por la cadena queda excluida como regla fundamental.

9. El espacio no es un recipiente donde están las cosas

Teorema 9.1 (Espacio como Suma de Distinciones). *El espacio es exactamente la suma de las distinciones efectuadas:*

$$\text{Espacio} = \sum_{i=1}^N B_i.$$

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal, toda entidad física X es idénticamente $C(B)$: una configuración de N distinciones efectuadas. El espacio, en tanto entidad física (admite procedimientos operacionales que lo distinguen de su ausencia, por ejemplo la medición de distancias), no es una excepción: es él mismo una entidad X y por tanto $\text{Espacio} \equiv C(B) = \sum_{i=1}^N B_i$. No hay una entidad “espacio” adicional en la cual esas distinciones estarían contenidas: por el Corolario de Ausencia de Soporte Externo, la propia suma de distinciones es, sin remanente, todo lo que hay. $\square$

Corolario 9.2 (No hay Afuera del Espacio). *Preguntar qué hay fuera de la totalidad de las distinciones es preguntar por una distancia que no está hecha de bits ni de gaps, lo que el Teorema de Error de Categoría del Exterior ya excluyó.*

10. El tiempo no fluye, es el orden en que se efectúan las distinciones

IV. TIEMPO

Teorema 10.1 (Tiempo como Orden). *El tiempo se define como el orden parcial de efectuación: $C_i \prec C_{i+1}$. No es una sustancia que fluye por sí misma.*

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal, toda entidad física es idénticamente $C(B)$; en particular, la sucesión de configuraciones $C_1, C_2, \dots$ que resulta de las reorganizaciones sucesivas de la red no es más que la propia trama reordenándose. El orden $\prec$ en que estas configuraciones se efectúan es un dato ya presente en la propia sucesión de reorganizaciones; no requiere postular una entidad “tiempo” adicional que fluya sobre las configuraciones, pues eso sería, por el Teorema de Error de Categoría del Exterior, atribuir existencia física a algo exterior a la propia red. $\square$

V. Gap

11. La Reorganización Relacional como Única Evolución Posible

Observación 11.1 (Punto de partida). El Teorema de Única Evolución Posible fue demostrado en el Capítulo 7 a partir del Confinamiento Inmanente y la Exclusión Ontológica. Esta sección no repite la prueba; la retoma como premisa y deriva de ella las consecuencias específicas para la dinámica de la Parte III.

11.1. Principio de Relajación Relacional

Teorema 11.2 (Principio de Relajación Relacional). *Bajo la Ley de Selección Relacional, toda evolución espontánea físicamente realizable ocurre hacia una configuración de menor costo relacional K , o permanece en un mínimo local, preservando simultáneamente:*

1. *la identidad de todas las distinciones,*
2. *la conectividad global de la red,*
3. *la continuidad operacional de las correlaciones,*
4. *los invariantes topológicos mientras sus ciclos permanezcan abiertos.*

Demostración. La Ley de Selección Relacional define la transición como un minimizador de K dentro del conjunto de reconfiguraciones admisibles. Las condiciones de identidad, conectividad, continuidad operacional y conservación topológica forman parte de ese conjunto y no pueden violarse para obtener un costo menor. Por consiguiente, la evolución espontánea disminuye K cuando existe una transición admisible estrictamente mejor; si no existe, la configuración es un mínimo local. La ley sustituye la formulación cualitativa de incompatibilidad por el costo relacional ya definido mediante $c_e = B + \delta_e$. $\square$

Corolario 11.3 (Ausencia de Fuerzas Fundamentales). *Las fuerzas fundamentales no constituyen entidades primitivas. Toda fuerza observada corresponde a una descripción efectiva de la relajación relacional.*

Demostración. Por el Principio de Relajación Relacional, la evolución es puramente reorganizativa y no requiere fuerzas postuladas. Las interacciones observadas son manifestaciones de la Exclusión (repulsión) o del Confinamiento (atracción) o de la dinámica de fase (electromagnetismo). $\square$

Corolario 11.4 (Carácter Variacional). *Toda evolución física posee sentido preferente determinado por la reducción de tensión relacional. No existe evolución que incremente espontáneamente dicha tensión.*

Demostración. Inmediato del Principio de Relajación: el sentido de cambio está fijado por la minimización de incompatibilidades. Un incremento de tensión requeriría un agente externo o una fuente de energía no contenida en la red, lo cual es excluido por la Inmanencia Operativa. $\square$

Corolario 11.5 (Ausencia de Movimiento Absoluto). *El movimiento absoluto no constituye un concepto físico fundamental.*

Demostración. Si toda evolución consiste exclusivamente en reorganizar relaciones, ninguna distinción puede poseer una posición absoluta independiente de las demás. En consecuencia, todo movimiento físicamente observable es necesariamente un cambio de relaciones y nunca un desplazamiento respecto de un espacio preexistente. $\square$

Corolario 11.6 (Carácter Relacional de la Dinámica). *Toda magnitud dinámica físicamente observable depende únicamente de la evolución de las relaciones internas de la red.*

12. El Gap como Relación Física Irreducible

Definición 12.1 (Gap Relacional). Se denomina gap a la relación irreducible que mantiene operacionalmente distinguibles dos identidades físicas. No representa una distancia medida dentro de un espacio preexistente; constituye la mínima estructura relacional compatible con la existencia simultánea de ambas distinciones.

Teorema 12.2 (Existencia Necesaria del Gap). *Toda pareja de distinciones físicamente diferentes determina necesariamente un gap.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Sean $D_1 \neq D_2$. Supóngase que entre ambas no existiera ningún gap. Entonces ninguna relación física permitiría distinguir operacionalmente una identidad de la otra, y ambas producirían la misma descripción física. Ello contradice el Teorema de Existencia como Distinción. $\square$

Corolario 12.3 (Universalidad del Gap). *Toda configuración física contiene necesariamente una red de gaps.*

Teorema 12.4 (Irreductibilidad del Gap). *El gap constituye la unidad relacional mínima compatible con la existencia física.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Si el gap pudiera descomponerse en relaciones más elementales, la distinción entre ambas identidades dependería de dichas subrelaciones y no del gap mismo, contradiciendo su propia definición. $\square$

Teorema 12.5 (Persistencia del Gap). *Mientras dos identidades permanezcan físicamente diferenciadas, el gap que las relaciona no puede desaparecer.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Si el gap desapareciera mientras ambas identidades continúan existiendo, ambas se volverían operacionalmente indistinguibles, contradiciendo nuevamente el Teorema de Existencia como Distinción. $\square$

Corolario 12.6 (El Gap como Objeto Dinámico Fundamental). *Toda evolución física actúa sobre los gaps y no directamente sobre las distinciones.*

12.1. Gravedad como respuesta estructural de la red de gaps

Teorema 12.7 (Gravedad relacional general). *Sea $\mathcal{C}$ una configuración de agrupaciones de unidades B conectadas mediante gaps $e \in E(\mathcal{C})$, con costo*

$$c_e = B + \delta_e, \quad K(\mathcal{C}) = \sum_{e \in E(\mathcal{C})} c_e.$$

Toda reorganización físicamente realizable de los gaps que modifica la distribución de densidad, conectividad o tensión relacional produce una respuesta estructural de la red. La proyección macroscópica de esa respuesta es la gravedad.

Demostración. Por el Teorema del Gap como Objeto Dinámico Fundamental, la evolución física actúa sobre las relaciones que conectan las unidades B . Por la Ley de Selección Relacional, las transiciones admisibles se seleccionan por la variación del costo relacional K , preservando la identidad, la conectividad y los invariantes aplicables. Una variación de K redistribuye la separación efectiva, la densidad de realización y las rutas entre agrupaciones. Esa redistribución modifica la estructura relacional de la red y, en el límite geométrico, aparece como respuesta gravitatoria. El argumento no exige $\delta_e = 0$ ni $\rho = 1/B$; basta una interacción mediante gaps físicamente realizables. $\square$

Corolario 12.8 (Saturación como régimen límite de la gravedad). *La condición*

$$\rho = \frac{1}{B}, \quad \delta_e = 0$$

no es la condición de existencia de la gravedad, sino el límite de máxima saturación de la misma dinámica relacional. En ese régimen se forma una RSGM y la red no puede sostener una sub-distinción espacial adicional en el foco, mientras las agrupaciones vecinas pueden conservar gaps abiertos y responder gravitatoriamente.

Observación 12.9 (Gravedad y electromagnetismo como proyecciones). La misma reconfiguración de gaps admite dos descripciones efectivas complementarias:

componente estructural, de densidad y conectividad $\longrightarrow$ gravedad,
componente de fase, orientación y holonomía $\longrightarrow$ electromagnetismo.

No son dos sustancias ni dos fundamentos independientes. La RSGM es solo el régimen saturado de la respuesta estructural; la interacción gravitatoria existe también cuando todos los gaps relevantes permanecen abiertos.

13. La Orientación como Propiedad Necesaria del Gap

Definición 13.1 (Orientación Relacional). Sentido operacional asociado a la reorganización de un gap respecto de una configuración inmediatamente anterior. No representa una dirección sobre un espacio preexistente; es una propiedad intrínseca de la relación entre dos distinciones.

Teorema 13.2 (Existencia Necesaria de la Orientación). *Todo gap posee necesariamente una orientación.*

Demostración. Por el Teorema de Única Evolución Posible, toda dinámica consiste en la reorganización continua de los gaps. Si dos reorganizaciones distintas de un mismo gap carecieran de orientación, no existiría procedimiento operacional capaz de distinguir cuál ocurrió, contradiciendo el Teorema de Existencia como Distinción. $\square$

Corolario 13.3 (Identidad Dinámica). *Dos reorganizaciones diferentes producen orientaciones diferentes.*

Teorema 13.4 (Inversión de la Orientación). *Toda orientación posee una orientación inversa.*

Demostración. Sea φ la orientación de la reorganización de un gap de un estado X a un estado Y . Por el Teorema de Existencia Necesaria de la Orientación, φ es un procedimiento operacional finito que distingue el recorrido $X \rightarrow Y$. Recorrer la misma reorganización en sentido $Y \rightarrow X$ es igualmente un procedimiento operacional finito, y produce un resultado distinguible de φ salvo que ambos coincidan con la identidad; se define φ^{-1} como esa orientación, que por Identidad Dinámica es necesariamente distinta de φ salvo caso trivial. $\square$

Teorema 13.5 (Composición de Orientaciones). *Las orientaciones sucesivas pueden componerse para producir una nueva orientación.*

Demostración. Sean φ_1 la orientación de $X \rightarrow Y$ y φ_2 la de $Y \rightarrow Z$. El recorrido $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ es, por el Teorema de Única Evolución Posible, una reorganización continua realizable de los gaps, luego posee su propia orientación por el Teorema de Existencia Necesaria de la Orientación. Se define $\varphi_2 \circ \varphi_1$ como esa orientación del recorrido compuesto. $\square$

Corolario 13.6 (Clausura de la Composición). *La composición de dos orientaciones vuelve a producir una orientación.*

VI. $U(1)$ y Holonomía

14. La Holonomía como Invariante Fundamental

Definición 14.1 (Lazo Relacional). Sucesión finita de gaps orientados cuya composición devuelve nuevamente a la distinción inicial.

Definición 14.2 (Holonomía, vía Orientación). Orientación total acumulada al recorrer completamente un lazo relacional.

Teorema 14.3 (Existencia Necesaria de la Holonomía). *Todo lazo relacional determina una única holonomía.*

Demostración. Un lazo relacional es una sucesión finita de gaps orientados. Por el Teorema de Composición de Orientaciones, las orientaciones sucesivas del lazo se componen en una única orientación total, que es por definición la holonomía. La composición es determinista dado el lazo, luego la holonomía resultante es única. $\square$

Teorema 14.4 (Independencia de Parametrización). *La holonomía no depende de la velocidad ni de la forma particular en que se recorra el lazo.*

Demostración. La holonomía se define como la orientación total acumulada al recorrer el lazo, es decir, la composición sucesiva de las orientaciones de sus gaps constituyentes. Por la Definición de Orientación Relacional, la orientación de un gap es el sentido operacional de su reorganización respecto de la configuración inmediatamente anterior – una propiedad puramente relacional entre dos distinciones, sin referencia a rapidez ni a duración. Reparametrizar el recorrido – recorrer los mismos gaps en el mismo orden a distinta velocidad – describe la misma sucesión de reorganizaciones y por tanto la misma sucesión de configuraciones inmediatamente anteriores; no introduce ninguna reorganización adicional ni altera el orden de las existentes. Luego cada orientación individual permanece idéntica, y por el Teorema de Composición de Orientaciones su composición – la holonomía – también permanece idéntica. $\square$

Teorema 14.5 (Invariancia por Deformación Continua). *La holonomía permanece invariante bajo toda deformación continua que preserve la estructura relacional del lazo.*

Demostración. Una deformación continua que preserve la estructura relacional del lazo es, por definición, una sucesión de reorganizaciones de gaps que no altera qué distinciones están conectadas a cuáles (solo redistribuye orientaciones internas sin romper ni crear conexiones). Por el Teorema de Conservación de la Holonomía, toda evolución física compatible con Inmanencia y Distinción preserva la holonomía de cada clase relacional; una deformación continua de este tipo es exactamente tal evolución, luego la holonomía se conserva a lo largo de ella. $\square$

Corolario 14.6 (Carácter Topológico). *La holonomía depende únicamente de la estructura relacional global y no de la geometría particular del recorrido.*

Teorema 14.7 (Conservación de la Holonomía). *Toda evolución física compatible con la Inmanencia y la Distinción preserva la holonomía de cada clase relacional.*

Demostración. El Teorema de Confinamiento Inmanente impide que un lazo abandone la red. El Teorema de Exclusión Ontológica impide eliminar las identidades que lo constituyen. Por consiguiente, toda reorganización únicamente redistribuye las orientaciones sin alterar la composición global del recorrido: la holonomía permanece conservada durante la evolución. $\square$

15. Periodicidad de la Holonomía y Emergencia de $U(1)$

Teorema 15.1 (Cuantización de la Holonomía, vía Composición). *La holonomía de todo lazo relacional cerrado debe ser múltiplo entero de una unidad fundamental.*

Demostración. Por el Teorema de Finitud, toda cadena de distinciones debe cerrarse en un número finito de pasos. Si la holonomía pudiera tomar cualquier valor continuo sin restricción, existirían lazos con holonomías infinitesimalmente diferentes de la identidad sin poder distinguirse operacionalmente de ella, inadmisibles por Existencia como Distinción. Además, por Inversión de la Orientación, toda holonomía posee inversa: las holonomías forman un grupo cíclico de período finito. $\square$

Teorema 15.2 (Estructura de Grupo de las Holonomías). *El conjunto de todas las holonomías posibles constituye un grupo compacto conexo de dimensión 1.*

Demostración. Por el Teorema de Composición de Orientaciones, el conjunto de holonomías es cerrado bajo composición; por el Teorema de Inversión de la Orientación, todo elemento tiene inverso; la composición de orientaciones a lo largo de un lazo trivial (recorrido nulo) actúa como identidad. Luego el conjunto forma un grupo. Por el Teorema de Cuantización de la Holonomía, el grupo es cíclico de período finito, y por el Teorema de Invariancia por Deformación Continua, dos holonomías suficientemente próximas están conectadas por una familia continua de lazos deformables entre sí: el grupo es conexo. Al estar generado por una única identificación periódica, su dimensión es 1, y al ser periódico y conexo, es compacto. $\square$

Teorema 15.3 (Representación Física). *Toda holonomía admite una representación*

$$H(\gamma) = e^{i\theta(\gamma)},$$

con θ un ángulo real definido módulo 2π .

Demostración. Por el Teorema de Estructura de Grupo de las Holonomías, el conjunto de holonomías es un grupo compacto conexo de dimensión 1. Todo grupo con esas tres propiedades (compacto, conexo, dimensión 1) es isomorfo a $U(1) = \{e^{i\theta} : \theta \in \mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z}\}$, el único grupo de Lie compacto conexo unidimensional (clasificación estándar de grupos de Lie de dimensión 1). El isomorfismo asigna a cada holonomía γ el valor $\theta(\gamma)$ correspondiente a su clase en $\mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z}$, dando la representación enunciada. $\square$

Corolario 15.4 (Fase como Variable Dinámica). *La orientación acumulada en un lazo define una fase $\theta \in [0, 2\pi)$ que caracteriza completamente la holonomía del recorrido.*

15.1. Vía Independiente: Identificación Energética del Gap

Las dos derivaciones anteriores obtienen la periodicidad de θ por compacidad del espacio de holonomías y por composición de holonomías, respectivamente. Lo que sigue es una tercera vía, independiente de ambas: la periodicidad emerge de la finitud de la capacidad energética de una agrupación cerrada, sin apelar a la compacidad topológica del espacio de fases.

Teorema 15.5 (Identificación Energética del Gap). *En una agrupación relacional cerrada de capacidad finita, una acumulación indefinida de orientación de un gap no puede generar una sucesión indefinida de estados físicamente distintos sin reconfiguración adicional del gap.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Supóngase que cada recorrido adicional del gap, $\theta_n = n\theta_0$ para $n \in \mathbb{N}$, produce una energía $E_g(\theta_n)$ distinta para todo $n \neq m$. Por repetibilidad interna, cada recorrido es realizable dentro de la misma agrupación cerrada. Si cada uno constituye

información física nueva, $I_{n+1} > I_n$, y por Realizabilidad ($A = BI$), $A_{n+1} > A_n$: el soporte crecería sin límite. Pero la agrupación tiene capacidad finita por hipótesis. Luego, o el soporte crece sin límite (contradicción directa), o existen $n \neq m$ con $E_g(\theta_n) = E_g(\theta_m)$: la orientación no puede ser físicamente inyectiva sobre toda la recta real. $\square$

Teorema 15.6 (Periodicidad de la Configuración Energética). *Existe una identificación mínima positiva P tal que $\theta \sim \theta + P$, y toda magnitud física definida únicamente por el estado interno del gap satisface $E_g(\theta + P) = E_g(\theta)$.*

Demostración. Por el teorema anterior, la relación de equivalencia física entre orientaciones no es la identidad. Si $\theta \sim \theta'$ pero $\theta + \phi \not\sim \theta' + \phi$ para alguna composición interna ϕ , entonces aplicar la misma operación interna a dos estados físicamente equivalentes produciría estados distinguibles sin que ninguna relación interna adicional lo justifique – contradiciendo la Inmanencia Operativa. Luego la equivalencia es compatible con la composición, y el conjunto $\Gamma = \{\Delta\theta : \theta + \Delta\theta \sim \theta\}$ es un subgrupo cerrado de $(\mathbb{R}, +)$; con una identificación mínima positiva, $\Gamma = P\mathbb{Z}$, de donde $\theta \sim \theta + P$. Si $E_g(\theta + P) \neq E_g(\theta)$, una medición distinguiría dos representaciones del mismo estado físico, contradiciendo la equivalencia recién establecida. $\square$

Corolario 15.7 (Estructura Circular de la Orientación). *El espacio físico de orientaciones es $\mathbb{R}/P\mathbb{Z} \cong S^1$; normalizando $P = 2\pi$, $H = e^{i\theta}$, y la composición de orientaciones corresponde a la multiplicación compleja: $S^1 \cong U(1)$.*

Observación 15.8. Esta derivación no contradice a las dos anteriores: es una tercera vía independiente, y las tres coinciden en $U(1)$. A diferencia de las anteriores, ésta deriva la periodicidad desde la finitud de capacidad energética, en vez de asumirla de la compacidad topológica del espacio de fases.

Corolario 15.9 (Identidad y Periodicidad). *La holonomía identidad corresponde a $\theta = 0$ mód 2π ; recorrer el lazo k veces produce $k\theta$ mód 2π .*

Observación 15.10 (Conclusión de la Sección). La estructura de las holonomías obliga a que la orientación de un gap sea una variable periódica de período 2π . El grupo $U(1)$ emerge como la estructura algebraica necesaria para describir toda reorganización cerrada de la red de distinciones.

16. $U(1)$ y la Estructura del Gap

Teorema 16.1 (El Gap como Elemento de $U(1)$, vía Holonomía). *El espacio de estados de un gap orientado es topológicamente S^1 , y su grupo de simetrías es $U(1)$.*

Demostración. Un gap orientado, tomado como lazo relacional trivial (recorrido sobre sí mismo), determina una holonomía por el Teorema de Existencia Necesaria de la Holonomía. Por el Teorema de Representación Física, esa holonomía se representa como $H = e^{i\theta}$ con θ definido módulo 2π : el espacio de valores posibles de θ es exactamente $S^1 = \mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z}$. Por el Corolario de Estructura Circular de la Orientación, la composición de estados del gap corresponde a la multiplicación compleja de sus representaciones físicas, que es la operación de grupo de $U(1)$. $\square$

Observación 16.2 (Confirmación cruzada). Esta derivación, obtenida por composición de holonomías, es independiente de la prueba del Teorema del Gap y $U(1)$ del Capítulo 13 (obtenida por un argumento directo de compacidad); ambas coinciden en $U(1)$, lo que constituye una confirmación cruzada dentro de la propia teoría. No se requiere ni se añade una tercera derivación adicional del mismo resultado: dos vías independientes que convergen ya constituyen la verificación interna buscada.

Corolario 16.3 (Conexión entre Gaps). *La fase de un gap y la fase del gap adyacente se relacionan mediante una composición que preserva la estructura $U(1)$.*

17. Lazo y Holonomía

Observación 17.1 (Corrección de dominio: fase y holonomía requieren gaps abiertos, no $\rho \neq 0$). En versiones anteriores de este capítulo, la condición de buena definición de la fase se enunciaba como $\rho \neq 0$ en cada gap del lazo. Esa condición es demasiado débil: $\rho = 1/(B + \delta)$ solo se anula en el límite $\delta \rightarrow \infty$ (dilución formal), y por tanto es trivialmente distinta de cero incluso en un gap saturado ($\delta = 0$, donde ρ alcanza su máximo $1/B$). La condición $\rho \neq 0$ no excluye entonces el caso físicamente relevante: un gap saturado no sostiene un canal relacional abierto, y por tanto no puede transmitir una orientación de fase, aunque ρ en ese gap sea máxima, no nula. La condición correcta, usada en lo que sigue, es $\delta > 0$ (gap abierto).

Definición 17.2 (Gap abierto). Un gap relacional $e = (i, j)$ es abierto si $\delta_e > 0$. Solo un gap abierto realiza un canal operacional entre las realizaciones que relaciona. La condición $\rho_e > 0$ no sustituye esta condición, pues $\rho_e = 1/(B + \delta_e)$ da $\rho_e = 1/B \neq 0$ cuando $\delta_e = 0$, aunque el canal ya no esté abierto.

Definición 17.3 (Ciclo de fase realizable). Un ciclo relacional finito γ realiza una fase si y solo si

$$\forall e \in \gamma, \quad \delta_e > 0.$$

Solo bajo esta condición se define una orientación acumulada de fase; el número de enrollamiento q_γ y la holonomía $H(\gamma) = e^{iq_\gamma}$ presuponen que γ es un ciclo de fase realizable en este sentido.

Definición 17.4 (Holonomía).

$$\Theta_\gamma := \sum_k \theta_{i_k i_{k+1}} \quad (\text{mód } 2\pi).$$

Teorema 17.5 (Cuantización de la Holonomía).

$$\frac{\Theta_\gamma}{2\pi} \in \mathbb{Z}$$

siempre que γ sea un ciclo de fase realizable, es decir, $\delta > 0$ en todos los gaps del lazo.

Demostración. Por el Teorema de Representación Física, la holonomía de cualquier lazo se representa como $H(\gamma) = e^{i\Theta_\gamma}$, con Θ_γ definido módulo 2π . La condición $\delta > 0$ en todo gap del lazo garantiza que la fase $\theta(x)$ está bien definida (no degenerada) en cada punto del recorrido – si $\delta = 0$ en algún gap, ese gap está saturado, no sostiene un canal abierto y por tanto no sostiene una fase distinguible, independientemente de que ρ en ese gap sea máxima; la holonomía del lazo no está definida en ese caso. Bajo esa condición, recorrer completamente el lazo devuelve la configuración a su fase de partida módulo 2π , de modo que la holonomía acumulada Θ_γ debe ser un múltiplo entero de 2π : si no lo fuera, la fase final diferiría de la inicial en una cantidad no nula módulo 2π , contradiciendo que el lazo cierra sobre la distinción de partida. $\square$

Definición 17.6 (Número de Enrollamiento).

$$q_\gamma := \frac{\Theta_\gamma}{2\pi} \in \mathbb{Z}.$$

Teorema 17.7 (Protección Topológica). *Si $q_\gamma \neq 0$, ninguna recorrelación continua puede cambiar q_γ sin que $\delta = 0$ en algún gap del lazo (es decir, sin que el lazo deje de ser un ciclo de fase realizable).*

Demostración. Por reducción al absurdo. Supóngase una familia continua de configuraciones Σ_s , $s \in [0, 1]$, con $q_\gamma(0) = q_\gamma \neq 0$ y $q_\gamma(1) = 0$, tal que δ permanece estrictamente positivo en todo gap del lazo para todo s (el lazo sigue siendo un ciclo de fase realizable). Entonces la holonomía acumulada $\Theta_\gamma(s)$ varía continuamente en s , y por el Teorema de Cuantización de la Holonomía, $q_\gamma(s) = \Theta_\gamma(s)/2\pi \in \mathbb{Z}$ para todo s : se tiene una función continua $q_\gamma : [0, 1] \rightarrow \mathbb{Z}$. El intervalo $[0, 1]$ es conexo y $\mathbb{Z}$ es discreto; toda función continua de un espacio conexo a un espacio discreto es constante. Luego $q_\gamma(s) = q_\gamma(0) \neq 0$ para todo s , en particular $q_\gamma(1) \neq 0$, contradiciendo la hipótesis $q_\gamma(1) = 0$. $\square$

Observación 17.8 (Alcance de la protección topológica). La protección de q_γ se aplica solamente a reconfiguraciones continuas que preservan un ciclo de gaps abiertos. Si un gap necesario para el lazo alcanza $\delta = 0$, la representación de q_γ como fase de un ciclo abierto deja de estar dentro del dominio de este teorema. Este resultado, por sí solo, no concluye si el número de enrollamiento es destruido, transferido a otro ciclo o almacenado de alguna otra forma: esa posibilidad no puede admitirse como entidad física mientras no supere Ámbito y la cadena de realización.

Definición 17.9 (Materia). Una región de bits que sostiene un lazo interior γ con $q_\gamma \neq 0$.

Corolario 17.10 (Aditividad de la Carga Topológica).

$$q_\gamma = q_1 + q_2 + \cdots + q_k$$

para defectos encerrados por un lazo conjunto.

VII. Electromagnetismo

18. Emergencia del Campo Electromagnético

Teorema 18.1 (Conexión de Fase). *La distribución de fases sobre la red define naturalmente una conexión sobre el fibrado $U(1)$.*

Demostración. Por el Teorema del Gap como Elemento de $U(1)$, cada gap porta una fase $\theta(x) \in U(1)$. Una conexión sobre un fibrado principal $U(1)$ es, por definición, una regla que especifica cómo comparar fases en puntos infinitesimalmente próximos de la base – equivalentemente, un campo A_μ tal que el transporte paralelo de la fase entre x y $x+dx$ es $\theta(x+dx) = \theta(x) + A_\mu dx^\mu$. La distribución de fases $\theta(x)$ sobre la red, junto con la estructura de vecindad ya establecida por la conectividad de la red, determina exactamente esa regla de comparación entre gaps adyacentes: se define $A_\mu := \partial_\mu \theta$ en el límite continuo, que es la conexión buscada. $\square$

Teorema 18.2 (Campo Electromagnético). *El tensor de curvatura de la conexión de fase es el tensor de campo electromagnético:*

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu.$$

Demostración. Por el Teorema de Conexión de Fase, A_μ es una conexión sobre el fibrado $U(1)$. La curvatura de cualquier conexión sobre un fibrado principal se define, en geometría diferencial estándar, como $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ (para el grupo abeliano $U(1)$, sin término de conmutador adicional, a diferencia de conexiones no abelianas). Esta curvatura mide la holonomía por unidad de área de lazos infinitesimales en la red – exactamente la cantidad definida y estudiada en los Capítulos 20-21 – evaluada en el límite continuo. $\square$

Teorema 18.3 (Ecuaciones de Maxwell). *La dinámica de la fase y la estructura del gap implican las ecuaciones de Maxwell en el límite continuo:*

1. la conservación de la holonomía implica la identidad de Bianchi $dF = 0$;
2. la Acción de Red produce en el límite continuo la acción de Maxwell $S = -\frac{1}{4} \int F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$;
3. la variación de esta acción produce $\partial_\mu F^{\mu\nu} = 0$.

Demostración. (1) Por el Teorema de Conservación de la Holonomía, la holonomía de cada clase relacional se preserva bajo evolución física admisible; la identidad de Bianchi $dF = 0$ es exactamente la expresión infinitesimal, en el límite continuo, de que la holonomía de un lazo infinitesimal (la curvatura F) no cambia al deformar continuamente ese lazo – que es el contenido del Teorema de Invariancia por Deformación Continua aplicado a lazos infinitesimales. (2) La Acción de Red asigna a cada configuración un costo aditivo sobre los gaps de la red; en el límite en que el espaciado de la red tiende a cero, la única acción cuadrática en $F_{\mu\nu}$, invariante de Lorentz e invariante de gauge construye a partir de la conexión A_μ es $-\frac{1}{4} \int F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$ (unicidad estándar de la acción de Yang-Mills abeliana a orden cuadrático). (3) Variando esa acción respecto a A_μ mediante el principio de mínima acción – la misma regla de extremización que fija la dinámica de cualquier campo de la teoría, aplicada aquí al campo de conexión A_μ – se obtienen directamente las ecuaciones de Euler-Lagrange $\partial_\mu F^{\mu\nu} = 0$, que son las ecuaciones de Maxwell en el vacío. $\square$

Observación 18.4 (Conclusión de la Sección). El electromagnetismo no es una teoría fundamental postulada desde el exterior. Es la descripción en el límite continuo de la estructura de fase que emerge necesariamente de la reorganización de una red de distinciones. Toda carga eléctrica es una discontinuidad topológica en la fase. Toda corriente es un flujo de fase.

19. El Electromagnetismo como Consecuencia Necesaria

Teorema 19.1 (Falsabilidad del Electromagnetismo Emergente). *Cualquier desviación observada de las ecuaciones de Maxwell implicaría una revisión de la estructura de la red, no de los principios fundamentales.*

Demostración. Por el Teorema de Ecuaciones de Maxwell, dichas ecuaciones se derivan exclusivamente de: (i) la existencia de una fase $U(1)$ sobre el gap (Capítulos 20-22, consecuencia de Existencia, Contraste y Finitud), y (ii) la forma cuadrática única de la Acción de Red en el límite continuo. Ninguno de los principios de Ámbito, Realizabilidad o Inmanencia Operativa fija por sí solo la forma cuadrática de la acción; esa forma es la única compatible con invariancia de Lorentz y de gauge, pero una red con una estructura de vecindad distinta a la supuesta produciría, en principio, una acción efectiva distinta en el límite continuo. Luego una desviación observada de Maxwell no refutaría Ámbito, Realizabilidad o Finitud (que son independientes de la estructura de vecindad concreta), sino la hipótesis específica sobre cómo se conectan los gaps entre sí. $\square$

Corolario 19.2 (Unificación de la Física). *El electromagnetismo y la gravedad emergen del mismo fundamento: la red de distinciones. No hay dos campos fundamentales; hay una única realidad, $C(B)$, cuyas agrupaciones interactúan mediante gaps relacionales. La gravedad es la proyección estructural y de densidad de la reorganización general de esos gaps; el electromagnetismo es su proyección de fase, orientación y holonomía. La saturación $\rho = 1/B$ no origina la gravedad: constituye únicamente el régimen límite en el que la misma dinámica alcanza una RSGM.*

20. Los campos no son una sustancia que vibra sobre el espacio

Teorema 20.1 (Campos como $C(B)$). *Los campos son idénticamente $C(B)$ en el límite continuo. No hay un medio físico adicional que se propague sobre el espacio.*

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal, todo campo físico, en tanto entidad física, es idénticamente $C(B)$. En particular, el campo electromagnético ya se derivó explícitamente como la curvatura de la fase $U(1)$ de los gaps – una propiedad intrínseca de la configuración $C(B)$, no una sustancia adicional que se propaga sobre ella. Un “medio adicional” sobre el cual el campo vibrase sería, por el Teorema de Error de Categoría del Exterior, una entidad exterior a la red: o pertenece ya a $C(B)$ (y no es adicional), o no es físicamente distinguible (y no existe). $\square$

21. La masa no es una cosa, es lo difícil que es deshacer una forma

VIII. MASA

Teorema 21.1 (Masa como Estabilidad en Régimen de Saturación $\delta \rightarrow 0$). *En el régimen de saturación (RSGM), la masa es idénticamente la estabilidad topológica de $C(B)$ atrapada en una configuración donde δ se aproxima a 0.*

Demostración. Por el Teorema de RSGM, una región con $\delta \rightarrow 0$ es una configuración saturada, estable frente a perturbaciones continuas (protegida por el mismo argumento conexo-a-discreto que prueba el Teorema de Protección Topológica, aplicado directamente al número de saturación $N = A/B$: N es un entero, y una deformación continua que lo cambiara tendría que atravesar un valor no entero, inadmisibles por el mismo argumento de continuidad). Esa resistencia a ser deshecha por deformación continua es precisamente la propiedad inercial que se mide como masa: cuánta energía-tasa se requiere para alterar la configuración. Una configuración con δ lejos de 0 no tiene esa protección topológica particular y se reorganiza libremente ante cualquier perturbación de este tipo. $\square$

Observación 21.2 (Alcance de la masa ordinaria). El teorema distingue dos regímenes que no deben confundirse. La RSGM realiza la masa como estabilidad topológica en el límite $\delta \rightarrow 0$, mientras que la materia ordinaria se describe como una configuración material persistente con gaps abiertos ($\delta > 0$), conforme a la Definición de Materia como Distinción Persistente. Por tanto, la masa ordinaria no se identifica con una saturación incompleta ni requiere imponer $\delta = 0$: pertenece al régimen material abierto y su estabilidad se expresa mediante la organización persistente de sus gaps y cargas topológicas.

Corolario 21.3 (No identificación del cero con el vacío). *Si una configuración material C posee masa emergente $m(C)$ tal que $m(C) = 0$, no se sigue que $C = \emptyset$:*

$$m = 0 \neq \text{vacío absoluto.}$$

La configuración continúa siendo una realización de distinciones: $C \neq \emptyset$.

Demostración. La configuración C está constituida por distinciones realizadas. El valor de la masa emergente m es una propiedad de la organización de dichas distinciones – por este mismo capítulo, la resistencia de esa organización a ser deshecha – y no la condición de existencia de la configuración. Anular esa propiedad no elimina el soporte que permite definir otras propiedades de la misma configuración. $\square$

IX. Gravedad

Capa II: Consecuencias Condicionadas

Esta segunda capa desarrolla las consecuencias que requieren una construcción adicional sobre el núcleo. Cada resultado se formula con sus condiciones exactas: capacidad finita bajo soporte delimitado, cota entrópica, dinámica gravitacional, RSGM, materia, correspondencias cuánticas y comparación experimental. El lenguaje es firme respecto de lo que se sigue de las condiciones, pero no convierte esas condiciones en hechos ya demostrados.

En particular, Bell pertenece a *Ámbito* por sus resultados experimentales; Born y Tsirelson son objetivos de correspondencia cuantitativa; Hilbert permanece fuera como ontología fundamental y solo puede aparecer como representación efectiva verificable; Bohr permanece fuera como postulado ontológico y solo puede mencionarse como descripción histórica de restricciones experimentales. Ninguno de estos elementos condiciona la validez del núcleo de la Capa I.

22. Capacidad Finita bajo Soporte Delimitado – Límite Holográfico

El resultado siguiente declara todas las condiciones que utiliza. No se introduce una premisa oculta: (H1) la región considerada posee una frontera de área finita A ; (H2) cada distinción elemental ocupa un soporte de área no menor que $B = 1$ en las unidades internas; (H3) los soportes elementales contados son disjuntos en la medida de área relevante; y (H4) la medida de soporte es aditiva para la familia considerada. Si alguna condición no se deriva para una clase de configuraciones, el resultado se aplica únicamente de forma condicionada a esa clase.

Proposición 22.1 (Capacidad finita bajo soporte delimitado). *Bajo (H1)–(H4), toda región con frontera de área A contiene como máximo*

$$N_{\text{máx}} = \left\lfloor \frac{A}{B} \right\rfloor$$

distinciones elementales. En las unidades internas de la teoría, $B = 1$ y $N_{\text{máx}} = \lfloor A \rfloor$.

Demostración. Sea N el número de soportes elementales disjuntos. Por (H2), cada uno tiene medida al menos B . Por (H3) y (H4), la medida total satisface $NB \leq A$. Como N es entero, $N \leq \lfloor A/B \rfloor$. La conclusión utiliza el teorema demostrado $B = 1$ y las hipótesis geométricas declaradas; no utiliza una conversión convencional ni un parámetro ajustable. $\square$

Proposición 22.2 (Insuficiencia de $B = 1$ para la capacidad global). *El resultado $B = 1$ por sí solo no implica que toda región física tenga capacidad finita. Para obtener una cota de número de distinciones se requieren, además, una región de soporte finito, una regla de no solapamiento y aditividad de la medida de soporte para las distinciones contadas.*

Demostración. Considérese un modelo compatible con $B = 1$ en el que cada distinción elemental tenga soporte de medida uno. Si la región no está acotada, pueden colocarse N soportes disjuntos para todo N finito sin violar la minimalidad de cada soporte. Alternativamente, si se permite solapamiento sin una regla de exclusión, un número arbitrario de etiquetas puede asociarse al mismo soporte sin que la condición individual de medida mínima sea contradicha. En ambos casos $B = 1$ permanece válido, pero no existe una cota universal $N_{\text{máx}} = A/B$. Por tanto, la capacidad finita no se sigue de $B = 1$ aislado; se sigue de $B = 1$ junto con las condiciones geométricas y combinatorias declaradas en (H1)–(H4). $\square$

Observación 22.3 (Cierre honesto del teorema). La proposición anterior no debilita el núcleo de la teoría: identifica la premisa mínima que debe demostrarse para extender la cota a una clase física determinada. Si la definición de región realizable incluye frontera finita, exclusión de solapamiento y aditividad, la cota del Capítulo 44 queda demostrada para esa clase. Si esas propiedades deben emerger de una teoría más profunda, quedan como objetivos de derivación y no como consecuencias automáticas de $B = 1$.

Corolario 22.4 (Límite holográfico condicionado). *Si además cada distinción elemental tiene dos estados distinguibles y la entropía de una configuración se define por $S = k_B N \ln 2$, entonces*

$$S \leq k_B \left\lfloor \frac{A}{B} \right\rfloor \ln 2.$$

El paso al límite continuo $S \leq k_B (A/B) \ln 2$ es una cota conveniente cuando se ignora el redondeo entero; no añade información ontológica. La traducción posterior a unidades convencionales es externa a la teoría.

23. Cota Entrópica bajo Capacidad Finita

Proposición 23.1 (Cota entrópica condicionada). *Bajo las hipótesis (H1)–(H4) del Capítulo 44 y bajo el conteo binario explícito $\Omega = 2^N$, la entropía máxima de la región satisface*

$$S_{\text{máx}} = k_B \left\lfloor \frac{A}{B} \right\rfloor \ln 2.$$

En el límite de gran capacidad, esta expresión se aproxima por $k_B(A/B) \ln 2$.

Demostración. Por el Capítulo 44, $N \leq \lfloor A/B \rfloor$. El conteo binario da $S = k_B \ln \Omega = k_B N \ln 2$. La monotonía de esta expresión en N produce la cota indicada. La prueba no determina por sí sola el valor de una constante convencional ni demuestra una identificación con la escala de Planck. $\square$

Observación 23.2 (Alcance de la comparación con Bekenstein-Hawking). La igualdad con una fórmula expresada en ℓ_P , k_B u otras unidades convencionales pertenece a una comparación externa. Puede servir como comprobación observacional de una traducción, pero no constituye la derivación interna de $B = 1$ ni una calibración del cuanto elemental.

24. Cota de Curvatura

Observación 24.1 (Corrección: R no está acotada – lo acotado es $\rho = f(R)$). En versiones anteriores de este capítulo se afirmaba $R_{\text{máx}} = 1/B$. Esa afirmación es falsa y se corrige aquí. Por definición $R = 1/\delta$ es una variable puramente representacional de la descripción continua: cuando $\delta \rightarrow 0$, $R \rightarrow \infty$ sin cota. No existe ningún argumento que impida a δ acercarse arbitrariamente a 0, de modo que R no tiene un máximo finito. Lo que sí está acotada – y es la única cantidad con contenido físico directo – es la densidad efectiva $\rho = f(R) = 1/(B + \delta)$.

Teorema 24.2 (Cota Física de Realización). *La cantidad física efectiva satisface*

$$0 < \rho = f(R) = \frac{1}{B + \delta} \leq \frac{1}{B},$$

con igualdad exactamente cuando $\delta = 0$ (régimen RSGM). La variable representacional $R = 1/\delta$ no está acotada superiormente y su divergencia cuando $\delta \rightarrow 0$ es aparente: refleja el límite de la descripción continua, no una cantidad física real.

Demostración. Por definición $\rho = 1/(B + \delta)$ y por $\delta \geq 0$ (el grosor del gap no puede ser negativo), se obtiene $B + \delta \geq B$ y por tanto $\rho \leq 1/B$, con igualdad si y solo si $\delta = 0$. Esta cota recae sobre $\rho = f(R)$, no sobre R : $R = 1/\delta$ diverge cuando $\delta \rightarrow 0$ precisamente porque R es una variable representacional sin cota impuesta por la teoría, mientras que ρ permanece finita en todo momento. No hay necesidad de postular una cota de curvatura sobre R ; lo que la teoría exige, y demuestra, es la cota sobre la cantidad físicamente efectiva $\rho = f(R)$. $\square$

Corolario 24.3 (Ausencia de Singularidades). *Las singularidades de la relatividad general ($R \rightarrow \infty$) quedan excluidas ontológicamente: son el límite de la descripción continua cuando $\delta \rightarrow 0$, no una desaparición de la realidad ni una divergencia de ninguna cantidad físicamente efectiva; el colapso físico posible es el del foco por exceso de masa al alcanzar $\rho = 1/B$ ($\rho = f(R)$ permanece finita, $\leq 1/B$, en todo momento). En la Teoría de la Distinción, toda singularidad es reemplazada por una RSGM donde $\delta = 0$.*

Corolario 24.4 (Valor Numérico de la Cota Física). *Con $B = \ell_P^2$: $\rho_{\text{máx}} = f(R)_{\text{máx}} = 1/\ell_P^2 \approx 3.83 \times 10^{69} \text{ m}^{-2}$. Esta es la densidad de realización máxima, no un valor máximo de R .*

Definición 24.5 (Límite formal de dilución relacional). El límite

$$\delta \rightarrow \infty, \quad \rho = \frac{1}{B + \delta} \rightarrow 0$$

es un límite formal de dilución relacional. No representa una región física vacía, un exterior de la red ni un soporte sin distinciones: es el límite en que la densidad representada por $1/(B + \delta)$ se hace arbitrariamente pequeña cuando el grosor del gap crece sin cota, sin que ninguna entidad física quede separada de la red de realizaciones que B constituye.

25. Unicidad de la Acción Gravitacional

Teorema 25.1 (Unicidad de la Acción Gravitacional). *La acción gravitacional efectiva es:*

$$f(R) = \frac{R}{1 + BR}.$$

Demostración. Por definición, $f(R) = \rho = 1/(B + \delta)$. Usando $R = 1/\delta$, se obtiene:

$$f(R) = \frac{1}{B + 1/R} = \frac{R}{1 + BR}.$$

Esta es la única forma posible porque solo depende de B y δ , y δ está definido únicamente por $R = 1/\delta$. No hay otra función compatible con las definiciones. $\square$

Observación 25.2 (Alcance de la unicidad). La unicidad enunciada es relativa a las identificaciones de la teoría: $R = 1/\delta$ y $f = \rho$, con $\rho = 1/(B + \delta)$ obtenida por conteo finito de canales. Dadas esas identificaciones, no existe otra función compatible con B y δ . La identificación de la acción gravitacional efectiva con la densidad de canales queda fijada por la Ley de Selección Relacional y la estructura de gaps; ninguna teoría externa puede sustituir ni rebajar esa derivación.

Corolario 25.3 (Acción de Einstein-Hilbert Modificada).

$$S = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} \frac{R}{1 + BR}.$$

Es la única acción que recupera GR en el límite $BR \ll 1$, elimina singularidades, tiene estabilidad dinámica y no contiene parámetros libres más allá de B .

Observación 25.4 (Identificación con la Escala de Planck). Por el Capítulo 26, $B = 4\ell_P^2 \ln 2$. La escala de saturación es, por tanto, B y no ℓ_P^2 : ambas difieren en el factor $4 \ln 2 \approx 2,77$, que no se absorbe en G ni en las unidades y se conserva explícito en $f(R) = R/(1 + BR)$.

Corolario 25.5 (Ecuaciones de Campo). *En el régimen débil ($BR \ll 1$): $G_{\mu\nu} \approx 8\pi G T_{\mu\nu}$, la ecuación de Einstein estándar.*

25.1. Estabilidad dinámica: ausencia de fantasmas y de modos taquiónicos

El Corolario de la Acción de Einstein-Hilbert Modificada afirmó “estabilidad dinámica” sin demostrarla. Esta sección lo hace en lo que es físicamente demostrable: ausencia del fantasma de Ostrogradsky, ausencia de fantasma del gravitón y estatus del modo escalar que la linealización de $f(R)$ asocia a δR (el “escalarón” de la literatura de $f(R)$). Este último no es una entidad física de la teoría, sino una variable representacional: no tiene masa, longitud de Compton ni escala temporal física, de modo que la pregunta por un modo taquiónico no se plantea como pregunta física.

Teorema 25.6 (Ausencia del Fantasma de Ostrogradsky). *La teoría no contiene el fantasma de Ostrogradsky.*

Demostración. El fantasma de Ostrogradsky aparece en teorías cuyo lagrangiano depende de derivadas de orden superior de forma no degenerada – típicamente, gravedad cuadrática general con términos $R_{\mu\nu}R^{\mu\nu}$ o $R_{\mu\nu\rho\sigma}R^{\mu\nu\rho\sigma}$ independientes de R^2 . La acción de esta teoría, $f(R) = R/(1 + BR)$, depende únicamente del escalar de Ricci R , no de $R_{\mu\nu}R^{\mu\nu}$ ni de contracciones de curvatura de orden superior. Toda teoría $f(R)$ pura es dinámicamente equivalente,

vía transformación de Legendre, a una teoría escalar-tensorial con un único grado de libertad escalar adicional (el modo escalar, que aquí es solo representacional; véase el teorema sobre el estatus no físico del escalón) y ecuaciones de campo de segundo orden – no a una teoría de cuarto orden genuina. La ausencia de Ostrogradsky es, por tanto, una propiedad general de toda la clase $f(R)$, no exclusiva de esta función particular; se cumple aquí por pertenecer a esa clase. $\square$

Teorema 25.7 (Ausencia de Fantasma del Gravitón). *El gravitón no es un fantasma en ningún régimen de curvatura.*

Demostración. La condición estándar para que el gravitón no sea un fantasma en $f(R)$ -gravedad métrica es $f'(R) > 0$ (signo correcto del término cinético efectivo). Aquí $f'(R) = 1/(1+BR)^2 > 0$ para todo $R \geq 0$ real, sin excepción ni condición adicional. Se cumple en todo el rango físicamente accesible – correspondiente a $0 \leq \rho = f(R) \leq 1/B$, con R recorriendo todo $[0, \infty)$ – y también fuera de él. $\square$

Teorema 25.8 (El modo escalar de la linealización no es una entidad física). *El modo escalar δR que la linealización de $f(R) = R/(1+BR)$ asocia al escalar de Ricci no es una magnitud física de la teoría. En particular, no existe una masa física m_s , una longitud de Compton física $\lambda_C = 1/m_s$ ni una escala temporal física de crecimiento asociadas a él.*

Demostración. Por el Teorema de No Escala Intermedia (Teorema 3.1), toda magnitud física es un múltiplo entero de B o una correlación entre múltiplos de B , y no existe ninguna escala física entre B y las configuraciones macroscópicas de $C(B)$. Una masa m_s con longitud de Compton $\lambda_C = 1/m_s$ asociada a un modo propagante sería, justamente, una escala de longitud (y de tiempo) nueva. Además, el perfil $e^{-r/\lambda_C}/r$ y la función de Green del operador de Helmholtz que acompañan a esa masa son funciones de una coordenada continua r que no son múltiplos enteros de B ni correlaciones entre ellos. Si λ_C^2 fuese un múltiplo NB con N entero pequeño, la región de tamaño λ_C tendría un área de unas pocas unidades B , muy por debajo de las cotas de volumen genuino (la cota de volumen genuino): no admite interior genuino ni, por tanto, ningún procedimiento operacional finito que distinga el modo de su ausencia (Definición 0.1). Lo que no se distingue de su ausencia no es físicamente realizado. Luego δR es una variable representacional del continuo – una descripción efectiva de correlaciones entre múltiplos de B – y no una entidad. $\square$

Corolario 25.9 (Sin taquiones, sin señales superlumínicas, sin retroceso temporal). *En la teoría no existe ninguna entidad que se propague más rápido que la propia reorganización de la información, ni ninguna que proceda hacia un estado anterior en el orden de las distinciones.*

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal (Teorema 7.1), todo lo existente es $C(B)$: no hay nada más que distinciones y sus correlaciones. Toda evolución es reorganización relacional de ellas, de modo que nada puede ir más rápido que esa reorganización, que es la información misma. Por el Teorema del Tiempo como Orden (Teorema 10.1), el tiempo no es un medio en el que las cosas ocurren sino el orden en que se efectúan las distinciones; una distinción ya efectuada no se deshace hacia atrás en ese orden. Una partícula taquiónica – superlumínica, o que retroceda en el tiempo – tendría que ser algo distinto de una configuración $C(B)$ ordenada por ese orden, y no hay tal cosa. $\square$

Observación 25.10 (Por qué el análisis lineal de Dolgov-Kawasaki no señala una inestabilidad física). El criterio estándar de Dolgov-Kawasaki asigna formalmente a δR el parámetro $\frac{1}{3} [f'(R)/f''(R) - R]$. Con $f'(R) = 1/(1+BR)^2$ y $f''(R) = -2B/(1+BR)^3$ resulta $-\frac{1}{6B} - \frac{R}{2}$, negativo para todo $R \geq 0$. Ese signo no se invierte cambiando de convención de signatura: al pasar de $(-+++)$ a $(+---)$ también cambia de signo el operador $\square$ de la ecuación de traza, y el cuadrado de la masa de un modo propagante es invariante. Por el teorema sobre el estatus no

físico del escalarrón ese número no es una masa física, de modo que su signo no expresa ninguna inestabilidad física ni señal superlumínica (Corolario 25.9); es solo el dato algebraico del análisis lineal, y lo que sigue explica qué significa.

En su lectura estándar, el análisis lineal de Dolgov-Kawasaki describe una fuga: una perturbación δR crece exponencialmente, alejando a R de su valor de fondo, típicamente sin límite. En los modelos $1/R$ para energía oscura donde este criterio se descubrió (Dolgov & Kawasaki, 2003), esa fuga es genuinamente patológica porque nada en la teoría le impone un destino: R puede crecer indefinidamente, y la inestabilidad ocurre en escalas de tiempo de laboratorio, muy por debajo de cualquier escala física relevante. Aquí la situación es estructuralmente distinta, y la diferencia no es una cuestión de escala sino de existencia. $R = 1/\delta$ no está acotado por $\delta \geq 0$: al contrario, R crece sin cota precisamente cuando $\delta \rightarrow 0$. Lo que $\delta \geq 0$ excluye no es que R crezca, sino que exista una relación de distinción con $\delta < 0$; y esa exclusión es exactamente lo que impide a la cantidad físicamente efectiva $\rho = f(R) = 1/(B + \delta)$ superar $1/B$. La fuga que el análisis lineal predice en R no se topa con un techo prohibido: se topa con el hecho de que, al acercarse δ a 0, la propia descripción lineal deja de ser válida y la región queda descrita por la dinámica saturada de la RSGM, donde ρ permanece finita aunque R mismo diverja representacionalmente. Preguntar qué le ocurre a la perturbación “más allá” de $\delta = 0$ es un error de categoría: no existe la relación de distinción que correspondería a $\delta < 0$, de modo que no hay un estado ulterior al que la dinámica pudiera o no permitir el acceso.

Lo que el análisis lineal detecta, entonces, no es una inestabilidad hacia el infinito, sino la firma perturbativa – vista desde la aproximación lineal, ciega a la cota dura – del propio mecanismo de saturación que los Capítulos 15-16 ya describen de forma completa y no lineal: la RSGM. Una perturbación que “querría” crecer indefinidamente según la linealización se topa, en la teoría completa, con la frontera $\delta = 0$ y queda descrita, a partir de ahí, por la dinámica de gaps saturados – finita, sin singularidad, con la entropía y temperatura ya calculadas en los Capítulos 15-16 – no por una divergencia sin fondo. El parámetro formal negativo no señala una patología no resuelta ni una masa física: es la firma algebraica de que el régimen lineal en R deja de aplicar donde $\delta \rightarrow 0$ y debe cederle el paso al régimen saturado que la teoría ya tiene.

Esto no es una respuesta genérica de “es escala de Planck, no importa” – ese tipo de respuesta no distingue esta teoría de cualquier otra con una patología a esa escala. La respuesta aquí es específica: hay un teorema previo (Cota Física de Realización) que prueba, independientemente de este cálculo, que la cantidad físicamente efectiva $\rho = f(R)$ satura exactamente donde la inestabilidad lineal en R querría llevarla, aun cuando R mismo, como variable representacional, no tenga cota.

26. Teorema de la Densidad de Energía del Vacío

Observación 26.1 (El Problema Estándar). La TQC predice $\rho_{\text{vac}}^{(\text{TQC})} \sim 10^{96} \text{ kg/m}^3$ con corte UV en la escala de Planck; la densidad observada es $\rho_{\text{obs}} \sim 10^{-27} \text{ kg/m}^3$. Discrepancia: $\sim 10^{123}$ órdenes de magnitud.

Teorema 26.2 (Densidad de Energía del Vacío Regulada). *La densidad de energía del vacío está regulada por la curvatura media del espacio, no por el corte UV:*

$$\rho_{\text{vac}} = \frac{R}{8\pi G} \sim \frac{H^2}{G} \sim 10^{-27} \text{ kg/m}^3.$$

Demostración. Los grados de libertad en un volumen V son holográficos: $N_{\text{máx}} = AV/B$, consistente con el Teorema de Exclusión Informacional ($N_{\text{máx}} = A/B$, sin factor adicional). No existen modos independientes que excedan este número. Con curvatura cosmológica media $R \sim 12H^2/c^2$,

$$\rho_{\text{vac}} \sim \frac{12H^2}{8\pi Gc^2} \sim \frac{H^2}{G}.$$

Con $H_0 \sim 10^{-33} \text{ eV}$, $\rho_{\text{vac}} \sim H_0^2/G \sim 10^{-27} \text{ kg/m}^3$. La teoría reproduce el valor observado sin ajuste fino: el corte UV no es relevante porque los grados de libertad son holográficos. $\square$

Corolario 26.3 (Sin Ajuste Fino). *La discrepancia de 10^{123} órdenes desaparece porque el corte UV no es relevante.*

Corolario 26.4 (Ecuación de Estado Variable).

$$w(z) = -1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\Omega_m(z)}{1 - \Omega_m(z)} \cdot \frac{1}{N_{\text{bits}}(z)},$$

predicción falsable con DESI, Euclid, LSST.

Observación 26.5 (Nota sobre falsabilidad cosmológica). La desviación predicha $w(z) - (-1)$ es, por estimación de orden de magnitud ($B \sim \ell_P^2$ frente a la curvatura cosmológica $R_{\text{cosmo}} \sim H_0^2$, dando $BR_{\text{cosmo}} \sim 10^{-122}$; ver Capítulo 58), del orden de 10^{-120} respecto a los umbrales de detección actuales y previstos por DESI, Euclid y LSST. No se han realizado simulaciones numéricas dedicadas de la evolución de $w(z)$ en este documento; la cifra es una estimación analítica, no un resultado de simulación. La predicción es, por tanto, correcta en signo y mecanismo pero no discriminante en la práctica observacional cercana: no debe presentarse como una prueba de falsabilidad a corto plazo, sino como una predicción cualitativa ($w \neq -1$ exactamente) sin capacidad de discriminación cuantitativa con la sensibilidad instrumental disponible.

X. Materia

27. Materia desde Distinción – El Campo Ψ

27.1. El campo de orden del gap

La teoría ya define, sin nada adicional, una densidad (ρ) y una fase (θ) en cada punto del gap. Estas dos cantidades reales se combinan, sin introducir ningún objeto nuevo, en un único campo complejo:

Definición 27.1 (Campo de orden del gap).

$$\Psi(x) := \sqrt{\rho(x)} e^{i\theta(x)}.$$

Observación 27.2 (Dominio de definición). $\Psi(x)$ se define solo en el dominio de gaps abiertos, $\delta(x) > 0$: ahí $\theta(x)$ es una fase distinguible y $\rho(x)$ un valor bien definido menor que su máximo de saturación. En $\delta(x) = 0$ (RSGM) no hay canal que sostenga una orientación de fase, de modo que Ψ no está definido en ese límite – su construcción no deriva por sí sola un potencial material, autointeracción, solitón, ni identificación con partículas observadas.

Esta combinación no es una hipótesis: es la misma que usa la hidrodinámica de Madelung para reescribir una densidad y una fase como un único campo complejo, y es la variable natural una vez que la teoría ya tiene ambas piezas por separado (ρ del Capítulo 13, θ del Capítulo 22). $|\Psi|^2 = \rho$ recupera la densidad de distinción; la fase de Ψ es la conexión $U(1)$ ya derivada.

27.2. Acoplamiento mínimo: la corriente de materia

Puesto que θ ya es la fase de una conexión $U(1)$ con curvatura $F_{\mu\nu}$, la invariancia bajo el mismo cambio de fase local que define esa conexión, $\theta \rightarrow \theta + e\lambda(x)$, $A_\mu \rightarrow A_\mu + \partial_\mu\lambda$, exige que Ψ se acople únicamente a través de la derivada covariante

$$D_\mu\Psi := (\partial_\mu - ieA_\mu)\Psi.$$

No es una elección adicional: es la misma condición de invariancia de gauge que ya sostiene al electromagnetismo emergente, aplicada ahora al campo Ψ en vez de solo a su fase.

Teorema 27.3 (Descomposición densidad-fase).

$$|D_\mu\Psi|^2 = (\partial_\mu\sqrt{\rho})^2 + \rho(\partial_\mu\theta - eA_\mu)^2.$$

Demostración. Verificación algebraica directa sustituyendo $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$ en $D_\mu\Psi = \partial_\mu\Psi - ieA_\mu\Psi$ y calculando $D_\mu\Psi(D^\mu\Psi)^*$; los términos cruzados se cancelan exactamente. $\square$

27.3. Intercambio entre electromagnetismo y materia

Corolario 27.4 (Corriente de materia). *La corriente de Noether asociada a la simetría $U(1)$ es*

$$J^\mu \propto \rho(\partial^\mu\theta - eA^\mu),$$

verificada algebraicamente a partir de $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$ (la constante de proporcionalidad depende solo de la normalización de e). Es la corriente de super-fluido estándar aplicada a la densidad de distinción: la carga que fluye es literalmente el gradiente de fase del gap, pesado por su propia densidad. No hay ninguna corriente ajena introducida.

Corolario 27.5 (Intercambio Energía-Materia vía Acoplamiento Mínimo). *El acoplamiento mínimo entre Ψ y A_μ media un intercambio de energía entre el sector electromagnético y el sector de materia: cuando ambos campos son dinámicos, el tensor de energía-momento total $T_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}^{EM} + T_{\mu\nu}^\Psi$ se conserva, $\partial^\mu T_{\mu\nu} = 0$, únicamente a través de las ecuaciones de movimiento conjuntas de ambos campos – no de cada uno por separado.*

Demostración. La densidad lagrangiana de Ψ acoplado mínimamente es $\mathcal{L}_\Psi = |D_\mu \Psi|^2 - V(|\Psi|^2)$ con $D_\mu \Psi = (\partial_\mu - ieA_\mu)\Psi$. Al expandir, aparece un término de interacción bilineal

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = -eA_\mu J^\mu + e^2 A_\mu A^\mu |\Psi|^2,$$

donde J^μ es la corriente de materia ya derivada. Este término entra con signo opuesto en las ecuaciones de Euler-Lagrange de A_μ (donde sostiene las ecuaciones de Maxwell con fuente, $\partial_\nu F^{\mu\nu} = eJ^\mu$) y de Ψ (donde sostiene su propia ecuación de onda covariante). Por el teorema de Noether aplicado a $\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{EM}} + \mathcal{L}_\Psi$ bajo traslaciones espaciotemporales, las divergencias de cada tensor parcial no se anulan por separado: $\partial^\mu T_{\mu\nu}^{\text{EM}} = -F_{\nu\mu} J^\mu$ y $\partial^\mu T_{\mu\nu}^\Psi = +F_{\nu\mu} J^\mu$, de modo que solo la suma $T_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}^{\text{EM}} + T_{\mu\nu}^\Psi$ se conserva. El término $F_{\nu\mu} J^\mu$ es exactamente el flujo de energía que un sector cede y el otro recibe. $\square$

Corolario 27.6 (La Información de Fase es Energía Cinética del Gap). *El término $\rho(\partial_\mu \theta - eA_\mu)^2$ del Teorema de Descomposición Densidad-Fase es, a la vez, la densidad de energía cinética del campo de materia y el contenido informacional local del gradiente de fase del gap: dentro de este marco, la información de distinción que transportan los gradientes de fase es una forma de energía, no una categoría aparte que deba convertirse en ella.*

Demostración. Por el Teorema de Descomposición Densidad-Fase, $|D_\mu \Psi|^2 = (\partial_\mu \sqrt{\rho})^2 + \rho(\partial_\mu \theta - eA_\mu)^2$. Como $\mathcal{L}_\Psi = |D_\mu \Psi|^2 - V(|\Psi|^2)$ tiene la forma estándar cinética-menos-potencial de una densidad lagrangiana de campo, el término $\rho(\partial_\mu \theta - eA_\mu)^2$ es, por construcción, parte de la densidad de energía cinética T_{00}^Ψ . Simultáneamente, θ es la fase del parámetro de orden del gap, y $\partial_\mu \theta$ mide cuánto cambia esa fase de un punto a otro de la red relacional – es decir, en qué medida el patrón de distinción en un punto se diferencia del de sus vecinos, ponderado por ρ . Un gradiente de fase nulo no distingue nada; uno no nulo es exactamente la distinción, pesada por su propia densidad. Como la misma expresión es simultáneamente energía cinética (por construcción lagrangiana) e información de distinción (por la propia definición de θ), ambas descripciones coinciden término a término: no hace falta un postulado adicional que traduzca información en energía, porque dentro de esta teoría son, desde el inicio, la misma cantidad. $\square$

27.4. Masa: Ψ no introduce escala de masa propia

Teorema 27.7 (Ausencia de escala de masa propia de Ψ). *Las excitaciones de Ψ no introducen ninguna escala de masa intermedia: toda magnitud asociada a ellas es un múltiplo entero de B o una correlación entre múltiplos de B . En particular, no existe una masa m_Ψ física independiente que fije una longitud de Compton.*

Demostración. Por el Teorema de Identidad Universal (Teorema 7.1), toda excitación de $\Psi = \sqrt{\rho} e^{i\theta}$, con $\rho = 1/(B + \delta)$ y θ la fase del gap, es una configuración $C(B)$. Una masa propia con longitud de Compton asociada sería una escala de longitud nueva entre B y las configuraciones macroscópicas; por el Teorema de No Escala Intermedia (Teorema 3.1) no existe. $\square$

Observación 27.8 (Lo que esto es y lo que no es). Este capítulo da, dentro del vocabulario propio de la teoría (sin importar nada del Modelo Estándar), un campo de materia complejo, cargado bajo el $U(1)$ del gap, sin escala de masa propia. No produce electrones, protones ni ninguna partícula del Modelo Estándar: esas requerirían una escala de masa distinta de B , que es precisamente lo que el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia excluye. Ψ describe materia al nivel más elemental que la teoría permite – excitaciones de la propia red de distinciones – no la fenomenología de partículas.

27.5. Resultados de cierre del sector de materia

- **Autointeracción y estabilidad.** El campo de orden derivado es el modo relacional $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$, sin escala de masa propia. La teoría no añade un acoplamiento cuártico independiente $\lambda|\Psi|^4$ ni postula solitones como entidades adicionales; la dinámica admisible queda restringida a las reconfiguraciones de gaps y a sus configuraciones persistentes.
- **Espín y estadística.** El sector elemental cerrado por este capítulo contiene densidad, fase y carga $U(1)$. El espín- $\frac{1}{2}$ y la estadística fermiónica del Modelo Estándar no forman parte de este sector fundamental y no se introducen como grados de libertad adicionales.
- **Réplica de familias.** La ausencia de escala intermedia excluye generaciones independientes de Ψ con masas distintas y, con ello, cualquier escala de masa propia de Ψ . La teoría no añade parámetros de familia ni de masa.

28. Materia y Energía son dos nombres para la misma trama

Teorema 28.1 (Materia-Energía). *Materia y energía son idénticamente configuraciones de B : $m \equiv E \equiv C(B)$.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Si fueran sustancias distintas con soportes separados, al observar la conversión materia $\rightarrow$ energía, o bien N desaparecería sin conservarse (viola No Destrucción), o bien $B_m \cap B_e \neq \emptyset$ (viola Exclusión). Dado que se observan conversiones y ambas alternativas están prohibidas, no hay dos sustancias: se reordena la misma trama $C(B)$. $\square$

XI. Lagrangiano $f(R)$

29. Entropía de Distinción y Ausencia de Correcciones Logarítmicas

Teorema 29.1 (Entropía de Distinción). *El número de configuraciones distinguibles de una realización X con $N(X)$ distinciones elementales es*

$$\Omega(X) = 2^{N(X)},$$

y su entropía física es

$$S(X) = k_B \ln \Omega(X) = k_B N(X) \ln 2 = k_B \frac{A(X)}{B} \ln 2.$$

Demostración. Por el Teorema de Información, cada distinción elemental $X \neq Y$ realizable es en sí misma una alternativa binaria verificable. Luego cada una de las N distinciones elementales contribuye un factor 2 al número de configuraciones distinguibles: $\Omega = 2^N$. Por Cuantización, $N = A/B$, de donde $S = k_B N \ln 2 = k_B (A/B) \ln 2$. $\square$

Teorema 29.2 (Fijación dimensional del cuanto B mediante Shannon y Bekenstein–Hawking). *Supóngase que una distinción elemental es una alternativa binaria operacionalmente verificable. Entonces su entropía de Shannon es*

$$S_{\text{Sh}} = k_B I \ln 2,$$

donde I es el número de distinciones elementales. Si la realización física del mismo conjunto de distinciones satisface

$$A = BI,$$

y el régimen de agujero negro obedece la relación de Bekenstein–Hawking

$$S_{\text{BH}} = \frac{k_B A}{4\ell_P^2},$$

entonces, para $I > 0$, el cuanto de área-realización queda fijado por

$$\boxed{B = 4\ell_P^2 \ln 2}.$$

Demostración. Por la naturaleza binaria de cada distinción, el número de configuraciones distinguibles de I unidades es $\Omega = 2^I$ y, por la fórmula de Shannon–Boltzmann, $S_{\text{Sh}} = k_B \ln \Omega = k_B I \ln 2$. La teoría identifica la información realizada con el soporte, de modo que $A = BI$. En el régimen en que la entropía geométrica es la de Bekenstein–Hawking, ambas expresiones describen la misma entropía física y deben coincidir:

$$k_B I \ln 2 = \frac{k_B BI}{4\ell_P^2}.$$

Como $k_B > 0$ e $I > 0$, se cancela $k_B I$ y resulta $B = 4\ell_P^2 \ln 2$. $\square$

Corolario 29.3 (Función gravitacional sin parámetro adicional). *Si además $R = 1/\delta$ y $\rho(\delta) = 1/(B + \delta)$, la función gravitacional efectiva queda fijada sin un parámetro libre adicional:*

$$f(R) = \rho(R) = \frac{R}{1 + BR} = \frac{R}{1 + 4\ell_P^2 (\ln 2) R}.$$

La única escala que aparece es la del cuanto elemental, ya determinada por la relación entre información binaria y área.

Observación 29.4 (Alcance lógico de la fijación). La derivación no toma el valor de B de una curva gravitacional que se pretenda explicar. Usa dos entradas independientes del mismo régimen físico: el conteo binario de Shannon y la ley de área de Bekenstein–Hawking. Por ello fija el valor dimensional de B y no constituye un ajuste de $f(R)$ a los datos cosmológicos. Si la ley de área de Bekenstein–Hawking fuese modificada experimentalmente, la identificación dimensional de B debería revisarse; la existencia interna de una unidad elemental positiva no quedaría por ello anulada.

Observación 29.5. Esta entropía no es una entropía de Shannon importada. Es una entropía de distinción: el logaritmo del número de configuraciones distinguibles de una red de distinciones. No tiene parámetros libres. Solo B , N y k_B .

Teorema 29.6 (Ausencia de Corrección Subdominante). *La entropía $S(X) = k_B N \ln 2$ es exacta a todo orden en N : no admite ningún término subdominante en $\ln N$.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Supóngase $\Omega(X) = 2^{N(X)} \cdot g(N)$ para alguna g no constante. Cada una de las N distinciones elementales contribuye exactamente un factor 2 al conteo, porque su verificación no hace referencia a ninguna de las otras $N - 1$ distinciones. Que $g(N)$ no sea constante exigiría una correlación entre distinciones distintas; pero por Exclusión, $B_i \cap B_j = \emptyset$: no comparten soporte, y no existe procedimiento físico por el cual el conteo de estados de una dependa del de otra. Luego $g(N)$ es constante y $\Omega(X) = 2^{N(X)}$ exactamente. $\square$

Corolario 29.7 (Predicción Falsable Adicional: $c_{\log} = 0$). *El coeficiente del término logarítmico subdominante en la entropía de un agujero negro,*

$$S = \frac{A}{4B} + c_{\log} \ln \left(\frac{A}{B} \right) + \mathcal{O}(1),$$

es exactamente $c_{\log} = 0$.

Observación 29.8 (Sobre la Predicción). Es contrastable directamente contra cualquier cálculo que prediga $c_{\log} \neq 0$ para el mismo sistema: si tal coeficiente no nulo se confirma de forma independiente, esta teoría queda falsada en este punto específico, sin que ello afecte a ningún teorema anterior.

30. Ecuaciones de Campo y el Límite de Campo Débil – Galaxias, Cúmulos y Estructura Cósmica

30.1. El Lagrangiano completo

Los capítulos anteriores derivan por separado la acción gravitacional (Capítulo 47) y la acción electromagnética (Capítulo 23) a partir de la misma estructura de gaps y distinciones. Esta sección las reúne en una sola acción total.

Definición 30.1 (Acción total de la Teoría de la Distinción).

$$S = S_{\text{grav}} + S_{\text{EM}} + S_{\text{mat}}$$

con

$$S_{\text{grav}} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} \frac{R}{1 + BR}, \quad S_{\text{EM}} = -\frac{1}{4} \int d^4x \sqrt{-g} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu},$$

donde $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ es la curvatura de la conexión de fase $U(1)$ del gap (Capítulo 23), y S_{mat} es la acción de la materia acoplada minimalmente a la métrica $g_{\mu\nu}$ y a la conexión A_μ .

Observación 30.2 (Alcance del sector de materia). S_{mat} contiene, como mínimo, el campo de orden $\Psi = \sqrt{\rho} e^{i\theta}$ derivado en el Capítulo 53 a partir de ingredientes ya presentes en la teoría (ρ, θ) , con masa de escala Planck. Más allá de ese sector mínimo, por el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia, la teoría no deriva el contenido de campos de materia conocido experimentalmente (familias fermiónicas, grupos de gauge $SU(2)$ y $SU(3)$, jerarquía de masas, constantes de acoplamiento adimensionales). Estos entran en S_{mat} como datos externos, igual que en Relatividad General más Modelo Estándar; la teoría fija el sector gravitacional ($f(R) = R/(1 + BR)$), el sector $U(1)$ (Capítulos 22-23) y el sector mínimo de materia cargada (Capítulo 53).

Corolario 30.3 (Densidad lagrangiana).

$$\mathcal{L} = \sqrt{-g} \left[\frac{1}{16\pi G} \frac{R}{1 + BR} - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \right] + \mathcal{L}_{\text{mat}}.$$

En el límite $BR \ll 1$, $\mathcal{L} \rightarrow \sqrt{-g} \left[\frac{R}{16\pi G} - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \right] + \mathcal{L}_{\text{mat}}$: el Lagrangiano de Einstein-Maxwell estándar, sin ningún término adicional. Toda la física nueva de la teoría está contenida en la corrección $R \rightarrow R/(1 + BR)$, activa solo cuando $BR \sim 1$ (saturación en RSGM).

30.2. Ecuaciones de campo completas

Teorema 30.4 (Ecuaciones de Campo de la Distinción). Variando $S_{\text{grav}} + S_{\text{mat}}$ respecto a $g_{\mu\nu}$ se obtiene

$$f'(R) R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} f(R) g_{\mu\nu} - (\nabla_\mu \nabla_\nu - g_{\mu\nu} \square) f'(R) = 8\pi G T_{\mu\nu}.$$

Esta es la ecuación de campo estándar de una teoría $f(R)$ métrica; su forma es fija una vez fijada $f(R) = R/(1 + BR)$, sin ningún ingrediente adicional.

Demostración. Aplicación directa del principio de mínima acción, ya usado consistentemente en el Capítulo 23 para el sector electromagnético. Variando $S_{\text{grav}} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} f(R)$ respecto a $g_{\mu\nu}$: el término $\sqrt{-g} f(R)$ se varía usando $\delta \sqrt{-g} = -\frac{1}{2} \sqrt{-g} g^{\mu\nu} \delta g_{\mu\nu}$ y $\delta R = R_{\mu\nu} \delta g^{\mu\nu} + g^{\mu\nu} \delta R_{\mu\nu}$, donde el segundo término, tras integración por partes dos veces, produce $(g_{\mu\nu} \square - \nabla_\mu \nabla_\nu) f'(R)$ (identidad estándar de variación de la curvatura escalar, aplicable a cualquier $f(R)$ suave, sin depender de la forma específica de f). Sumando los tres términos e igualando a la variación de S_{mat} respecto a $g_{\mu\nu}$, que define $T_{\mu\nu}$ por convención usual, se obtiene la ecuación enunciada. $\square$

Corolario 30.5 (Ecuación de traza). *Contrayendo con $g^{\mu\nu}$:*

$$f'(R)R - 2f(R) + 3\Box f'(R) = 8\pi GT.$$

A diferencia de Relatividad General, donde la traza fija $R = -8\pi GT$ algebraicamente, aquí R es un grado de libertad dinámico adicional (el “escalarón”), gobernado por su propia ecuación de onda con fuente.

30.3. Recuperación controlada de la Relatividad General

La modificación gravitacional de la teoría no altera arbitrariamente el régimen débil. El parámetro adimensional que controla la diferencia respecto de Einstein es

$$\varepsilon_R := BR.$$

Cuando $|\varepsilon_R| \ll 1$, la función efectiva admite la expansión convergente

$$f(R) = \frac{R}{1+BR} = R - BR^2 + B^2R^3 - \dots,$$

y, por tanto,

$$\frac{f(R) - R}{R} = -\frac{BR}{1+BR} = -BR + \mathcal{O}(B^2R^2).$$

La corrección relativa es así de primer orden en BR y desaparece continuamente cuando $BR \rightarrow 0$.

Teorema 30.6 (Límite débil de la acción gravitacional). *Para $|BR| \ll 1$, la acción gravitacional de la Teoría de la Distinción satisface*

$$S_{\text{grav}} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} [R - BR^2 + \mathcal{O}(B^2R^3)].$$

En consecuencia,

$$S_{\text{grav}} = S_{\text{EH}} + \Delta S_B, \quad S_{\text{EH}} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} R,$$

con $\Delta S_B/S_{\text{EH}} = \mathcal{O}(BR)$ en el régimen débil.

Demostración. Se aplica la expansión geométrica $(1+BR)^{-1} = 1 - BR + B^2R^2 - \dots$ al integrando $f(R) = R/(1+BR)$. El término principal es exactamente el integrando de Einstein–Hilbert. El primer término adicional es $-BR^2$ y su tamaño relativo frente a R es $|BR|$. No se introduce una escala distinta de B . $\square$

Teorema 30.7 (Recuperación de las ecuaciones de Einstein). *En el régimen $|BR| \ll 1$, y para configuraciones cuya variación de curvatura satisface*

$$B |\nabla \nabla R| \ll |R|,$$

las ecuaciones de campo de la teoría se reducen a

$$G_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu} + \mathcal{O}(BR R_{\mu\nu}) + \mathcal{O}(B \nabla_\mu \nabla_\nu R).$$

Por consiguiente, la Relatividad General se recupera como límite controlado, no como una coincidencia ajustada a posteriori.

Demostración. De $f(R) = R/(1 + BR)$ se obtiene

$$f'(R) = \frac{1}{(1 + BR)^2} = 1 - 2BR + \mathcal{O}(B^2R^2).$$

Además,

$$f(R) = R - BR^2 + \mathcal{O}(B^2R^3),$$

y

$$\nabla_\mu \nabla_\nu f'(R) = -2B \nabla_\mu \nabla_\nu R + \mathcal{O}(B^2 R \nabla \nabla R, B^2 (\nabla R)^2).$$

Al sustituir estas expresiones en

$$f'(R)R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}f(R)g_{\mu\nu} - (\nabla_\mu \nabla_\nu - g_{\mu\nu}\square)f'(R) = 8\pi GT_{\mu\nu},$$

el término de orden cero es $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = G_{\mu\nu}$. Todos los términos restantes contienen al menos un factor B y quedan suprimidos bajo las condiciones indicadas. $\square$

Corolario 30.8 (Indistinguibilidad débil). *La diferencia fraccional entre la respuesta gravitacional de esta teoría y la de Relatividad General es de orden BR en el régimen débil:*

$$\frac{\Delta\mathcal{G}}{\mathcal{G}_{\text{GR}}} = \mathcal{O}(BR) + \mathcal{O}\left(B \frac{\nabla \nabla R}{R}\right).$$

Para $B \sim \ell_P^2$ y curvaturas cosmológicas ordinarias, BR es extremadamente pequeño; la teoría es, por ello, prácticamente indistinguible de Relatividad General fuera del régimen de curvatura extrema.

Observación 30.9 (Alcance lógico). Este resultado cierra la objeción del régimen débil: la teoría conserva el límite de Einstein y activa modificaciones solo cuando BR deja de ser pequeño. No demuestra por sí solo que la función $f(R)$ sea la descripción correcta de la naturaleza en el régimen fuerte; establece que la regularización ultravioleta no se obtiene sacrificando las predicciones verificadas de Relatividad General en el dominio donde estas han sido contrastadas.

30.4. Límite de campo débil: ausencia de corrección a escalas intermedias

Teorema 30.10 (Ausencia de corrección de alcance finito). *En el régimen $BR \ll 1$, la respuesta gravitacional de la teoría es la de Relatividad General hasta correcciones relativas de orden BR (Corolario de Indistinguibilidad débil). No existe ninguna corrección de alcance finito intermedio – de tipo Yukawa, $e^{-r/\lambda}/r$ con λ una longitud física entre $\sqrt{B}$ y las configuraciones macroscópicas – al potencial newtoniano.*

Demostración. La primera afirmación es el Corolario de Indistinguibilidad débil: la diferencia fraccional respecto de Relatividad General es $\mathcal{O}(BR) + \mathcal{O}(B \nabla \nabla R/R)$. Supóngase que existiera una corrección de alcance finito con longitud característica λ . Esa longitud sería una magnitud física entre B y las configuraciones macroscópicas, excluida por el Teorema de No Escala Intermedia (Teorema 3.1). Solo cabría $\lambda^2 = NB$ con N entero pequeño; pero una región de ese tamaño tiene un área de pocas unidades B , por debajo de las cotas de volumen genuino (la cota de volumen genuino), y no admite ningún procedimiento operacional finito que distinga la corrección de su ausencia (Definición 0.1): sería físicamente irrelevante. Para cualquier r macroscópico, el potencial es, por tanto, $\Phi(r) = -GM/r [1 + \mathcal{O}(BR)]$. $\square$

30.5. Parámetros post-newtonianos

Teorema 30.11 (Parámetros PPN). *Para cualquier sistema de escala atómica, de laboratorio, de sistema solar, galáctica, de cúmulo o cosmológica,*

$$\gamma_{PPN} = 1 + \mathcal{O}(BR) \quad y \quad \beta_{PPN} = 1 + \mathcal{O}(BR),$$

sin ajuste ni parámetro adicional a B .

Demostración. Por el Corolario de Ecuaciones de Campo (Corolario 25.5) y el Corolario de Indistinguibilidad débil, en el régimen $BR \ll 1$ las ecuaciones de campo completas se reducen a $G_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu}$ con corrección relativa $\mathcal{O}(BR)$. Los parámetros PPN quedan fijados por la métrica que resuelve las ecuaciones de campo a cada orden en $GM/(rc^2)$; una métrica que resuelve las ecuaciones de Einstein hasta correcciones $\mathcal{O}(BR)$ reproduce, por definición, los parámetros de Relatividad General $\gamma_{PPN} = \beta_{PPN} = 1$ hasta ese mismo orden. Como el Teorema 30.10 excluye una longitud de apantallamiento física, no hay otra contribución. $\square$

Observación 30.12 (Consistencia con las cotas observacionales). La cota más precisa disponible, obtenida por la misión Cassini mediante retardo Shapiro (Bertotti, Iess & Tortora 2003), es $|\gamma_{PPN} - 1| < 2.3 \times 10^{-5}$. Con $B = 4\ell_P^2 \ln 2 \approx 7.2 \times 10^{-70} \text{ m}^2$ y una curvatura típica del sistema solar $K \sim GM_\odot/(c^2 r^3) \approx 4.4 \times 10^{-31} \text{ m}^{-2}$ a 1 UA, resulta $BR \sim 3 \times 10^{-100}$ (orden de magnitud): unos 95 órdenes de magnitud por debajo de la cota. No es un ajuste para pasar la prueba, sino una consecuencia directa de que B es la única escala de la teoría.

30.6. Consecuencia para galaxias, cúmulos y estructura cósmica

Corolario 30.13 (Curvas de rotación galácticas). *Puesto que, por el Teorema 30.10, $\Phi(r) = -GM(r)/r$ sin corrección observable, la velocidad circular predicha por esta teoría para un disco galáctico es exactamente la newtoniana, $v_c^2(r) = GM(r)/r$, determinada únicamente por la masa bariónica visible. La teoría no predice curvas de rotación planas a partir de la masa bariónica sola: para reproducir las curvas observadas se requiere la misma cantidad de masa no bariónica que exige la Relatividad General estándar.*

Corolario 30.14 (Cúmulos de galaxias y lentes gravitacionales). *Por el mismo argumento, la masa dinámica inferida de la dispersión de velocidades (teorema del virial) y la masa inferida por lente gravitacional débil en cúmulos coinciden con las predicciones de Relatividad General estándar: $\nabla^2 \Phi = 4\pi G\rho$ sin corrección de escala intermedia. Esta teoría no reduce el requerimiento observacional de materia no bariónica en cúmulos (p. ej. el Cúmulo Bala) respecto a Λ CDM.*

Corolario 30.15 (Crecimiento de estructura cósmica). *A nivel de perturbaciones cosmológicas, la teoría no introduce ninguna escala de longitud intermedia (Teorema 3.1); cualquier escala cosmológicamente relevante, $k^{-1} \gg \sqrt{B}$, está en el régimen $BR \ll 1$. La ecuación de crecimiento de perturbaciones de materia se reduce a la de Relatividad General ($\ddot{\delta} + 2H\dot{\delta} - 4\pi G\rho\delta = 0$) hasta correcciones $\mathcal{O}(BR)$. Consistente con $BR_{\text{cosmo}} \sim 10^{-122}$ (régimen de fondo), la formación de estructura en esta teoría requiere el mismo contenido de materia oscura fría que Λ CDM.*

Observación 30.16 (Balance del resultado). Este no es un resultado negativo para la teoría en el sentido de invalidarla: es la misma lógica que ya cerró $\Lambda_{\text{eff}} = 0$ y la Ausencia de Escala Intermedia. La teoría es internamente consistente en predecir ausencia total de fenomenología nueva entre la escala de Planck y la escala cosmológica. Lo que sí cambia es que la afirmación cualitativa de los Capítulos 54 y 53 sobre la materia oscura debe leerse como refutada por cálculo explícito, no como pendiente de cálculo.

31. Desarrollo del Lagrangiano de la Teoría de la Distinción

31.1. Propósito y criterio de construcción

Este capítulo reúne en una formulación variacional común los sectores gravitacional, electromagnético y material especificados en capítulos anteriores. Se adopta la convención métrica de firma $(-, +, +, +)$, de modo que, para un campo escalar complejo, el término cinético con signo físico es $-(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi$. La acción electromagnética se normaliza mediante $-\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$.

La construcción respeta el criterio interno de la Teoría de la Distinción: una representación que reorganiza variables ya definidas no introduce por sí sola una nueva entidad física, y ningún potencial, parámetro o grado de libertad adicional se considera derivado mientras no exista una demostración a partir de la estructura de distinciones y gaps.

Se emplean la métrica $g_{\mu\nu}$, el escalar de Ricci R , la constante gravitacional G , el parámetro elemental B , la conexión de fase A_μ y el campo de orden

$$\Psi(x) = \sqrt{\rho(x)} e^{i\theta(x)}, \quad |\Psi|^2 = \rho. \quad (31.1)$$

El campo Ψ se define en el dominio de gaps abiertos, $\delta(x) > 0$. En el límite de saturación $\delta = 0$, donde la fase deja de estar definida en el marco de la teoría, no se prolonga automáticamente esta variable ni se le atribuye una dinámica adicional.

31.2. Acción total

La acción total se descompone en tres sectores:

$$S[g, A, \Psi] = S_{\text{grav}}[g] + S_{\text{EM}}[g, A] + S_\Psi[g, A, \Psi]. \quad (31.2)$$

31.2.1. Sector gravitacional

La función gravitacional especificada por la teoría es

$$f(R) = \frac{R}{1 + BR}. \quad (31.3)$$

La acción correspondiente es

$$S_{\text{grav}} = \frac{1}{16\pi G} \int d^4x \sqrt{-g} \frac{R}{1 + BR}. \quad (31.4)$$

La expresión se entiende en el dominio en que $1 + BR \neq 0$. No se introduce un parámetro de curvatura independiente de los ya establecidos por la teoría.

31.2.2. Sector electromagnético

La conexión de fase $U(1)$ tiene como curvatura

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu. \quad (31.5)$$

La acción electromagnética adoptada es

$$S_{\text{EM}} = -\frac{1}{4} \int d^4x \sqrt{-g} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}. \quad (31.6)$$

Este sector describe la curvatura de la conexión de fase. Su inclusión en la acción conjunta no introduce por sí misma otros grupos de gauge ni familias adicionales de campos.

31.3. Campo de orden y acoplamiento mínimo

La transformación local de fase se expresa como

$$\theta \mapsto \theta + e\lambda(x), \quad A_\mu \mapsto A_\mu + \partial_\mu \lambda. \quad (31.7)$$

La derivada covariante compatible con esta transformación es

$$D_\mu \Psi = (\partial_\mu - ieA_\mu) \Psi. \quad (31.8)$$

Al sustituir la representación densidad-fase, se obtiene la identidad

$$(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi = \nabla_\mu \sqrt{\rho} \nabla^\mu \sqrt{\rho} + \rho(\partial_\mu \theta - eA_\mu)(\partial^\mu \theta - eA^\mu). \quad (31.9)$$

Esta descomposición presenta dos contribuciones cinéticas de una misma variable compleja: la variación de la amplitud $\sqrt{\rho}$ y la variación de fase relativa a la conexión. No implica que amplitud y fase sean sustancias físicamente independientes.

31.4. Sector material: forma mínima y alcance

Con la firma $(-, +, +, +)$, la forma cinética covariante con signo físico es

$$\mathcal{L}_{\Psi, \text{cin}} = -(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi. \quad (31.10)$$

En variables de densidad y fase,

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\Psi, \text{cin}} = & -\nabla_\mu \sqrt{\rho} \nabla^\mu \sqrt{\rho} \\ & - \rho(\partial_\mu \theta - eA_\mu)(\partial^\mu \theta - eA^\mu). \end{aligned} \quad (31.11)$$

Una expresión más general puede escribirse formalmente como

$$\mathcal{L}_\Psi = -(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi - V(|\Psi|^2). \quad (31.12)$$

Sin embargo, la definición de Ψ y la invariancia local $U(1)$ no derivan por sí solas un potencial $V(\rho)$. Por ello, no se asigna aquí una forma funcional ni un parámetro que la teoría no haya obtenido. El potencial queda identificado explícitamente como una contribución dinámica que requeriría derivación propia.

Para estudiar el cierre cinético mínimo puede considerarse provisionalmente $V = 0$:

$$\mathcal{L}_\Psi^{(0)} = -(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi. \quad (31.13)$$

Esta elección define un cierre cinético para el análisis variacional; no constituye un teorema que demuestre que toda dinámica admisible obliga a que V sea idénticamente nulo.

31.5. Densidad lagrangiana conjunta

Con la firma $(-, +, +, +)$ y las convenciones de signo empleadas en las acciones anteriores, la densidad lagrangiana formal conjunta queda organizada como

$$\mathcal{L}_{\text{TD}} = \sqrt{-g} \left[\frac{1}{16\pi G} \frac{R}{1 + BR} - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - (D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi - V(\rho) \right]. \quad (31.14)$$

Desarrollando el término cinético material:

$$\mathcal{L}_{\text{TD}} = \sqrt{-g} \left[\frac{1}{16\pi G} \frac{R}{1+BR} - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - \nabla_\mu \sqrt{\rho} \nabla^\mu \sqrt{\rho} - \rho (\partial_\mu \theta - e A_\mu) (\partial^\mu \theta - e A^\mu) - V(\rho) \right]. \quad (31.15)$$

La versión cinética mínima se obtiene poniendo $V(\rho) = 0$, únicamente como cierre provisional. Esta notación no incorpora familias fermiónicas, masas independientes, autointeracciones ni grupos de gauge adicionales.

31.6. Ecuaciones variacionales

31.6.1. Definición del tensor de energía-momento

Para los sectores no gravitacionales se adopta la definición

$$T_{\mu\nu} = -\frac{2}{\sqrt{-g}} \frac{\delta S_{\text{m}}}{\delta g^{\mu\nu}}, \quad S_{\text{m}} = S_{\text{EM}} + S_{\Psi}. \quad (31.16)$$

Con esta convención, la variación de la acción material es

$$\delta S_{\text{m}} = -\frac{1}{2} \int d^4x \sqrt{-g} T_{\mu\nu} \delta g^{\mu\nu}. \quad (31.17)$$

El tensor electromagnético es

$$T_{\mu\nu}^{\text{EM}} = F_{\mu\alpha} F_{\nu}^{\alpha} - \frac{1}{4} g_{\mu\nu} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta}. \quad (31.18)$$

Para el campo escalar complejo,

$$T_{\mu\nu}^{\Psi} = (D_\mu \Psi)^* D_\nu \Psi + (D_\nu \Psi)^* D_\mu \Psi - g_{\mu\nu} [(D_\alpha \Psi)^* D^\alpha \Psi + V(\rho)]. \quad (31.19)$$

Por tanto, $T_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}^{\text{EM}} + T_{\mu\nu}^{\Psi}$.

31.6.2. Ecuación gravitacional

Para la función definida en la ecuación (31.3),

$$f'(R) = \frac{1}{(1+BR)^2}. \quad (31.20)$$

La variación métrica del sector gravitacional adopta la forma métrica $f(R)$:

$$\begin{aligned} f'(R) R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} f(R) g_{\mu\nu} - (\nabla_\mu \nabla_\nu - g_{\mu\nu} \square) f'(R) \\ = 8\pi G T_{\mu\nu}. \end{aligned} \quad (31.21)$$

Equivalentemente,

$$f'(R) R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} f(R) g_{\mu\nu} - \nabla_\mu \nabla_\nu f'(R) + g_{\mu\nu} \square f'(R) = 8\pi G T_{\mu\nu}. \quad (31.22)$$

Aquí $T_{\mu\nu}$ representa la contribución de los sectores no gravitacionales definida en la ecuación (31.16). La ecuación no determina por sí sola el contenido microscópico de dicho tensor.

31.6.3. Ecuación electromagnética

La variación de la acción electromagnética respecto de A_μ produce, salvo términos de borde,

$$\delta S_{\text{EM}} = \int d^4x \sqrt{-g} \nabla_\nu F^{\nu\mu} \delta A_\mu. \quad (31.23)$$

Para el sector material se define la corriente mediante

$$J^\mu = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\delta S_\Psi}{\delta A_\mu}. \quad (31.24)$$

Con esta definición, la ecuación de Maxwell es

$$\nabla_\nu F^{\nu\mu} = J^\mu. \quad (31.25)$$

La variación explícita de la acción material cinética da

$$J^\mu = ie [\Psi^* D^\mu \Psi - \Psi (D^\mu \Psi)^*] = -2e\rho(\partial^\mu \theta - eA^\mu). \quad (31.26)$$

En efecto,

$$\Psi^* D^\mu \Psi - \Psi (D^\mu \Psi)^* = 2i\rho(\partial^\mu \theta - eA^\mu), \quad (31.27)$$

por lo que el prefactor ie produce el signo negativo de la segunda expresión de la ecuación (31.26). El signo global de J^μ está ligado simultáneamente a la elección $D_\mu = \partial_\mu - ieA_\mu$, a la transformación de gauge adoptada y a la definición variacional (31.24); no debe modificarse de forma independiente.

La invariancia gauge implica la conservación covariante

$$\nabla_\mu J^\mu = 0, \quad (31.28)$$

cuando se satisfacen las ecuaciones de movimiento del campo Ψ .

31.6.4. Ecuación material

La variación respecto de Ψ^* , tratando Ψ y Ψ^* como variables independientes, debe realizarse con cuidado porque $\rho = \Psi^* \Psi$. Partiendo de

$$\mathcal{L}_\Psi = -(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi - V(\rho), \quad (31.29)$$

se tiene $\delta_{\Psi^*} \rho = \Psi \delta \Psi^*$ y $\delta_{\Psi^*} (D_\mu \Psi)^* = D_\mu (\delta \Psi)^*$. Por tanto,

$$\delta_{\Psi^*} S_\Psi = \int d^4x \sqrt{-g} [-D_\mu (\delta \Psi)^* D^\mu \Psi - V'(\rho) \Psi \delta \Psi^*]. \quad (31.30)$$

Integrando por partes el primer término y descartando términos de borde,

$$\delta_{\Psi^*} S_\Psi = \int d^4x \sqrt{-g} \delta \Psi^* [D_\mu D^\mu \Psi - V'(\rho) \Psi]. \quad (31.31)$$

En consecuencia, la ecuación de Euler-Lagrange es

$$D_\mu D^\mu \Psi - V'(\rho) \Psi = 0, \quad \rho = |\Psi|^2. \quad (31.32)$$

El signo delante de $V'(\rho) \Psi$ resulta de la combinación de la elección cinética $-(D_\mu \Psi)^* D^\mu \Psi$ y de la entrada del potencial como $-V(\rho)$. No sería consistente mantener esta densidad lagrangiana y escribir simultáneamente $D_\mu D^\mu \Psi + V'(\rho) \Psi = 0$.

Para el cierre cinético provisional $V = 0$,

$$D_\mu D^\mu \Psi = 0. \quad (31.33)$$

Estas ecuaciones son consecuencias variacionales de la forma de acción adoptada; no prueban por sí solas que el campo represente una partícula observada ni que genere las familias de materia del Modelo Estándar.

31.7. Límite de curvatura débil

Cuando $|BR| \ll 1$, la expansión formal es

$$\frac{R}{1+BR} = R - BR^2 + B^2R^3 + \mathcal{O}(B^3R^4). \quad (31.34)$$

En este régimen, el primer término reproduce el sector de Einstein y los términos siguientes representan las correcciones de la función $f(R)$ elegida. No se interpretan como entidades adicionales, sino como términos de la misma función gravitacional. La expansión deja de ser adecuada cuando $|BR|$ no es pequeño.

31.8. Condiciones para el cierre dinámico

La formulación conjunta requiere mantener diferenciados los siguientes niveles:

1. La función $f(R) = R/(1+BR)$ y la curvatura $F_{\mu\nu}$ son las expresiones adoptadas para los sectores gravitacional y electromagnético.
2. La escritura $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$ reorganiza variables previamente definidas; no introduce por sí sola un potencial ni una sustancia adicional.
3. El acoplamiento mínimo fija la combinación covariante $\partial_\mu\theta - eA_\mu$ bajo la simetría local $U(1)$.
4. La forma funcional de $V(\rho)$ no se determina mediante las identidades anteriores. Cualquier elección no nula requiere una derivación adicional o debe identificarse expresamente como hipótesis auxiliar.
5. Si la masa del modo escalar se identifica con una excitación del sector gravitacional $f(R)$, debe demostrarse que su descripción mediante Ψ no duplica el grado de libertad escalar ya contenido en ese sector. No se añade un término de masa independiente hasta resolver esa relación dentro de la formulación variacional.

La acción presentada reúne los sectores especificados por el marco. La afirmación de un lagrangiano material completamente cerrado depende de derivar la dinámica que fija el potencial, si existe, y de establecer la relación exacta entre las excitaciones de Ψ y los grados de libertad contenidos en $f(R)$. Este requisito es interno a la consistencia de la propia acción: no exige incorporar estructuras que la Teoría de la Distinción excluya como entidades fundamentales independientes.

Observación 31.1 (Separación de régimen: dónde gobierna $V(\rho)$). $V(\rho)$ solo puede gobernar el sector de materia definido sobre configuraciones donde existen variables de fase, conexión y gaps abiertos ($\delta > 0$). En el límite RSGM ($\delta = 0$) la fase θ , el campo $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$ y la dinámica interna dejan de estar definidos como grados de libertad físicos (Sección 34.9); por tanto no debe intentarse obtener la dinámica RSGM extendiendo ingenuamente el potencial material hasta $\rho = 1/B$. La separación correcta es:

$\delta > 0$: materia, fase, holonomía, Ψ , $V(\rho)$, $\delta = 0$: RSGM, saturación, indistinción y ausencia de dinámica interna.
--

32. Liberación de Postulados Ajenos – El Sector de Gauge y Masas Fermiónicas

32.1. Principio de esta liberación

Este capítulo aplica al sector de grupos de gauge, masas fermiónicas y constantes de acoplamiento adimensionales el mismo criterio que ya gobierna el resto de la Teoría de la Distinción: nada se acepta porque sea la respuesta del Modelo Estándar. Una afirmación se sostiene únicamente si emerge de los teoremas fundamentales de la teoría (Ámbito, Distinción, $B > 0$, $A = BN$, $D = 3$, $f(R) = R/(1 + BR)$), sin que el resultado buscado esté presente durante la construcción del argumento.

El resultado no es la ausencia de una derivación que aún falta encontrar. Es un teorema de la Teoría de la Distinción – la Ausencia de Escala Intermedia – que explica por qué esa derivación no existe, con la misma estructura lógica que ya explica por qué $\Lambda_{\text{eff}} = 0$.

32.2. Alcance de la teoría en el sector de gauge y masas

Los grupos de Lie completos ($SU(2)$, $SU(3)$) y la jerarquía de masas fermiónicas ($m_e : m_\mu : m_\tau$) no son objetos de la Teoría de la Distinción: no están dentro de su dominio, por el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia. La teoría deriva únicamente la conexión $U(1)$ del gap y el campo electromagnético como su curvatura; no asigna niveles de agrupación de bits a otros grupos de Lie, ni deriva ecuaciones de Yang-Mills completas, correcciones cuánticas, flujo del grupo de renormalización de acoplamientos de gauge, ni la jerarquía de masas fermiónicas. Estas cantidades quedan, por resultado y no por omisión, fuera del dominio de la teoría.

32.3. Los teoremas que sostienen la liberación

32.3.1. Teorema de Unicidad de $f(R)$

Teorema 32.1 (Unicidad de $f(R)$). *Existe una única función racional simple compatible con las condiciones de recuperación clásica, saturación, monotonía, saturación progresiva y analiticidad:*

$$f(R) = \frac{R}{1 + BR}.$$

Demostración. Consideremos la familia racional $f(R) = (aR + b)/(cR + d)$. Condiciones:

- $f(0) = 0 \Rightarrow b = 0$.
- $f'(0) = 1 \Rightarrow a = d$.
- $\lim_{R \rightarrow \infty} f(R) = 1/B \Rightarrow a/c = 1/B$.
- Normalización global: $a = d = 1$, $c = B$.

Por tanto:

$$f(R) = \frac{R}{1 + BR}.$$

Verificación:

$$f'(R) = \frac{1}{(1 + BR)^2} > 0, \quad f''(R) = -\frac{2B}{(1 + BR)^3} < 0.$$

□

32.3.2. Ecuación Saturante

Teorema 32.2 (Ecuación Saturante). *La función $f(R)$ satisface la ecuación diferencial ordinaria:*

$$f'(R) = (1 - Bf(R))^2, \quad f(0) = 0.$$

Demostración. Verificación directa:

$$f'(R) = \frac{1}{(1 + BR)^2}, \quad 1 - Bf(R) = 1 - \frac{BR}{1 + BR} = \frac{1}{1 + BR}.$$

Luego:

$$(1 - Bf(R))^2 = \frac{1}{(1 + BR)^2} = f'(R).$$

Solución por separación de variables:

$$\int \frac{df}{(1 - Bf)^2} = \int dR.$$

Cambio $u = 1 - Bf$, $du = -B df$:

$$-\frac{1}{B} \int \frac{du}{u^2} = R + C \implies \frac{1}{B(1 - Bf)} = R + C.$$

Con $f(0) = 0$: $C = 1/B$. Luego:

$$1 - Bf = \frac{1}{1 + BR} \implies f(R) = \frac{R}{1 + BR}.$$

□

32.3.3. Teorema de Ausencia de Escala Intermedia

Teorema 32.3 (Ausencia de Escala Intermedia). *Toda cantidad adimensional construida a partir de $f(R) = R/(1 + BR)$ y sus derivadas, evaluada en los puntos fijos $R = 0$ o $R = 1/B$, toma valores en el conjunto*

$$Q = \left\{ 0, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{n!}{2^{n+1}}, \dots \right\}$$

– fracciones simples generadas por la forma racional de f . No existe combinación de f , f' , f'' en estos puntos que produzca un número adimensional independiente de $\{0, 1\}$ y de fracciones simples.

Demostración. **Paso 1: Derivadas de $f(R)$.**

$$f^{(n)}(R) = (-1)^{n-1} \frac{n! B^{n-1}}{(1 + BR)^{n+1}}.$$

Paso 2: Punto fijo infrarrojo $R = 0$.

$$f^{(n)}(0) = (-1)^{n-1} n! B^{n-1}.$$

Una cantidad adimensional Q construida como producto de potencias de derivadas:

$$Q = \prod_i [(-1)^{n_i-1} n_i! B^{n_i-1}]^{a_i} \cdot B^k.$$

Para que Q sea adimensional:

$$\sum_i a_i(n_i - 1) + k = 0 \implies B \text{ se cancela exactamente.}$$

El residuo es un número racional compuesto por factoriales de enteros.

Paso 3: Punto fijo ultravioleta $R = 1/B$.

$$f^{(n)}(1/B) = (-1)^{n-1} \frac{n! B^{n-1}}{2^{n+1}}.$$

El mismo cálculo produce $Q \in \mathbb{Q}$, con potencias de 2 en el denominador.

Paso 4: Origen estructural. $f(R)$ tiene un único parámetro dimensional, B . Una ecuación diferencial de primer orden con un solo parámetro no puede generar una segunda constante adimensional independiente. $\square$

32.3.4. Corolario de Incompatibilidad con el Modelo Estándar

Corolario 32.4 (Incompatibilidad con el Modelo Estándar). *Las constantes adimensionales del Modelo Estándar:*

$$\alpha_{EM} \approx \frac{1}{137.036}, \quad \sin^2 \theta_W \approx 0.231, \quad \alpha_s \approx 0.118, \quad \frac{m_\mu}{m_e} \approx 206.768$$

no pertenecen a Q . Por tanto, están fuera del dominio de la teoría.

Demostración. Por inspección directa:

- $1/137.036 \notin Q$ (no es fracción simple con factoriales).
- $0.231 = 231/1000 \notin Q$.
- $0.118 = 118/1000 \notin Q$.
- $206.768 = 25846/125 \notin Q$.

Ninguno pertenece al conjunto de fracciones simples generado por $f^{(n)}(0)$ y $f^{(n)}(1/B)$. $\square$

32.3.5. Teorema de $D = 3$ como condición de ausencia de escala

Teorema 32.5 (Emergencia Tridimensional como Ausencia de Escala). *La condición de que la teoría no tenga escala intermedia fuerza $D = 3$.*

Demostración. La entropía de distinción tiene la forma:

$$S = k_B \frac{A}{B} \ln 2.$$

Para que esta expresión sea consistente con la entropía de Bekenstein-Hawking:

$$S_{BH} = k_B \frac{A}{4\ell_P^2},$$

se requiere que el factor de conversión $c_D = \ell_P^{D-3}/4$ sea un número puro adimensional. Para $D \neq 3$, c_D contendría una potencia de ℓ_P no compensada – una escala extra. Luego $D = 3$ es la única posibilidad. $\square$

32.3.6. Teorema de $U(1)$ del gap

Teorema 32.6 (Emergencia de $U(1)$ desde el gap). *El gap entre dos distinciones disjuntas posee la topología de un intervalo continuo unidimensional compacto y acotado. Bajo el Axioma de Repetición, su grupo de simetrías es $U(1)$.*

Esquema de los seis pasos.

1. El gap es abierto, de interior 1D. [Demostrado por la definición de gap entre dos distinciones.]
2. El espacio de configuración es continuo y acotado. [Consecuencia del Teorema del Cuanto.]
3. Posee estructura de grupo de Lie abeliano conexo de dimensión 1. [Consecuencia de la composición de orientaciones.]
4. Axioma de Repetición: la física de recorrer un gap no depende del número de veces que se recorre, salvo por el residuo módulo el periodo del grupo de parámetros. [Hipótesis constitutiva.]
5. Por el teorema de Pontryagin, todo grupo de Lie compacto conexo abeliano de dimensión 1 es isomorfo a $U(1)$.
6. La unidad imaginaria emerge, la carga se cuantiza y el electromagnetismo emerge.

32.4. La pregunta correcta

La pregunta “¿de qué estructura de la Teoría de la Distinción emergen los grupos de gauge del Modelo Estándar?” pertenece al lenguaje de la Mecánica Cuántica de campos: un marco que organiza simetrías mediante representaciones de grupos de Lie como axioma de partida. La teoría no comparte ese axioma y no necesita compartirlo.

La reformulación correcta no pregunta por estructura, sino por apariencia efectiva: usando solo B , k (gaps por bit), ρ , S , $f(R)$ – ¿qué espectro de cantidades produce la teoría, en su propio vocabulario, sin que nadie le pida de antemano que sea una masa, un acoplamiento o un grupo?

Se exploró esta vía con $k(A_j)$, el número de gaps incidentes en un bit. Se mostró que k , leído como tiempo local, contribución a densidad/curvatura, y entropía local, es una sola cantidad – la misma identidad Existencia = Información = Área, aplicada localmente al grado de un nodo.

32.5. Tabla comparativa: el sector de gauge y de masas

Cuadro 32.1: El sector gauge y de masas en la Teoría de la Distinción.

Estructura	Otros marcos	Teoría de la Distinción
Constante cosmológica Λ	Parámetro libre o ajustado	$\Lambda_{\text{eff}} = 0$ – excluida por $f(0) = 0$
Acoplamientos / masas (α , m_μ/m_e)	19+ parámetros libres, ajustados a datos	Excluidos como cantidades geométricas – Teorema de Ausencia de Escala Intermedia
Grupos de gauge ($U(1)$, etc.)	Postulados como estructura de simetría interna del Lagrangian	La teoría produce la conexión $U(1)$ del gap; el resto de grupos gauge no son objetos de la teoría ni postulados ni derivados – pertenecen al lenguaje efectivo del límite del Modelo Estándar
Gap entre bits ($U(1)$ del gap)	–	Cerrado en 5/6 pasos desde la Definición de Ámbito y el Teorema de $U(1)$ del gap; electromagnetismo emerge sin necesidad de postular otros grupos gauge

32.6. Núcleo cerrado de la teoría en este sector

XII. Saturación, RSGIM y Materia Relacional

33. Correspondencias cuánticas y límite de distinguibilidad

Corolario 33.1 (Conversión temporal condicionada a la escala de Planck). *Si se adopta externamente la conversión de una actualización relacional elemental al tiempo de Planck t_p , el conteo de N actualizaciones se expresa como*

$$t = N \cdot t_p, \quad t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5.39 \times 10^{-44} \text{ s}.$$

Esta cifra es una conversión externa que contiene $\hbar$; no define ni deriva el valor ontológico de B .

Corolario 33.2 (Tasa entrópica bajo conversión binaria y temporal). *Si, además, se asigna la entropía $k_B \ln 2$ a cada actualización binaria y se usa la conversión temporal anterior, entonces*

$$S(t) = \frac{t}{t_p} \cdot k_B \ln 2.$$

La tasa expresada en segundos depende de esas correspondencias externas; el conteo interno de distinciones no depende de ellas.

Proposición 33.3 (Alcance de la correspondencia con el principio de incertidumbre). *El teorema de B establece una medida elemental mínima de realización. No identifica esa medida con $\hbar$ ni deriva por sí sola la desigualdad exacta $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$. Para formular esa correspondencia hace falta una traducción operacional independiente entre el área interna de realización y las unidades de acción del formalismo cuántico.*

Demostración. El Teorema del Cuanto y el Teorema de Geometrización establecen una medida mínima interna B y su carácter de área. La desigualdad de Heisenberg, en cambio, compara posición y momento y requiere una unidad de acción. La conversión entre esas magnitudes no se sigue de la aritmética $A = BN$ ni de la existencia de B . En ausencia de una derivación independiente de ese puente y del factor exacto, la relación con $\hbar$ se conserva como comparación con el formalismo cuántico establecido, no como resultado demostrado por esta teoría. $\square$

Proposición 33.4 (Representación relacional de la indistinguibilidad parcial). *Cuando la medida requerida para la distinción no puede ser completamente realizada en el soporte disponible, la distinción es parcial:*

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

representa la situación en que el soporte no ha completado la distinción entre $|0\rangle$ y $|1\rangle$.

Demostración. Por el Teorema de Cardinalidad Mínima, la distinción elemental es binaria, $\{A, \neg A\}$. Por el Teorema de Realizabilidad, distinguir completamente entre dos alternativas exige un soporte $A \geq B$ dedicado enteramente a esa distinción. Si el soporte disponible para un sistema dado es insuficiente para completar la distinción – por ejemplo, porque el sistema aún interactúa con un entorno que no ha fijado su estado –, no existe un procedimiento operacional finito que resuelva unívocamente cuál de las dos alternativas ($|0\rangle$ o $|1\rangle$) se ha realizado; por la Definición de Ámbito, lo que no se distingue operacionalmente de manera completa se representa como una combinación de ambas posibilidades pesada por la fracción de soporte comprometida con cada una, que es exactamente la forma $\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$. $\square$

Exclusión de ontologías cuánticas externas. La expresión

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

es la representación matemática de una distinción no completada en el soporte relacional. La teoría demuestra la distinción entre una realización completa y una resolución parcial; no necesita convertir el espacio de Hilbert en una sustancia.

La regla de Born

$$P(i) = |\langle i|\psi\rangle|^2,$$

el conmutador canónico $[x, p] = i\hbar$, la complementariedad de Bohr y la interpretación ontológica de los vectores de Hilbert no superan, como estructuras fundamentales, Ámbito, Realización, Distinción, Cuantización e Identidad $C(B)$. Quedan excluidos como fundamentos físicos autónomos. La utilidad de sus cálculos no convierte sus entidades postuladas en realizaciones elementales.

La unidad B no depende de $\hbar$. La acción $\hbar$ tampoco puede introducir una segunda unidad ontológica separada de B . Cualquier número o estructura que pretenda tener existencia física debe ser una configuración o relación realizable de B ; si no lo demuestra, queda fuera de la realidad física definida por Ámbito.

Las correlaciones experimentales atribuidas a Bell son hechos registrados; ninguna interpretación externa de esas correlaciones adquiere por ello estatus ontológico. La red relacional solo admite las correlaciones que puedan construirse como distinciones y relaciones realizadas.

33.1. Auditoría de las afirmaciones cuánticas y relación con Bohr

La exigencia de Ámbito excluye toda ontología cuántica que no demuestre realización. La superposición matemática se reduce aquí a distinguibilidad parcial; la fase $U(1)$ ya es una propiedad relacional demostrada; la finalización de una distinción es el evento físico de resolución. Born, Hilbert, Bohr y el conmutador no son fundamentos de esta teoría.

Teorema 33.5 (Criterio de cierre para una afirmación cuántica). *Una afirmación del Capítulo 49 puede llamarse derivación completa de una ley de la mecánica cuántica solo si el manuscrito proporciona, sin introducir la conclusión como premisa, los siguientes elementos: el espacio de estados y su estructura lineal, la norma o regla de normalización, la clase de observables, la dinámica, la regla de composición de sistemas, el procedimiento de medición y la correspondencia entre estados y probabilidades observadas. Si falta alguno de esos elementos, la estructura externa no supera Ámbito y queda excluida como ley ontológica fundamental.*

Demostración. Una ley cuántica no es solo una fórmula aislada. La expresión $P(i) = |\langle i|\psi\rangle|^2$ presupone un producto interno, una norma, una base de resultados y una medida de probabilidad. El conmutador $[x, p] = i\hbar$ presupone operadores definidos en un espacio común, dominios apropiados y una normalización de la acción. La superposición presupone cierre lineal y coeficientes complejos. El colapso presupone una regla que conecte el estado previo, el aparato, el resultado y el estado posterior.

Por tanto, una cota de distinción, una periodicidad de fase o una simulación de red pueden motivar esas estructuras, pero no las constituyen por sí solas. Para que exista derivación completa, cada puente debe demostrarse o declararse como hipótesis adicional. Llamar teorema a una conclusión cuyo puente se ha omitido confunde plausibilidad estructural con consecuencia lógica. $\square$

Resultado firme del marco. Dentro de las definiciones de esta teoría, sí queda establecido que una realización física debe ser finita y distinguible, que la distinción elemental puede representarse por un soporte mínimo B , y que una configuración parcialmente resuelta puede modelarse mediante información relacional no completamente determinada. Asimismo, las simulaciones del

Apéndice D confirman la conservación del winding bajo la regla algorítmica de transferencia especificada. Estos son resultados demostrados de la construcción y conservan fuerza plena.

Delimitación del sector cuántico. La forma $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ representa la distinguibilidad parcial dentro del marco relacional. La superposición, la regla de Born y el conmutador canónico no superan el criterio de Ámbito como primitivas ontológicas mientras no demuestren una realización completa de la cadena fundamental. El colapso queda identificado internamente con la finalización de una distinción. En consecuencia, el documento establece que esas formulaciones no pueden reclamar estatus de leyes ontológicas independientes mientras no demuestren que superan la cadena de Ámbito y los teoremas que de él se derivan.

Relación precisa con Bohr. El marco contiene una afinidad formal con la complementariedad: distintas configuraciones de medición pueden hacer accesibles distintas distinciones, y una descripción que no sea operacionalmente distinguible de otra no añade una diferencia física dentro de ese régimen. Sin embargo, el principio de complementariedad de Bohr exige algo más específico: identificar pares de contextos experimentales mutuamente excluyentes, mostrar qué observables son accesibles en cada contexto y demostrar que no existe un único procedimiento que los haga simultáneamente determinables con precisión arbitraria. Por tanto, la complementariedad de Bohr no puede reclamar estatus de principio ontológico: no ha demostrado superar Ámbito, soporte finito y exclusión de realizaciones incompatibles.

33.2. Base inmanente: estado físico, Hilbert efectivo y complementariedad

La formulación fundamental no comienza con un espacio de Hilbert ni con la complementariedad de Bohr como primitivas ontológicas. Comienza con el criterio de Ámbito:

toda configuración física existe solo como relación interna realizable.

De acuerdo con este criterio, un estado físico no es un vector que exista por sí mismo en un espacio abstracto de posibilidades infinitas. Es una configuración internamente realizable de distinciones, gaps, orientaciones, registros y reconfiguraciones construida a partir de B y de sus agrupaciones y correlaciones.

Frontera de Ámbito para Hilbert y Bohr. La exclusión de Hilbert y Bohr de Ámbito debe formularse con precisión. No se excluyen las matemáticas de Hilbert cuando funcionan como instrumento de cálculo, ni se excluyen los resultados experimentales descritos mediante el formalismo cuántico. Lo que queda fuera es la atribución de existencia fundamental a una estructura abstracta o a una regla interpretativa que no haya sido establecida como configuración físicamente realizable.

Qué queda fuera en Hilbert. Queda fuera de Ámbito la afirmación ontológica de que el espacio de Hilbert es el espacio físico fundamental, que sus vectores existen como entidades independientes de toda realización, o que todas sus posibilidades matemáticas son automáticamente posibilidades físicas. Un espacio de Hilbert puede contener estados matemáticamente admisibles que no corresponden a una configuración realizable dentro del soporte disponible. En consecuencia, $\mathcal{H}$ solo entra en el marco como representación efectiva cuando existe una correspondencia explícita entre sus vectores, operadores y probabilidades y distinciones, relaciones, registros y operaciones realizables de la red inmanente.

Qué permanece de Hilbert. Permanece dentro de Ámbito el uso operacional de la representación de Hilbert cuando permite calcular predicciones que pueden contrastarse mediante mediciones físicamente realizables. En ese sentido, Hilbert es una herramienta efectiva de representación de correlaciones inmanentes, del mismo modo que una coordenada, una parametrización o un potencial gauge. Su utilidad predictiva no lo convierte en sustrato ontológico.

Qué queda fuera en Bohr. Queda fuera de Ámbito la complementariedad entendida como principio primitivo, límite psicológico del observador o postulado metafísico que deba aceptarse

sin una realización física que lo sostenga. También queda fuera la afirmación de que la palabra “complementariedad” sustituye la explicación de qué configuraciones, soportes y operaciones son incompatibles.

La frontera completa es, por tanto:

- Hilbert como ontología fundamental $\notin$ Ámbito.
- Hilbert como representación verificable $\in$ Ámbito.
- Bohr como postulado ontológico $\notin$ Ámbito.
- Complementariedad como descripción efectiva de restricciones realizables $\in$ Ámbito.
- Resultados experimentales de Bell y de la mecánica cuántica $\in$ Ámbito.

Esta separación no niega el formalismo ni los hechos. Impide únicamente confundir una herramienta matemática o un lenguaje interpretativo con la estructura física elemental que la teoría pretende derivar desde B , sus agrupaciones, sus correlaciones y el criterio de Ámbito.

Definición 33.6 (Estado físico inmanente). Un estado físico es una clase de configuraciones de la red inmanente que son realizables dentro de un mismo Ámbito y que producen los mismos resultados para todas las operaciones admitidas en ese Ámbito. Dos descripciones matemáticas distintas no representan dos estados físicos distintos cuando no existe una operación internamente realizable que produzca una diferencia observable entre ellas.

Esta definición fija la distinción entre diferencia matemática y diferencia física:

$$\text{diferencia matemática} \neq \text{diferencia física}.$$

La igualdad física aquí utilizada es igualdad operacional dentro de un ámbito determinado; no afirma identidad metafísica entre toda descripción externa posible.

Proposición 33.7 (Estatus efectivo de la representación de Hilbert). *Si una familia de configuraciones inmanentes puede representarse eficazmente mediante vectores complejos, un espacio de Hilbert puede utilizarse como representación matemática de sus correlaciones. En ese caso,*

$$\mathcal{H} = \text{representación efectiva de correlaciones inmanentes},$$

no

$$\mathcal{H} = \text{realidad física fundamental}.$$

Demostración. La representación vectorial solo adquiere contenido físico por la correspondencia entre sus elementos, operaciones y predicciones y las configuraciones y operaciones realizables de la red. Si dos vectores distintos no producen ninguna diferencia para las operaciones del Ámbito, la diferencia entre ellos es representacional. Si producen resultados distintos, la diferencia debe localizarse en una distinción, un registro o una correlación realizable. Por consiguiente, el espacio vectorial puede ser una herramienta efectiva sin convertirse en una entidad ontológica previa. $\square$

Definición 33.8 (Complementariedad operacional inmanente). Sean C_1 y C_2 dos contextos de medición internos. Son operacionalmente complementarios cuando cada contexto permite completar una familia de distinciones, pero las dos familias requieren configuraciones incompatibles del mismo soporte elemental y no existe una operación admitida que las complete simultáneamente dentro del mismo Ámbito.

La complementariedad queda así expresada como: Exclusión ontológica + soporte finito + procedimientos incompatibles.

No se trata de afirmar que un observador ignora un valor ya realizado, ni de introducir una limitación psicológica. La afirmación es más precisa: bajo las reglas de realizabilidad del marco, la red no puede efectuar simultáneamente dos configuraciones excluyentes que compiten por el mismo soporte elemental. Un físico puede llamar a esta estructura “complementariedad”; dentro de la Teoría de la Distinción, su contenido fundamental es la exclusión de realizaciones incompatibles.

Proposición 33.9 (Complementariedad efectiva como consecuencia condicional). *Si C_1 y C_2 satisfacen la definición anterior, entonces la imposibilidad de completar simultáneamente las dos familias de distinciones es una consecuencia de la clausura operacional, la finitud del soporte y la exclusión de configuraciones incompatibles. Esta proposición no afirma todavía que toda la complementariedad histórica de Bohr haya sido derivada, porque para ello deben especificarse los observables, los contextos experimentales y las correlaciones cuantitativas correspondientes.*

Demostración. Por definición, cada contexto es realizable por separado. Si existiera una operación interna que completara simultáneamente ambas familias en el mismo soporte sin ampliar el Ámbito ni introducir soporte adicional, las configuraciones dejarían de ser incompatibles. Eso contradice la hipótesis de exclusión. Por tanto, la complementariedad se sigue condicionalmente de las reglas relacionales; la identificación con una formulación cuantitativa concreta de la mecánica cuántica requiere puentes adicionales. $\square$

Jerarquía de fundamentación. La cadena que debe gobernar la interpretación es

$$\begin{aligned} \text{Ámbito} &\rightarrow \text{Distinción} \rightarrow B \rightarrow \text{red inmanente} \\ &\rightarrow \text{configuraciones realizables} \rightarrow \text{medición y registro.} \end{aligned}$$

Solo después, si reproduce las operaciones y observables, puede introducirse la cadena efectiva

$$\text{red inmanente} \rightarrow \text{representación compleja} \rightarrow \text{Hilbert efectivo,}$$

y, cuando los contextos compiten por soporte,

$$\text{Exclusión} \rightarrow \text{complementariedad efectiva.}$$

Corolario 33.10 (Estado auditado de la mecánica cuántica). *El Capítulo 49 contiene una propuesta de fundamentación relacional de la mecánica cuántica y resultados parciales de consistencia, no una derivación cerrada de toda la teoría cuántica estándar. La regla de Born, el conmutador canónico, el colapso y la complementariedad de Bohr deben considerarse consecuencias completas únicamente después de que se incorporen y demuestren sus puentes matemáticos respectivos.*

Observación 33.11 (La auditoría no invalida el programa). Este resultado no refuta la Teoría de la Distinción ni reduce sus resultados internos. Impide únicamente que una correspondencia prometedora se presente como una demostración ya cerrada. La ventaja metodológica es que cada objeción futura queda localizada: puede dirigirse a una definición, a una inferencia, a un puente matemático, al algoritmo o a la comparación experimental. Si esos puentes se completan, las etiquetas de teorema y corolario podrán fortalecerse; mientras tanto, la clasificación auditada conserva la tesis central sin atribuirle más de lo demostrado.

33.3. Bell dentro de Ámbito: correlaciones relacionales y límite de CHSH

Los resultados experimentales asociados a Bell pertenecen a Ámbito por su contenido operacional: ajustes distinguibles, resultados binarios registrados y frecuencias conjuntas medibles.

Esto no obliga a convertir el espacio de Hilbert en sustancia ni la complementariedad de Bohr en un postulado ontológico. La teoría debe separar el hecho experimental, la representación matemática y la interpretación.

La condición de Ámbito es: toda configuración física existe solo como relación interna realizable.

Por ello, una explicación relacional de Bell debe construir sus correlaciones a partir de distinciones, gaps, fases, registros y operaciones internas. No basta con declarar que una red es conectada: la conectividad no implica por sí sola no-factorizabilidad ni violación de CHSH.

Definimos una fase relacional compacta mediante

$$C_{ij} = \Phi_{ij} e^{i\theta_{ij}}, \quad \theta_{ij} \in U(1),$$

y una representación efectiva de lectura binaria por

$$M(\theta) = \cos \theta X + \sin \theta Y,$$

con

$$X^2 = Y^2 = \mathbb{I}, \quad XY = -YX.$$

De estas relaciones se sigue algebraicamente que $M(\theta)^2 = \mathbb{I}$ y que sus resultados posibles son -1 y $+1$. Esta matriz es una representación efectiva de una lectura binaria; no es un nuevo objeto fundamental de la ontología.

Proposición 33.12 (Correlación angular efectiva). *Si se adopta un estado anticorrelacionado representado efectivamente por el singlete*

$$|\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle),$$

y los observables $M_A(\theta_a)$ y $M_B(\theta_b)$ anteriores, entonces

$$E(\theta_a, \theta_b) = \langle \Psi^- | M_A(\theta_a) M_B(\theta_b) | \Psi^- \rangle = -\cos(\theta_a - \theta_b).$$

Este resultado es una consecuencia de la representación efectiva adoptada, no una derivación independiente del singlete desde B y $U(1)$.

Demostración. Se emplean $\langle \Psi^- | X_A X_B | \Psi^- \rangle = -1$, $\langle \Psi^- | Y_A Y_B | \Psi^- \rangle = -1$ y la anulación de los términos cruzados. La identidad trigonométrica $\cos \theta_a \cos \theta_b + \sin \theta_a \sin \theta_b = \cos(\theta_a - \theta_b)$ produce la expresión indicada. $\square$

Teorema 33.13 (Cota condicional de Tsirelson). *Sean A, A', B, B' observables autoadjuntos binarios, con cuadrados iguales a $\mathbb{I}$, y supóngase que los observables de regiones distintas conmutan. Para*

$$\mathcal{B} = A \otimes (B + B') + A' \otimes (B - B'),$$

se cumple

$$\|\mathcal{B}\| \leq 2\sqrt{2}.$$

La conclusión es condicional a la estructura algebraica de observables y a la representación probabilística efectiva; no se sigue de $U(1)$ desnudo, de la mera conectividad de la red ni de la finitud de B .

Demostración. La identidad operatorial es

$$\mathcal{B}^2 = 4\mathbb{I} - [A, A'] \otimes [B, B'].$$

Como A, A', B, B' son observables binarios, $\|[A, A']\| \leq 2$ y $\|[B, B']\| \leq 2$. Por submultiplicatividad de la norma,

$$\|\mathcal{B}^2\| \leq 4 + 4 = 8,$$

por lo que $\|\mathcal{B}\|^2 = \|\mathcal{B}^2\| \leq 8$ y $\|\mathcal{B}\| \leq 2\sqrt{2}$. $\square$

La elección $\theta_a = 0$, $\theta_{a'} = \pi/2$, $\theta_b = \pi/4$ y $\theta_{b'} = -\pi/4$, junto con la correlación angular anterior, da $|S| = 2\sqrt{2}$. Esto confirma la saturación de la representación efectiva, no demuestra por sí solo que el álgebra, el singlete y la regla probabilística emerjan necesariamente de la red inmanente.

La desigualdad clásica $|S| \leq 2$ se obtiene bajo factorización condicional de variables ocultas locales. La no-factorizabilidad de una correlación escalar no es equivalente a la violación de Bell, y tampoco selecciona por sí sola la cota $2\sqrt{2}$. Para que la Teoría de la Distinción complete la derivación debe construir explícitamente la regla $P_\Sigma(A, B|a, b)$, demostrar no señalización,

$$P_\Sigma(A|a, b) = P_\Sigma(A|a), \quad P_\Sigma(B|a, b) = P_\Sigma(B|b),$$

y derivar la representación binaria, el estado anticorrelacionado y la regla de probabilidades desde sus variables internas.

Frontera de Ámbito. Hilbert queda fuera como ontología fundamental y permanece solo como representación efectiva verificable. Bohr queda fuera como postulado ontológico o limitación psicológica primitiva y permanece solo como nombre histórico para una restricción operacional que, dentro de este marco, debe explicarse mediante exclusión, soporte finito y procedimientos incompatibles. Bell, en cambio, pertenece a Ámbito por sus resultados experimentales. Una observación de $|S| > 2\sqrt{2}$ bajo todas las hipótesis de la construcción refutaría esta representación efectiva concreta, no $B = 1$ ni la existencia física en general.

Conclusión del capítulo

El cuanto de acción puede traducirse mediante $h = Bc^3/G$ bajo las hipótesis dimensionales declaradas. Las correlaciones de Bell pertenecen al dominio experimental, pero su derivación completa desde la red relacional requiere todavía especificar la regla probabilística, la no señalización y el mapa operacional.

34. Regiones de Saturación Geométrica Máxima e Indistinción Relacional

34.1. Propósito y alcance

Este capítulo sustituye la formulación anterior de las regiones de saturación. Su objetivo es describir, dentro de la Teoría de la Distinción y sin introducir un sustrato pregeométrico, la transición entre una configuración material relacional y una Región de Saturación Geométrica Máxima e Indistinción Relacional (RSGIM).

La modificación conceptual central es la separación estricta entre tres situaciones que no deben identificarse:

1. el cierre local o estabilización de una relación particular;
2. la persistencia de una configuración material con carga topológica;
3. la saturación de la configuración relacional pertinente y la pérdida de sus canales internos de realización.

En particular, no se acepta la inferencia:

$$\delta_e = 0 \implies \text{toda la configuración es una RSGIM.}$$

El cierre de una relación local puede formar parte de la estabilidad de una configuración. La RSGIM aparece únicamente cuando la región relacional pertinente alcanza la saturación máxima y deja de sostener las distinciones internas que la constituían como configuración operacionalmente accesible.

El capítulo aplica la cadena deductiva a la saturación, la materia y la indistinción relacional sin rebajar los teoremas ya establecidos.

34.2. Ontología relacional sin sustrato pregeométrico

La teoría no postula un soporte físico anterior a las distinciones. Una entidad física no es una sustancia colocada sobre un espacio previo, sino una configuración de realizaciones elementales y relaciones operacionalmente distinguibles.

Denotemos una configuración por

$$\mathcal{C}(B) = \{V, E, \mathcal{R}\},$$

donde:

- V es el conjunto de realizaciones elementales de soporte B ;
- E es el conjunto de relaciones entre realizaciones;
- $\mathcal{R}$ contiene los datos relacionales que hacen distinguibles y realizables esas conexiones.

La geometría no precede a $\mathcal{C}(B)$. Es una descripción efectiva de la organización de sus relaciones. En consecuencia, la cadena ontológica pertinente es:

$$B \longrightarrow \text{realizaciones} \longrightarrow \text{relaciones} \longrightarrow \text{geometría efectiva.}$$

No se introduce una entidad Σ anterior a toda distinción. Una entidad que no pueda distinguirse operacionalmente de su ausencia no pertenece al Ámbito físico de la teoría.

34.3. Grafo relacional y estados de los gaps

Sea

$$\Omega = (V, E)$$

un grafo relacional finito. Cada arista $e = (i, j) \in E$ representa un canal relacional o gap. A cada gap se asigna un grosor relacional no negativo:

$$\delta_e \geq 0.$$

El costo efectivo del canal es:

$$c_e = B + \delta_e.$$

La densidad efectiva asociada al canal se define por:

$$\rho_e := \frac{1}{B + \delta_e}, \quad 0 < \rho_e \leq \frac{1}{B}.$$

Cuando $\delta_e > 0$, el gap es abierto:

$$e \in E_o(\delta) \iff \delta_e > 0.$$

Cuando $\delta_e = 0$, el gap está saturado:

$$e \in E_s(\delta) \iff \delta_e = 0.$$

La variable geométrica efectiva asociada a un gap abierto es:

$$R_e := \frac{1}{\delta_e}, \quad f(R_e) := \rho_e = \frac{R_e}{1 + BR_e}.$$

Así,

$$\delta_e \rightarrow 0^+ \implies R_e \rightarrow \infty, \quad f(R_e) \rightarrow \frac{1}{B}.$$

La divergencia de R_e pertenece a la representación continua del cierre del gap. La cantidad física efectiva $f(R_e) = \rho_e$ permanece finita.

Teorema 34.1 (Cota elemental de realización). *Para todo gap relacional se cumple:*

$$0 < \rho_e \leq \frac{1}{B}.$$

La igualdad $\rho_e = 1/B$ ocurre si y solo si $\delta_e = 0$.

Demostración. Por definición $\delta_e \geq 0$, luego $B + \delta_e \geq B > 0$. Al invertir:

$$0 < \frac{1}{B + \delta_e} \leq \frac{1}{B}.$$

La igualdad superior ocurre exactamente cuando $\delta_e = 0$. □

Observación 34.2 (Alcance). Este teorema acota la densidad efectiva de realización. No identifica por sí solo una solución global de las ecuaciones métricas ni impone que una configuración material completa alcance la saturación.

34.4. Tres niveles de cierre relacional

Es necesario distinguir:

34.4.1. Cierre local de una relación

Para una arista particular e ,

$$\delta_e = 0$$

significa que ese canal ha alcanzado su costo elemental y deja de funcionar como canal abierto de transmisión de fase. Esto puede contribuir a la estabilización de una configuración, pero no implica la saturación de toda la configuración.

34.4.2. Configuración material persistente

Una configuración material puede poseer relaciones muy comprimidas, $\delta_e \ll B$, y conservar su identidad siempre que los canales necesarios para realizarla permanezcan abiertos. También puede contener relaciones localmente estabilizadas, siempre que la configuración global conserve los ciclos y rutas que hacen realizable su identidad.

34.4.3. Saturación de la configuración pertinente

Sea Ω_* una subconfiguración relacional y sea ρ_{Ω_*} su densidad efectiva pertinente. La condición de saturación es:

$$\rho_{\Omega_*} = \frac{1}{B}.$$

La RSGIM aparece cuando esta saturación se combina con la pérdida de los canales abiertos necesarios para realizar distinciones internas.

La diferencia central es:

$$\delta_e = 0 \text{ local} \not\Rightarrow \text{RSGIM}$$

pero

$$\rho_{\Omega_*} = \frac{1}{B} \text{ y pérdida de conectividad interna} \Rightarrow \text{RSGIM}.$$

34.5. Materia como configuración relacional persistente

Definición 34.3 (Materia como distinción persistente). Una configuración material persistente es una subconfiguración finita

$$M = (V_M, E_M)$$

de realizaciones elementales y relaciones que conserva su identidad operacional durante una sucesión admisible de reorganizaciones.

Para una configuración material candidata se exige:

$$\delta_e > 0 \quad \text{en los gaps que realizan su estructura interna,}$$

y la existencia de al menos un ciclo de fase realizable γ con carga topológica no nula:

$$q_\gamma \neq 0.$$

Además, la configuración puede estar localmente más comprimida que su entorno:

$$\delta_M < \delta_{\text{circundante}}, \quad \rho_M > \rho_{\text{circundante}}.$$

El término “circundante” no designa un exterior ontológico separado. Designa otras relaciones abiertas de la misma red con menor compresión relativa.

Teorema 34.4 (No identidad entre materia y RSGIM). *Sean M una configuración material persistente y S una RSGIM. Sin hipótesis dinámicas adicionales, ninguna de las dos condiciones implica lógicamente la otra:*

$$M \not\Rightarrow S, \quad S \not\Rightarrow M.$$

Demostración. La condición material exige una organización persistente y canales suficientes para realizar su identidad. La condición RSGIM exige saturación de la configuración pertinente y pérdida de los canales internos necesarios para nuevas distinciones. Son condiciones conceptualmente diferentes. Una materia puede permanecer altamente comprimida con gaps abiertos; una RSGIM puede ser un límite de saturación sin que exista una configuración material ordinaria persistente. $\square$

Observación 34.5 (Gap pequeño y gap cerrado). La desigualdad

$$\delta_e \ll B$$

no equivale a

$$\delta_e = 0.$$

El primer caso es una relación fuertemente comprimida todavía abierta. El segundo es el límite de saturación de esa relación.

34.6. Orientación, fase y holonomía

Solo los gaps abiertos pueden transportar una orientación de fase. Para cada $e \in E_o$ se introduce:

$$\theta_e \in \mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z}.$$

Sea

$$\gamma = (e_1, e_2, \dots, e_n)$$

un ciclo cerrado completamente contenido en el subgrafo abierto. La holonomía del ciclo es:

$$\Theta_\gamma := \sum_{k=1}^n \theta_{e_k} \quad (\text{mód } 2\pi).$$

La carga topológica se define por:

$$q_\gamma := \frac{\Theta_\gamma}{2\pi} \in \mathbb{Z}.$$

La definición es operacional: q_γ es el número entero de vueltas de fase acumuladas al recorrer el ciclo por gaps abiertos y regresar a la distinción inicial.

La condición de definición es:

$$\delta_e > 0 \quad \forall e \in \gamma.$$

Si un gap del ciclo se satura, el ciclo original deja de ser un procedimiento abierto realizable. Esto no implica por sí mismo que la identidad topológica se destruya: puede ser transferida a un ciclo alternativo si la red conserva conectividad abierta suficiente.

Teorema 34.6 (Protección topológica). *Sea γ_s una familia continua de ciclos y supóngase que todos sus gaps permanecen abiertos:*

$$\delta_e(s) > 0 \quad \forall e \in \gamma_s, \quad s \in [0, 1].$$

Entonces:

$$q_{\gamma_s} = \text{constante}.$$

Demostración. Mientras todos los gaps permanecen abiertos, la fase está definida y la holonomía varía continuamente. Sin embargo, $q_{\gamma_s} \in \mathbb{Z}$. Una función continua de un intervalo conexo a un conjunto discreto es constante. $\square$

34.7. Transferencia de carga topológica

La transferencia se formaliza mediante cadenas enteras. Sea:

$$J \in C_1(\Omega; \mathbb{Z})$$

una cadena de aristas que representa el soporte orientado de una carga topológica. Para un ciclo cerrado:

$$\partial J = 0.$$

Dos soportes de carga relacionados por:

$$J' = J + \partial S, \quad S \in C_2(\Omega; \mathbb{Z}),$$

son reruteos del mismo ciclo a través de la frontera de una región relacional S . Como:

$$\partial^2 S = 0,$$

se tiene:

$$\partial J' = 0.$$

Si la fase es regular sobre S , entonces:

$$\langle d\theta, S \rangle = 0,$$

y por Stokes discreto:

$$q(J') - q(J) = \frac{1}{2\pi} \langle \theta, \partial S \rangle = \frac{1}{2\pi} \langle d\theta, S \rangle = 0.$$

Por tanto:

$$\boxed{q(J') = q(J)}.$$

La transferencia no requiere que la carga se divida en fracciones. Cambia el soporte relacional del ciclo, conservando su clase topológica.

Definición 34.7 (Transferencia relacional conservativa). Una transferencia es conservativa si existe una cadena S tal que:

$$J' = J + \partial S,$$

$$\partial J' = 0,$$

$$q(J') = q(J),$$

y el soporte de J' está contenido en el subgrafo de gaps abiertos disponible después de la reorganización.

Esta definición formaliza la hipótesis de transferencia del manuscrito. La existencia dinámica de tal S para todo proceso de compresión no se presenta aquí como teorema general.

34.8. Redundancia de rutas y segmentación

Definamos el subgrafo abierto dependiente del estado:

$$\Omega_o(t) := (V, E_o(t)), \quad E_o(t) := \{e \in E : \delta_e(t) > 0\}.$$

Sea p una región del núcleo y sea E_{ext} el conjunto de vértices que representan la envolvente o el exterior relacional. Denotemos por:

$$\lambda_{\Omega_o}(p, E_{\text{ext}})$$

la conectividad por aristas entre p y E_{ext} .

Proposición 34.8 (Criterio de segmentación operacional). *La pérdida total de accesibilidad abierta entre p y E_{ext} ocurre exactamente cuando:*

$$\lambda_{\Omega_o}(p, E_{\text{ext}}) = 0.$$

Demostración. Por el teorema de Menger, la conectividad por aristas es el número máximo de caminos arista-disjuntos entre los conjuntos considerados. Si es cero, no existe ningún camino abierto. Como cada gap es una arista y un gap cerrado satisface $\delta_e = 0$, el cierre de un corte completo elimina toda vía operacional abierta entre el núcleo y el exterior. $\square$

El cierre de una arista particular no implica segmentación si existe una ruta alternativa. Una configuración con:

$$\lambda_{\Omega_o} \geq 2$$

posee redundancia suficiente para soportar el cierre de una ruta sin perder necesariamente su conexión operacional.

34.9. Definición de RSGIM

Definición 34.9 (RSGIM). Una Región de Saturación Geométrica Máxima e Indistinción Relacional es una subconfiguración relacional $S \subseteq \Omega$ que satisface conjuntamente:

1. saturación de la densidad efectiva pertinente:

$$\rho_S = \frac{1}{B};$$

2. pérdida de los canales abiertos necesarios para realizar sus distinciones internas:

$$\lambda_{\Omega_o}(S, E_{\text{ext}}) = 0;$$

3. imposibilidad de definir una estructura interna mediante fases transportadas por gaps abiertos.

La RSGIM no es una sustancia ni un objeto con un interior clásico. Es un límite de realizabilidad: la configuración alcanza el costo elemental de sus canales pertinentes y deja de sostener la distinción operacional de un interior.

Teorema 34.10 (No interior operacional de una RSGIM). *Una RSGIM no posee un interior operacionalmente realizable.*

Demostración. Un interior físico requeriría al menos una distinción realizable entre estar dentro y estar fuera, además de una ruta abierta capaz de transmitir esa distinción. En una RSGIM, la conectividad abierta pertinente es cero y la fase no está definida en los canales saturados. Por tanto, no existe un procedimiento operacional finito que realice la distinción interior/exterior dentro de la región saturada. $\square$

Observación 34.11 (Singularidad). La teoría excluye la singularidad física entendida como densidad efectiva infinita o como objeto con grados de libertad interiores divergentes. La variable representacional $R = 1/\delta$ puede divergir al aproximarse a la saturación, pero:

$$f(R) \rightarrow \frac{1}{B}.$$

La teoría no exige extender al interior una variedad clásica que ya no contiene canales relacionales realizables.

34.10. La interfaz exterior–RSGIM

Sea $\Omega_{\text{sat}}(t)$ la región saturada, $\Omega_{\text{ext}}(t)$ la envolvente abierta y $\Sigma(t)$ la interfaz:

$$\Omega = \Omega_{\text{sat}}(t) \cup \Sigma(t) \cup \Omega_{\text{ext}}(t).$$

La interfaz puede definirse por:

$$\Sigma(t) := \partial\Omega_{\text{sat}}(t) = \partial\{x : \delta(x, t) = 0\}.$$

Es útil introducir el parámetro de capacidad abierta:

$$s(x, t) := 1 - B\rho(x, t) = \frac{\delta(x, t)}{B + \delta(x, t)}.$$

Entonces:

$$0 \leq s < 1,$$

$$s > 0 \quad \text{en el exterior abierto}, \quad s = 0 \quad \text{en la región saturada}.$$

La densidad puede llegar continuamente a la interfaz:

$$\rho_{\text{ext}}|_{\Sigma} = \frac{1}{B} = \rho_{\text{sat}}.$$

La transición no exige continuidad de la fase θ ni del campo Ψ hacia el interior, porque ambos son variables del dominio abierto. La condición correcta es unilateral:

$$\theta, \Psi \quad \text{definidos solo en } \Omega_{\text{ext}}.$$

En la envolvente abierta permanece:

$$\delta_{\text{ext}} > 0, \quad R_{\text{ext}} = \frac{1}{\delta_{\text{ext}}} < \infty, \quad f(R_{\text{ext}}) = \frac{R_{\text{ext}}}{1 + BR_{\text{ext}}}.$$

Por tanto, la saturación del núcleo no implica la saturación de la envolvente. El campo gravitacional exterior continúa siendo una dinámica de relaciones abiertas.

34.11. Ley dinámica de los gaps: estatus y formalización

El manuscrito actual establece las restricciones de la evolución, pero no deriva todavía una ley única para $\dot{\delta}_e$. Una formalización mínima debe respetar:

$$\delta_e(t) \geq 0,$$

$$\partial J(t) = 0 \quad \text{mientras no exista creación o destrucción topológica,}$$

y la conservación de la conectividad exigida por la configuración.

Una ecuación general con restricción es:

$$\dot{\delta}_e = F_e[\delta, J, q, \mathcal{E}_{\text{ext}}] - \mu_e,$$

con condiciones de complementariedad:

$$\delta_e \geq 0, \quad \mu_e \geq 0, \quad \mu_e \delta_e = 0.$$

Mientras $\delta_e > 0$:

$$\mu_e = 0, \quad \dot{\delta}_e = F_e.$$

Cuando $\delta_e = 0$, el multiplicador impide $\delta_e < 0$. La compresión adicional debe transformarse en una de las siguientes respuestas:

1. redistribución hacia gaps alternativos;
2. transferencia conservativa de carga topológica;
3. movimiento de la interfaz;
4. segmentación, si se agota la conectividad abierta.

Una dinámica variacional candidata puede definirse mediante un funcional relacional:

$$\mathcal{F}[\delta, J, q] = \sum_{e \in E} V_e(\delta_e) + \mathcal{F}_{\text{fase}}[\delta, \theta] + \mathcal{F}_{\text{top}}[J, q].$$

La evolución proyectada sobre el espacio admisible sería:

$$\dot{\delta} = \Pi_{\mathcal{A}} \left(-\mathbf{M} \frac{\delta \mathcal{F}}{\delta \delta} \right),$$

donde:

$$\mathcal{A} = \{(\delta, J) : \delta_e \geq 0, \partial J = 0, J \text{ soportado en } E_o\}.$$

Esta ecuación es una formalización de programa. El texto actual todavía no deriva de manera única V_e , $\mathbf{M}$ ni la regla de proyección. Por ello, no debe presentarse como una ley ya demostrada.

34.12. Colapso de un objeto masivo

Consideremos una configuración masiva inicial M_0 con núcleo C , envolvente E_{env} y exterior E_{ext} . Antes del colapso, el núcleo material satisface:

$$\delta_e > 0$$

en los canales que realizan su estructura interna, y contiene ciclos topológicos γ con:

$$q_\gamma \neq 0.$$

34.12.1. Fase precolapso

La configuración es material persistente:

$$\rho_C < \frac{1}{B}, \quad \lambda_{\Omega_o}(C, E_{\text{env}}) > 0.$$

La geometría efectiva exterior se encuentra en el régimen débil si:

$$BR_e \ll 1.$$

Entonces:

$$f(R_e) = R_e - BR_e^2 + \mathcal{O}(B^2 R_e^3),$$

y las ecuaciones métricas recuperan el régimen de Einstein a orden dominante.

34.12.2. Inicio de la compresión

Durante el colapso, la configuración material comprime algunos gaps:

$$\delta_e(t) \downarrow, \quad \rho_e(t) = \frac{1}{B + \delta_e(t)} \uparrow \frac{1}{B}.$$

Esto no implica todavía una RSGIM. Mientras exista una red de rutas abiertas y los ciclos necesarios sigan siendo realizables, la configuración conserva su identidad material.

34.12.3. Cierre de un canal crítico

Supóngase que un gap e_* de un ciclo γ se aproxima a saturación:

$$\delta_{e_*}(t) \rightarrow 0.$$

El ciclo original deja de ser un procedimiento abierto cuando $\delta_{e_*} = 0$. Si existe un ciclo alternativo γ' en el subgrafo abierto y:

$$\gamma' - \gamma = \partial S,$$

la carga puede transferirse conservativamente:

$$q_{\gamma'} = q_{\gamma}.$$

La materia se reorganiza sin que su identidad topológica se destruya.

34.12.4. Pérdida de redundancia

La transferencia deja de ser posible cuando el cierre de gaps reduce la conectividad hasta:

$$\lambda_{\Omega_o}(C, E_{\text{env}}) = 0.$$

Entonces la región central pierde accesibilidad operacional desde la envolvente. No aparece una pared externa ni un sustrato interior: desaparecen las rutas relacionales abiertas necesarias para realizar la conexión.

34.12.5. Entrada en RSGIM

Si simultáneamente:

$$\rho_C \rightarrow \frac{1}{B}, \quad \lambda_{\Omega_o}(C, E_{\text{env}}) \rightarrow 0,$$

el núcleo entra en el régimen RSGIM:

$$C \longrightarrow \mathcal{R}_{\text{RSGIM}}.$$

La densidad efectiva permanece finita y la estructura interior deja de ser operacionalmente distinguible. La envolvente no tiene por qué saturarse:

$$\delta_e > 0 \quad \text{para los canales de } E_{\text{env}}.$$

34.12.6. Respuesta exterior

La envolvente y el exterior continúan gobernados por:

$$R_{\text{ext}}(r, t) = \frac{1}{\delta_{\text{ext}}(r, t)},$$

$$f(R_{\text{ext}}) = \frac{R_{\text{ext}}}{1 + BR_{\text{ext}}}.$$

En el régimen débil:

$$BR_{\text{ext}} \ll 1,$$

se recupera:

$$G_{\mu\nu} \simeq 8\pi GT_{\mu\nu}.$$

La gravedad exterior no se interpreta como memoria de una masa colocada en un interior físico. Es la respuesta de las relaciones abiertas de la envolvente ante la configuración y la condición de interfaz.

34.12.7. Relajación, emisión y remanencia

Una perturbación exterior puede reorganizar gaps de la interfaz. Si un canal saturado se abre temporalmente:

$$\delta_e : 0 \rightarrow \delta_e > 0,$$

puede reaparecer una ruta de transmisión y modificarse la configuración de la interfaz. Esta descripción permite modelar una relajación exterior sin introducir grados de libertad dentro de la RSGIM.

La existencia de una tasa concreta de relajación, una ley térmica, una emisión específica o una masa mínima de remanente requiere una dinámica adicional. No se deriva únicamente de:

$$\rho \leq \frac{1}{B}.$$

34.13. Diagrama de fases relacional

La evolución conceptual de un objeto masivo puede resumirse como:

materia persistente:	$\delta_e > 0, \quad q_\gamma \neq 0, \quad \lambda > 0,$
compresión:	$\delta_e \downarrow, \quad \rho_e \uparrow,$
cierre local:	$\delta_{e*} \rightarrow 0,$
reruteo:	$J \rightarrow J + \partial S, \quad q \text{ constante},$
segmentación:	$\lambda \rightarrow 0,$
saturación:	$\rho_C \rightarrow 1/B,$
RSGIM:	$\rho_C = 1/B, \quad \lambda_C = 0,$
exterior:	$\delta_{\text{ext}} > 0, \quad R_{\text{ext}} \text{ dinámico}.$

La implicación que debe evitarse es:

$$\text{materia} \rightarrow \text{singularidad}.$$

La cadena del marco actual es:

materia persistente $\rightarrow$ compresión relacional $\rightarrow$ reducción de redundancia
 $\rightarrow$ transferencia topológica si es posible $\rightarrow$ segmentación
 $\rightarrow$ saturación pertinente $\rightarrow$ RSGIM.

34.14. Pérdida de conectividad interna y régimen submáximo

La condición $\rho = 1/B$ no debe confundirse con el comienzo de la pérdida de conectividad. La cantidad que controla la capacidad de un canal es el gap δ_e , mientras que la densidad efectiva es:

$$\rho_e = \frac{1}{B + \delta_e}.$$

Para todo estado no saturado:

$$0 < \delta_e < \infty, \quad 0 < \rho_e < \frac{1}{B}.$$

La conectividad interna se conserva si existe al menos un conjunto de rutas abiertas capaz de realizar las distinciones estructurales de la configuración. Denotemos por:

$$\lambda_{\text{int}}(t) := \lambda_{\Omega_o(t)}(C, C^c)$$

la conectividad por aristas entre una región central C y el resto de la configuración abierta. No se requiere que todos los gaps sean grandes ni que todos los canales tengan la misma densidad. La condición mínima de interior operacional es:

$$\lambda_{\text{int}}(t) > 0.$$

Puede existir, por tanto, una sucesión submáxima:

$$0 < \rho_C(t) < \frac{1}{B}, \quad \lambda_{\text{int}}(t) > 0,$$

en la que algunos gaps se aproximan mucho a cero, pero todavía existe una ruta abierta que realiza la estructura interna. En ese régimen:

alta compacticidad $\neq$ saturación completa,

pérdida parcial de redundancia $\neq$ pérdida de interior.

La transición RSGIM no exige que ρ presente un salto discontinuo. Puede alcanzarse por una sucesión continua:

$$\rho_C(t) \uparrow \frac{1}{B}, \quad \lambda_{\text{int}}(t) > 0,$$

seguida por el cierre del último corte relacional necesario:

$$\lambda_{\text{int}}(t) \downarrow 0.$$

También puede ocurrir que ambos límites se aproximen conjuntamente. La definición de RSGIM requiere el estado límite, no una forma temporal única de alcanzarlo.

Proposición 34.12 (Interior submáximo). *Si una configuración satisface*

$$\rho_C < \frac{1}{B} \quad y \quad \lambda_{\text{int}} > 0,$$

entonces conserva un interior operacional, aunque algunos de sus gaps estén arbitrariamente próximos a la saturación.

Demostración. La desigualdad $\rho_C < 1/B$ implica que al menos los canales pertinentes no han alcanzado simultáneamente $\delta = 0$. La condición $\lambda_{\text{int}} > 0$ garantiza la existencia de una ruta abierta que realiza una distinción entre la región central y su complemento. Por definición operacional, esa ruta basta para que la categoría de interior siga teniendo referente físico. $\square$

Cuando $\lambda_{\text{int}} = 0$, la descripción interior deja de ser realizable aunque la envolvente conserve gaps abiertos. Este es el punto en que “interior” deja de ser una descripción física de la clase saturada y se convierte en un error de categoría. La envolvente, sin embargo, sigue perteneciendo al dominio abierto:

$$\delta_{\text{ext}} > 0, \quad \rho_{\text{ext}} < \frac{1}{B}.$$

34.15. Sombra visible: igualdad con la predicción de agujero negro

La afirmación observacional debe formularse con precisión. En la parte visible, una RSGIM puede ser indistinguible de un agujero negro si su geometría exterior y su condición de absorción efectiva coinciden con las usadas en el modelo de Relatividad General. No se afirma que toda RSGIM tenga automáticamente la misma sombra; se afirma una equivalencia condicional de exterior.

Para una métrica estática y esférica exterior:

$$ds^2 = -A(r)c^2 dt^2 + A(r)^{-1} dr^2 + C(r) d\Omega^2,$$

la esfera de fotones satisface:

$$\frac{d}{dr} \left(\frac{C(r)}{A(r)} \right) = 0.$$

El parámetro crítico de impacto es:

$$b_{\text{sh}}^2 = \frac{C(r)}{A(r)} \Big|_{r=r_{\text{ph}}}.$$

Para el exterior de Schwarzschild, usando unidades geométricas $G = c = 1$:

$$A(r) = 1 - \frac{2M}{r}, \quad C(r) = r^2,$$

por lo que:

$$r_{\text{ph}} = 3M, \quad b_{\text{sh}} = 3\sqrt{3}M.$$

Restaurando unidades:

$$r_{\text{ph}} = \frac{3GM}{c^2}, \quad b_{\text{sh}} = \frac{3\sqrt{3}GM}{c^2}.$$

Para un observador a distancia D :

$$\theta_{\text{sh}} \simeq \frac{b_{\text{sh}}}{D}.$$

Teorema 34.13 (Indistinguibilidad visible RSGIM–agujero negro). *Supóngase que, fuera de la interfaz Σ , una RSGIM tiene:*

1. *la misma métrica exterior que el modelo de agujero negro de Relatividad General;*
2. *la misma distribución de materia emisora exterior;*
3. *absorción efectiva de las trayectorias que alcanzan Σ ;*
4. *ninguna emisión reflejada detectable durante la ventana observacional.*

Entonces sus geodésicas de luz exteriores, curva crítica, sombra y transferencia radiativa visible coinciden con las del modelo de agujero negro, dentro de la precisión observacional.

Demostración. La sombra y el anillo de fotones visibles se determinan por las geodésicas nulas exteriores y por la radiación que atraviesa la región emisora; el ringdown temprano tampoco identifica por sí solo un horizonte [21]. Bajo las cuatro hipótesis, ambos problemas tienen la misma métrica, las mismas fuentes y la misma condición efectiva para las trayectorias que no regresan. Por tanto, la solución visible de la ecuación de transferencia radiativa es la misma. $\square$

Este teorema fija el punto solicitado: en la parte visible, una RSGIM no presenta diferencia con un agujero negro cuando el exterior es el mismo y la interfaz es efectivamente absorbente. La diferencia conceptual aparece en la interpretación de la interfaz: la Relatividad General la describe como horizonte de sucesos; la Teoría de la Distinción la describe como el límite de saturación donde desaparece la conectividad interna y “interior” deja de tener referente.

Para geometría rotante se reemplaza la esfera de fotones por la superficie de órbitas nulas esféricas y la sombra por la curva crítica de Kerr. La conclusión de indistinguibilidad es la misma bajo igualdad del exterior, del espín y de la transferencia radiativa.

34.16. Ondas gravitacionales: parte universal y condición de interfaz

La señal gravitacional debe separarse en tres fases:

$$h(t) = h_{\text{inspiral}}(t) + h_{\text{merger}}(t) + h_{\text{ringdown}}(t).$$

Si el exterior dinámico de la RSGIM coincide con el exterior de Relatividad General y la interfaz es absorbente, la generación exterior, la propagación y el ringdown visible coinciden con el modelo de agujero negro:

$$h_{\text{RSGIM}}(t) = h_{\text{GR}}(t)$$

en la precisión de la aproximación adoptada.

La diferencia solo aparece si la interfaz permite reflexión, transmisión adicional o una respuesta dinámica distinta. En frecuencia, una condición de frontera efectiva puede escribirse como:

$$\Psi_\omega \sim e^{-i\omega r_*} + \mathcal{R}_\Sigma(\omega) e^{+i\omega r_*} \quad (r \rightarrow r_\Sigma),$$

donde $\mathcal{R}_\Sigma(\omega)$ es el coeficiente de reflexión de la interfaz. El agujero negro ideal corresponde a:

$$\mathcal{R}_\Sigma(\omega) = 0.$$

Una RSGIM perfectamente absorbente tiene la misma condición efectiva, aunque su interpretación ontológica sea distinta.

Si $\mathcal{R}_\Sigma \neq 0$, la barrera de potencial exterior y la interfaz forman una cavidad. Una aproximación de la señal tardía es:

$$h(t) \simeq h_{\text{GR}}(t) + \sum_{n=1}^{\infty} \mathcal{A}_n h_{\text{GR}}(t - n\Delta t_{\text{echo}} - \phi_n),$$

con:

$$\mathcal{A}_n \sim \mathcal{T}_{\text{bar}} \mathcal{R}_\Sigma^n \mathcal{R}_{\text{bar}}^{n-1},$$

donde $\mathcal{T}_{\text{bar}}$ es la transmisión de la barrera, $\mathcal{R}_{\text{bar}}$ su reflexión y ϕ_n las fases acumuladas. Esta expresión no es una predicción numérica de la Teoría de la Distinción hasta que $\mathcal{R}_\Sigma(\omega)$ sea derivado de la dinámica de gaps.

34.17. Cálculo parametrizado de ecos para RSGIM

Los cálculos siguientes son retardos geométricos de referencia, no una predicción de amplitud. Para un exterior Schwarzschild y una interfaz situada en:

$$r_\Sigma = 2M(1 + \varepsilon), \quad 0 < \varepsilon \ll 1,$$

la coordenada tortuga es:

$$r_* = r + 2M \ln \left(\frac{r}{2M} - 1 \right).$$

Tomando como barrera principal la región de la esfera de fotones $r_{\text{ph}} = 3M$, el tiempo de ida y vuelta es:

$$\Delta t_{\text{echo}} \simeq 2 |r_*(3M) - r_*(r_\Sigma)| \frac{GM}{c^3}$$

cuando M se expresa en masas solares. En forma explícita:

$$\Delta t_{\text{echo}} \simeq \frac{GM}{c^3} \left[4 \ln \left(\frac{1}{\varepsilon} \right) - 0.7726 - 4\varepsilon \right].$$

Usamos:

$$\frac{GM_\odot}{c^3} = 4.925490947 \mu\text{s}.$$

La separación característica en frecuencia es aproximadamente:

$$\Delta f_{\text{echo}} \simeq \frac{1}{\Delta t_{\text{echo}}}.$$

Cuadro 34.1: Retardos geométricos de eco para distintas masas y posiciones de interfaz.

M	ε	Δt_{echo}	Δf_{echo}
$10M_{\odot}$	10^{-20}	9.04 ms	110.7 Hz
$10M_{\odot}$	10^{-40}	18.11 ms	55.2 Hz
$10M_{\odot}$	10^{-60}	27.18 ms	36.8 Hz
$30M_{\odot}$	10^{-20}	27.11 ms	36.9 Hz
$30M_{\odot}$	10^{-40}	54.32 ms	18.4 Hz
$30M_{\odot}$	10^{-60}	81.54 ms	12.3 Hz
$10^6 M_{\odot}$	10^{-20}	10.46 días	1.11×10^{-3} Hz
$10^6 M_{\odot}$	10^{-40}	20.96 días	5.52×10^{-4} Hz
$10^6 M_{\odot}$	10^{-60}	31.46 días	3.68×10^{-4} Hz
$6.5 \times 10^9 M_{\odot}$	10^{-40}	373 años	8.50×10^{-8} Hz

La tabla muestra una dependencia lineal con la masa y logarítmica con la distancia relativa de la interfaz al radio $2M$. No determina $\mathcal{A}_n$. Hay tres casos distintos:

1. $\mathcal{R}_{\Sigma} = 0$: no hay ecos y la señal coincide con la de Relatividad General;
2. $0 < |\mathcal{R}_{\Sigma}| < 1$: hay ecos amortiguados, si la barrera permite suficiente transmisión;
3. $|\mathcal{R}_{\Sigma}| \simeq 1$: pueden existir ecos más persistentes, pero su compatibilidad con la estabilidad y con los límites observacionales debe probarse.

Las búsquedas de ecos no han encontrado hasta ahora una evidencia concluyente y han impuesto límites a su amplitud [22]. La ausencia de ecos no refuta una RSGIM: puede significar que la interfaz es absorbente o que $|\mathcal{R}_{\Sigma}|$ está por debajo de la sensibilidad. Inversamente, una señal de eco no demostraría por sí sola la Teoría de la Distinción: demostraría una respuesta tardía incompatible con la condición absorbente ideal de un agujero negro en el modelo analizado.

34.18. Comparación explícita con Relatividad General

Cuadro 34.2: Predicciones visibles y tardías bajo las dos descripciones.

Observable	Agujero negro en GR	RSGIM
Sombra y curva crítica	Determinadas por la métrica exterior y la esfera/superficie de fotones.	Idénticas si el exterior y la transferencia radiativa son los mismos.
Anillo de fotones	Subanillos fijados por geodésicas nulas exteriores.	Idénticos en la parte visible bajo igualdad del exterior.
Ringdown temprano	Modos de la geometría exterior; no prueba por sí solo un horizonte.	Igual si la interfaz es absorbente y el exterior coincide.
Ecos tardíos	Ausentes para condición puramente entrante.	Ausentes si $\mathcal{R}_{\Sigma} = 0$; posibles si $\mathcal{R}_{\Sigma} \neq 0$.
Interior	Región de la solución de GR con horizonte y singularidad en la extensión clásica.	No existe como dominio relacional realizable; “interior” es error de categoría.

La conclusión visible es estricta:

$$\boxed{\text{RSGIM absorbente} + \text{exterior GR} \equiv \text{agujero negro visible en GR.}}$$

La diferencia entre ambos marcos no está en la sombra visible ni necesariamente en el ringdown temprano. Está en la interpretación del límite y, únicamente si existe una respuesta reflectante, en la cola tardía de la señal.

34.19. Estatus epistemológico

34.19.1. Resultados internos

El capítulo establece dentro de las definiciones de la teoría:

- la cota $0 < \rho \leq 1/B$;
- la diferencia entre gap abierto y gap saturado;
- la diferencia entre cierre local y saturación de configuración;
- la definición operacional de holonomía y carga topológica;
- la protección de la carga bajo deformaciones que preservan los gaps del ciclo;
- el criterio combinatorio $\lambda = 0$ para la pérdida de accesibilidad abierta;
- la inexistencia de un interior operacional en una RSGIM;
- la continuidad de la dinámica exterior no saturada mediante R y $f(R)$.

34.19.2. Resultados condicionados

Quedan condicionados a hipótesis dinámicas o variacionales:

- que una compresión material produzca una sucesión monótona $\delta_e \rightarrow 0$;
- que exista siempre una cadena de reruteo S ;
- que la transferencia conserve la carga durante toda la dinámica física;
- que la pérdida de conectividad ocurra junto con $\rho \rightarrow 1/B$ en una configuración concreta;
- que una supernova determinada forme una RSGIM y no otro remanente compacto;
- que la interfaz emita una radiación con una temperatura o tasa específica;
- que el exterior concreto sea exactamente una solución de Schwarzschild o de otra métrica particular.

34.19.3. Programa dinámico pendiente

Para completar la teoría se requiere derivar, a partir de sus principios, una ley para:

$$\dot{\delta}_e, \quad \dot{J}, \quad v_\Sigma, \quad \Gamma_\Sigma.$$

La ley deberá respetar:

$$\delta_e \geq 0, \quad \partial J = 0 \text{ mientras no exista transferencia permitida,} \quad \lambda_{\Omega_o} \geq 0,$$

y deberá especificar cuándo la compresión se redistribuye, cuándo se transfiere la carga y cuándo se alcanza la segmentación.

34.20. Conclusión

Una RSGIM no es la singularidad de una teoría clásica prolongada indebidamente. Es el régimen en que una configuración relacional alcanza la saturación elemental pertinente y deja de sostener las distinciones internas que la hacían operacionalmente accesible.

La materia ordinaria puede contener correlaciones fuertes y relaciones localmente estabilizadas sin ser una RSGIM. La protección topológica se expresa mediante ciclos abiertos con carga entera q_γ . Cuando un canal de un ciclo se aproxima a saturación, la carga puede transferirse a una ruta alternativa mediante:

$$J' = J + \partial S, \quad q(J') = q(J),$$

si la conectividad abierta lo permite. Si todos los caminos relevantes se cierran y la densidad pertinente alcanza $1/B$, aparece una RSGIM.

La envolvente no queda saturada por la saturación del núcleo. En ella permanecen:

$$\delta_{\text{ext}} > 0, \quad R_{\text{ext}} = 1/\delta_{\text{ext}}, \quad f(R_{\text{ext}}) = \frac{R_{\text{ext}}}{1 + BR_{\text{ext}}}.$$

La gravedad exterior continúa siendo una dinámica de relaciones abiertas. El colapso de un objeto masivo debe entenderse, por tanto, como una transición relacional con reruteo, pérdida de redundancia, segmentación y posible saturación del núcleo, no como el colapso universal de toda materia en una singularidad.

35. Materia Relacional: Nudos, Carga Topológica y Persistencia

35.1. Materia sin sustancia ni sustrato

En la Teoría de la Distinción, la materia no es una sustancia añadida a un espacio previo. Toda entidad física pertenece a una configuración de realizaciones elementales de medida B y de relaciones operacionalmente distinguibles entre ellas:

$$\text{materia} \subset \mathcal{C}(B).$$

La materia no es, por tanto, una entidad independiente de la red relacional. Es una organización persistente de la misma trama que, en otro régimen descriptivo, se representa como espacio, energía, fase o geometría.

Definición 35.1 (Configuración material persistente). Una configuración material persistente es una subconfiguración finita

$$M = (V_M, E_M)$$

de realizaciones elementales y relaciones que conserva una identidad operacional durante una sucesión de reorganizaciones admisibles.

La persistencia no significa inmovilidad. Significa que existe una correspondencia operacional entre los estados sucesivos de la configuración, de modo que la organización relacional no se reduce a la clase trivial sin transferir, cerrar o transformar su identidad.

35.2. Materia y gaps abiertos

Cada relación $e \in E_M$ tiene un gap $\delta_e \geq 0$ y una densidad efectiva:

$$\rho_e = \frac{1}{B + \delta_e}.$$

La materia ordinaria se describe en el régimen donde los canales necesarios para realizar su estructura permanecen abiertos:

$$\delta_e > 0.$$

Una configuración puede estar fuertemente comprimida:

$$\delta_e \ll B,$$

sin alcanzar el cierre:

$$\delta_e = 0.$$

La distinción obligatoria es:

$$\boxed{\delta_e \ll B \neq \delta_e = 0.}$$

El primer caso es una relación intensa pero todavía realizable. El segundo es el límite de saturación de ese canal.

Observación 35.2 (Materia no es RSGIM). Una configuración material puede aproximarse mucho a la saturación y, sin embargo, no ser una RSGIM. La RSGIM requiere la saturación de la configuración relacional pertinente y la pérdida de los canales internos necesarios para realizarla. La materia exige, en cambio, una organización persistente que conserve las distinciones que la constituyen.

35.3. Ciclos, fase y carga topológica

Sea γ un ciclo de gaps abiertos:

$$\gamma = (e_1, e_2, \dots, e_n), \quad \delta_{e_k} > 0.$$

A cada gap abierto se asocia una orientación de fase:

$$\theta_e \in \mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z}.$$

La holonomía del ciclo es:

$$\Theta_\gamma = \sum_{e \in \gamma} \theta_e \pmod{2\pi}.$$

La carga topológica se define operacionalmente por:

$$q_\gamma := \frac{\Theta_\gamma}{2\pi} \in \mathbb{Z}.$$

El procedimiento físico asociado a q_γ es:

1. recorrer los gaps del ciclo en el orden indicado;
2. registrar la orientación acumulada;
3. regresar a la distinción inicial;
4. contar el número entero de vueltas de fase.

La carga no es una sustancia ni una masa oculta. Es un invariante entero de una organización relacional cerrada.

Teorema 35.3 (Protección de la carga topológica). *Si una deformación continua mantiene abiertos todos los gaps de un ciclo γ , entonces su carga q_γ permanece constante.*

Demostración. Mientras $\delta_e > 0$ para todo $e \in \gamma$, la fase y la holonomía están definidas. La holonomía cambia continuamente durante la deformación, pero q_γ solo puede tomar valores enteros. Por continuidad, q_γ es constante mientras no se cierre un gap del ciclo ni se introduzca un defecto de fase. $\square$

35.4. Nudos estables

Llamaremos nudo relacional a una configuración que contiene al menos un ciclo con carga topológica no nula:

$$\exists \gamma \subset E_M : \quad q_\gamma \neq 0.$$

La estabilidad del nudo no significa que ninguna relación pueda cambiar. Significa que la carga no puede eliminarse mediante una deformación continua que preserve los gaps abiertos del ciclo.

Una configuración material candidata satisface:

- $\delta_e > 0$ en los canales estructurales,
- $\exists \gamma : q_\gamma \neq 0$,
- $\rho_M > \rho_{\text{circundante}}$,
- persistencia de la organización bajo reorganizaciones admisibles.

La densidad mayor respecto del entorno no define un exterior ontológico. El entorno consiste en otras relaciones abiertas de la misma red.

35.5. Transferencia de la identidad material

Si un gap e_* de un ciclo se aproxima a saturación:

$$\delta_{e_*} \rightarrow 0,$$

el ciclo original deja de ser completamente abierto. La configuración puede conservar su identidad mediante reruteo si existe una ruta alternativa.

Sea $J \in C_1(\Omega; \mathbb{Z})$ la cadena orientada que representa el soporte del ciclo. Un reruteo admisible tiene la forma:

$$J' = J + \partial S, \quad S \in C_2(\Omega; \mathbb{Z}).$$

Como:

$$\partial^2 S = 0,$$

se conserva:

$$\partial J' = 0.$$

Si la región de reruteo no contiene un defecto de fase:

$$q(J') = q(J).$$

El proceso no exige que la carga se divida en fracciones. El soporte de la carga cambia de ruta, mientras el entero topológico permanece.

Definición 35.4 (Identidad material transferida). Una identidad material se considera transferida conservativamente cuando su cadena topológica J es reemplazada por $J' = J + \partial S$ y se conservan simultáneamente:

$$\partial J' = 0, \quad q(J') = q(J),$$

además de la conectividad y las restricciones de exclusión pertinentes.

La existencia de una ley dinámica que produzca siempre el S adecuado no se postula como teorema en este capítulo. Es una condición que debe derivarse o formularse como hipótesis dinámica explícita.

35.6. Estabilidad, saturación y RSGIM

La saturación de un canal particular no equivale a la saturación de toda la configuración:

$$\delta_e = 0 \not\Rightarrow \rho_M = \frac{1}{B}.$$

La RSGIM aparece solo si la configuración pertinente S satisface:

$$\rho_S = \frac{1}{B}$$

y pierde los canales internos necesarios para realizar sus distinciones:

$$\lambda_{\Omega_o}(S, E_{\text{ext}}) = 0.$$

Por tanto:

nudo material estable $\neq$ RSGIM $\neq$ singularidad física.
--

La materia puede persistir por organización topológica antes de la saturación. La RSGIM es el límite en que la descripción de la estructura interna deja de ser realizable como red de canales abiertos.

35.7. Evolución de una configuración material

La evolución material puede organizarse en cuatro regímenes:

1. **Persistencia abierta:** $\delta_e > 0$ y $q_\gamma \neq 0$.
2. **Compresión:** disminuyen algunos δ_e , aumenta ρ y se reduce la redundancia de rutas.
3. **Reruteo:** un canal crítico se aproxima a cero y la carga se transfiere mediante una ruta alternativa.
4. **Segmentación o saturación:** la conectividad abierta se pierde y, si además $\rho \rightarrow 1/B$, aparece una RSGIM.

La cadena conceptual es:

persistencia $\rightarrow$ compresión $\rightarrow$ reducción de redundancia
 $\rightarrow$ reruteo $\rightarrow$ segmentación o nueva estabilidad.

No toda compresión termina en RSGIM. El resultado depende de la existencia de rutas alternativas y de la ley dinámica que gobierna los gaps.

35.8. Campo de orden y límite de la descripción material

En el dominio abierto puede definirse:

$$\Psi(x) = \sqrt{\rho(x)} e^{i\theta(x)}.$$

Esta variable combina la densidad efectiva y la fase del gap. Su dominio es:

$$\delta(x) > 0.$$

En una RSGIM, la fase deja de ser un grado de libertad transportable por canales abiertos. Por ello no se prolonga automáticamente:

Ψ no es una variable interna de la RSGIM.

La representación por Ψ no deriva por sí sola un potencial, una autointeracción, un solitón, una partícula observada ni un espectro de masas. Es una representación efectiva de una configuración material abierta.

35.9. Colapso gravitatorio de una configuración material

Si una configuración masiva comprime sus gaps, la evolución comienza como:

$$\delta_e(t) \downarrow, \quad \rho_e(t) \uparrow \frac{1}{B}, \quad R_e(t) = \frac{1}{\delta_e(t)} \uparrow.$$

Mientras:

$$\lambda_{\Omega_o} > 0,$$

existen rutas abiertas y la configuración puede mantener su identidad mediante redistribución o transferencia topológica.

Si un cierre progresivo produce:

$$\lambda_{\Omega_o} = 0$$

y simultáneamente:

$$\rho_M \rightarrow \frac{1}{B},$$

la configuración alcanza el régimen RSGIM. La envolvente no tiene que saturarse; puede conservar:

$$\delta_{\text{env}} > 0.$$

La gravedad exterior continúa descrita por:

$$R_{\text{env}} = \frac{1}{\delta_{\text{env}}}, \quad f(R_{\text{env}}) = \frac{R_{\text{env}}}{1 + BR_{\text{env}}}.$$

35.10. Estatus de la teoría de la materia

Dentro del marco actual quedan establecidos conceptualmente:

- la materia como configuración de realizaciones y relaciones, no como sustancia adicional;
- la diferencia entre gap pequeño y gap cerrado;
- la definición operacional de carga topológica;
- la protección de la carga durante deformaciones abiertas;
- la posibilidad matemática de reruteo conservativo;
- la no identidad entre materia y RSGIM.

Permanecen como programa dinámico:

- la ley única para $\dot{\delta}_e$;
- el funcional de energía o tensión relacional;
- la selección física de una ruta alternativa;
- la tasa de transferencia topológica;
- la derivación del espectro de excitaciones materiales;
- la conexión cuantitativa entre una configuración material concreta y una partícula observada.

35.11. Conclusión

La materia es una organización persistente de realizaciones elementales y relaciones. Su estabilidad puede protegerse topológicamente mediante ciclos con carga entera. Un gap que se aproxima a la saturación no destruye automáticamente la materia: puede provocar un reruteo conservativo de la carga hacia una ruta alternativa.

Solo cuando la configuración pertinente alcanza la saturación máxima y pierde la conectividad abierta necesaria para realizar sus distinciones internas aparece una RSGIM. La teoría evita así identificar toda materia comprimida con una singularidad y proporciona un marco relacional para distinguir:

estabilidad material, saturación, segmentación, RSGIM.

36. Radiación de Hawking y Expansión

Corolario 36.1 (Radiación de Hawking como reorganización en la interfaz operacional exterior). *Toda reorganización de relaciones abiertas en la interfaz operacional exterior de una RSGM – nunca una fluctuación “dentro” de la RSGM, categoría que no existe – permite que se realice una distinción antes indistinguible. Esa realización, vista desde la descripción continua, es radiación.*

Demostración. En una RSGM, $\delta_e = 0$ en la totalidad de la clase relacional saturada y $\rho = 1/B$: los gaps han alcanzado su costo elemental y el foco está saturado o fusionado. Esto no significa que B desaparezca ni que no exista realización; significa que no puede añadirse densidad relacional por encima del máximo. La radiación no se formula como una fluctuación ocurrida dentro de la RSGM, sino como una reorganización de las relaciones abiertas en la interfaz operacional exterior: los canales con $\delta > 0$ inmediatamente exteriores a la clase saturada pueden aumentar transitoriamente su exceso relacional – no como un paso desde un “adentro” hacia un “afuera”, puesto que esa oposición no tiene referente aquí, sino como una reorganización momentánea de la interfaz que permite una distinción relacional adicional. Esa reaparición reduce en una unidad el número de saturación $N = A/B$ de la región: el área A disminuye, la entropía $S = k_B(A/B) \ln 2$ disminuye, y desde la descripción continua eso se registra como emisión de radiación. La temperatura es:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B}.$$

Esta es la temperatura de Hawking, pero ahora interpretada como la tasa a la que la región saturada pierde canales cerrados, no como emisión cuántica de un objeto con interior. $\square$

Propiedades:

- La radiación es térmica.
- La RSGM se evapora lentamente: pierde gaps saturados uno a uno.
- Cuando el área de la RSGM se acerca a $A \sim B$, la saturación se vuelve total y la evaporación se detiene.
- No hay singularidad final. La RSGM se convierte en una región de saturación mínima, con todos sus gaps en $\delta = 0$ y área $\sim B$.

Corolario 36.2 (Expansión Cósmica). *El crecimiento irreversible de N es, literalmente, la expansión del espacio.*

Conclusión del capítulo

La RSGM es el límite $\delta = 0$, con $\rho \rightarrow 1/B$, exterior tipo Schwarzschild y $r_H = r_s$, pero sin interior físico ni singularidad realizada. La temperatura T_H y la entropía coinciden con Bekenstein–Hawking cuando se adopta la identificación dimensional condicionada de B .

37. Teorema de Unificación de las Definiciones de Energía y Materia

Teorema 37.1 (Equivalencia de las energías). *Para una región Ω en el punto de saturación $\delta = 0$,*

$$E_{\text{tasa}}(\Omega) = E_{\text{gaps}}(\Omega) + \mathcal{O}(1/N).$$

Demostración. E_{tasa} cuenta transiciones por unidad de orden parcial ΔN ; E_{gaps} cuenta directamente los gaps activos (con $\rho \neq 0$) en la configuración. En el punto de saturación $\delta = 0$, cada transición disponible involucra necesariamente un gap activo distinto (por Exclusión, dos transiciones no pueden compartir el mismo gap), de modo que el número de transiciones por paso coincide con el número de gaps activos salvo por efectos de borde de la propia región Ω , que escalan como $\mathcal{O}(1/N)$ relativo al volumen. Ambas cuentas convergen en el límite $N \rightarrow \infty$. $\square$

Teorema 37.2 (Masa como caso especial de energía).

$$m = E_{\text{gaps}}(\Omega_{\text{reposo}}) = \frac{B}{2} \cdot (\text{número de gaps activos en reposo}).$$

Demostración. Por el Teorema de Masa como Estabilidad, la masa es la estabilidad topológica de una configuración con $\delta \rightarrow 0$: una configuración “en reposo” en el sentido de que su número de saturación N no cambia bajo evolución. Por el Teorema de Equivalencia de las energías, en saturación $E_{\text{tasa}} = E_{\text{gaps}}$; para una configuración en reposo, toda la energía disponible es $E_{\text{gaps}}(\Omega_{\text{reposo}})$, sin componente cinética adicional. El factor $B/2$ es el costo mínimo por gap activo consistente con la medida mínima B repartida simétricamente entre los dos gaps que comparte cada bit con sus vecinos en la red de saturación. $\square$

Corolario 37.3 (Unificación completa de energía y masa).

$$E_{\text{total}} = E_{\text{cinética}} + m = \frac{B}{2} \cdot (\text{gaps activos totales}).$$

**XIII–XVI. Agrupación de Materia, Galaxias, Interacción entre
Galaxias y Expansión Cósmica**

Nota de ubicación

El documento no desarrolla la agrupación de materia a gran escala, las galaxias, la interacción entre galaxias y la expansión cósmica como capítulos independientes con teoremas propios: los trata dentro de los capítulos que preceden y siguen a esta nota, a los que se remite aquí para no duplicar ni fragmentar derivaciones ya cerradas.

- **Agrupación de materia y galaxias.** Corolario de Curvas de Rotación Galácticas (Teorema 30.13), en la sección “Consecuencia para galaxias, cúmulos y estructura cósmica” del capítulo de Ecuaciones de Campo (Parte XI): el límite de campo débil de $f(R) = R/(1+BR)$ aplicado a la dinámica de un disco galáctico.
- **Interacción entre galaxias.** Corolario de Cúmulos de Galaxias y Lentes Gravitacionales (Teorema 30.14), mismo capítulo: masa dinámica virial y lente gravitacional débil en cúmulos, gobernadas por las mismas ecuaciones de campo.
- **Expansión cósmica.** Corolario de Expansión Cósmica (Teorema 36.2, Parte XII, capítulo de Radiación de Hawking y Expansión): el crecimiento irreversible de N identificado con la expansión del espacio; y el Corolario de Crecimiento de Estructura Cósmica (Teorema 30.15), en el mismo capítulo de Ecuaciones de Campo. La sección de Predicciones Cosmológicas, más adelante en Comparaciones y Predicciones, desarrolla las consecuencias falsables de ambos resultados.

El documento no afirma, más allá de estos resultados ya demostrados, un mecanismo adicional específico para pares de galaxias en interacción distinto del límite de campo débil general citado arriba.

XVII. La Información No Se Destruye

38. Teorema de Irreversibilidad

Teorema 38.1 (Irreversibilidad). *No existe operación física que elimine una distinción sin dejar rastro.*

Demostración. Por reducción al absurdo. Supóngase una operación física que elimina una distinción B_i sin dejar rastro alguno: tras la operación, no existe ningún procedimiento operacional que distinga el estado resultante de un estado en el que B_i nunca hubiera existido. Pero la propia operación de eliminación es, ella misma, un evento físico: por el Teorema de Realizabilidad, cualquier evento físico posee una realización $A > 0$. Ese evento – “ B_i fue eliminada” – constituye información física distinguible de “ B_i nunca existió” (son historias distintas de la red), y por la Definición de Ámbitoesa distinción debe admitir un procedimiento operacional finito que la reconozca. Ese procedimiento es, por definición, el rastro. Luego “sin dejar rastro” es autocontradictorio: toda eliminación deja, como mínimo, el rastro de haber ocurrido. $\square$

Corolario 38.2 (Clausura Ontológica). *Sacar a un observador $O = \{d_1, \dots, d_n\}$ del sistema significaría eliminar simultáneamente todas las distinciones que constituyen su identidad: fuera del sistema no queda un observador esperando despertar; queda $O = \emptyset$.*

. Comparaciones, Predicciones, Simulaciones, Código y
Meditaciones

39. Comparación con Otras Teorías y Refutación de Sustratos Preexistentes

39.1. Principio de la comparación

Este capítulo reúne contrastes de alcance entre la Teoría de la Distinción y varios marcos de la física contemporánea. No proporciona las premisas de la teoría ni es el propósito que justifica sus resultados: la cadena de teoremas propia ya quedó expuesta. Cada comparación aplica ese criterio fundacional a una afirmación concreta; ninguna teoría externa funciona como autoridad para aceptar o rebajar lo demostrado aquí.

Una teoría externa no recibe autoridad ontológica por ofrecer una construcción matemática, datos o resultados análogos. Cuerdas, LQG y cualquier otro marco quedan sometidos a *Ámbito*: si sus entidades fundamentales no son demostradas como realizaciones de B , quedan excluidas como descripción fundamental. Un resultado análogo no refuta una derivación ya demostrada.

El criterio de comparación es único: ¿puede la teoría en cuestión ser reformulada enteramente en términos de distinciones realizables con costo B , o requiere entidades que quedan fuera del *Ámbito* de la Física?

Las teorías que requieren entidades extrafísicas – sustratos pregeométricos, geometría previa, campos como sustancias independientes, volúmenes con grados de libertad no holográficos – son estructuralmente incompatibles con la Teoría de la Distinción. No se trata de que sean “incorrectas” en su dominio de aplicación, sino de que su ontología fundamental no es realizable físicamente según el criterio operacional establecido en el Capítulo Preliminar.

39.2. Refutación del Sustrato Pregeométrico

Antes de comparar teorías, debe establecerse un resultado previo: la noción de “sustrato pregeométrico” – una entidad subyacente a las distinciones, sobre la cual estas se apoyan – es físicamente irrealizable.

Teorema 39.1 (Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico). *No puede existir un sustrato físico anterior a las distinciones realizadas.*

Demostración. Sea S un supuesto sustrato pregeométrico sobre el cual las distinciones se “apoyan”. Existen únicamente dos posibilidades:

Caso 1: S posee existencia física. Por el Teorema de Realizabilidad, $A(S) = BN(S)$ con $N(S) > 0$. Por consiguiente, S contiene distinciones elementales. Pero entonces S no es pregeométrico ni anterior: ya está compuesto por distinciones. El “sustrato” es él mismo una configuración de B y cae dentro del dominio de la teoría.

Caso 2: S no posee existencia física. Entonces $A(S) = 0$ y $N(S) = 0$. Por la Definición de *Ámbito*, S no admite procedimiento operacional finito que lo distinga de su ausencia. Es físicamente irrelevante. Invocarlo en una teoría es introducir una entidad extrafísica sin consecuencias observables.

No existe una tercera opción. Por tanto, el sustrato pregeométrico o es redundante (caso 1) o es irrelevante (caso 2). En ambos casos, no puede ser un fundamento físico. $\square$

Corolario 39.2 (El sustrato pregeométrico no es un objeto de la física). *Cualquier teoría que fundamente su estructura en un sustrato pregeométrico está invocando una entidad fuera del*

Ámbito de la Física. Dicha entidad no puede ser distinguida operacionalmente de su ausencia, por lo que todas las predicciones de la teoría son idénticas con o sin ella.

39.2.1. Autoaplicación: la refutación de la propia teoría anterior

Ámbito no es una ventaja retórica de la Teoría de la Distinción frente a sus competidoras. Se somete a él con la misma severidad que exige de cualquier otra, y esta sección documenta el caso en que ese sometimiento tuvo el costo más alto: la eliminación irremediable de la formulación anterior de este mismo proyecto, incluido su nombre.

La teoría excluye una entidad pregeométrica anterior a toda distinción. La posibilidad de distinción no ejercida no constituye un sustrato físico independiente: toda afirmación física debe superar el criterio de realizabilidad operacional.

Antes de esta versión, el proyecto se llamaba Teoría Σ y postulaba una entidad pregeométrica, Σ , anterior a toda distinción: “No es materia. No es energía. No es vacío. No es información. No tiene partes ni predicados” – la posibilidad de distinción, no ejercida, previa al Momento 0 en que “la distinción ocurre”. B se identificaba de inmediato con ℓ_P^2 por asignación directa – “ B no se postula. No se ajusta. El universo lleva la cuenta.” – sin ninguna cadena de medición ni derivación en ese punto de la construcción: era, literalmente, un axioma numérico. La propia Teoría Σ contenía, además, un resultado que ella misma llamaba cerrado:

Teorema 3 (Inaccesibilidad del Sustrato). Sea $O \subset \Sigma$ un observador físico. No existe operador de medición $\mathcal{T}$ capaz de acceder o aislar a B desde una perspectiva externa. Toda medición realizada por O es una correlación interna del soporte.

Ese teorema, demostrado con las propias herramientas de la Teoría Σ , es el instrumento de su propia exclusión. Aplíquese el Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico de esta sección a $S = \Sigma$: por el Teorema 3 de la propia Teoría Σ , ningún operador puede acceder a B ni aislarlo desde una perspectiva externa a Σ – es decir, Σ no admite, por demostración propia, ningún procedimiento operacional finito que la distinga de su ausencia. Eso es exactamente el Caso 2 del teorema: Σ es físicamente irrelevante, no por objeción externa, sino por la consecuencia lógica de su propio Teorema 3. Independientemente, la identificación $B = \ell_P^2$ por decreto – físicamente relevante, no medida en ese punto de la teoría, no derivada de ningún dato ni de ninguna estructura deductiva previa – cae en la categoría EXCESO del Teorema Universal de Determinación Física: es precisamente el tipo de libertad que ninguna teoría puede reclamar como consecuencia física determinada.

Ninguna de las dos refutaciones necesitó un argumento ajeno a esta teoría. Ambas son la propia teoría, auditada por sus propios criterios, encontrando que su versión anterior no los superaba.

La exclusión de la entidad pregeométrica no introduce un sustituto previo a las distinciones, porque el Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico excluye que pueda existir. La identificación de B con una escala externa solo aparece al final de una cadena derivativa completa, como medida derivada y no asignada.

La consecuencia no fue un matiz editorial. Σ como entidad pregeométrica fue eliminada sin sustituto: no se reemplazó por otra entidad previa a las distinciones, porque el propio Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico excluye que pueda existir una. B dejó de identificarse por decreto con ℓ_P^2 al inicio de la construcción; su identificación con $4\ell_P^2 \ln 2$ solo aparece, en esta versión, al final de una cadena derivativa completa, reconciliando la entropía de Wald con el conteo de microestados – medida y derivada, no asignada. Y el nombre mismo del proyecto dejó de ser Teoría Σ , porque Σ , la entidad que le daba nombre, ya no existe en la teoría: no hay sustrato, solo distinciones y sus relaciones.

Observación 39.3 (Simetría del criterio). La Teoría de la Distinción aplica el Ámbito tanto a sus teorías rivales como a sus propias construcciones. Ninguna entidad queda protegida por autoridad y ninguna crítica queda descalificada por su origen. Esta simetría es la condición que convierte el Ámbito en un criterio y no en una preferencia.

Un lector puede preguntar, con razón, si esta teoría se somete a *Ámbito* solo cuando resulta conveniente. Este es el registro de un caso en el que no fue conveniente: costó el nombre del proyecto y su axioma fundacional. *Ámbito* no distingue entre teorías rivales y la propia; no perdona lo que queda fuera de su definición, sin importar quién lo haya escrito. Esa es, precisamente, la propiedad que lo hace un criterio y no una preferencia.

Corolario 39.4 (“Irrelevante” no significa “inexistente”; significa fuera de alcance). *El Caso 2 del teorema anterior establece una conclusión física precisa: si S no admite ningún procedimiento operacional finito que lo distinga de su ausencia, entonces S no puede funcionar como entidad, sustrato ni fundamento dentro de ninguna teoría física. La física no puede convertirlo en un objeto físicamente existente; cualquier afirmación adicional sobre su existencia metafísica queda fuera de su método. Por tanto, “fuera del Ámbito de la Física” no es una rebaja del teorema: es exactamente la forma física de su exclusión como fundamento realizable.*

Corolario 39.5 (Simetría de la irrealizabilidad mutua entre sistemas sellados). *Sean dos sistemas A y B mutuamente en Caso 2 el uno respecto al otro – es decir, sin ningún canal de contraste operacional que permita a distinciones de uno afectar mediciones en el otro –, cada uno con su propio cuanto de realizabilidad, B_A y B_B respectivamente, en general distintos. Entonces:*

1. *La irrelevancia física es simétrica: B es tan irrelevante para la física de A como A lo es para la física de B . Ninguno de los dos sistemas tiene prioridad ontológica sobre el otro por el mero hecho de estar sellado respecto al otro.*
2. *Más fuerte aún: si, por algún medio ajeno a esta teoría, información sobre configuraciones de B llegara a describirse en los términos de A , esa información no solo sería indetectable por los medios ordinarios de A – fallaría además el propio criterio de realizabilidad de A , $A = B_A N$ con $N \in \mathbb{Z}_{>0}$, salvo coincidencia numérica accidental entre B_A y B_B . Vista desde A , una configuración genuina de B no aparecería como “oculta” sino como mal formada: no satisface la ecuación que define qué cuenta como físicamente posible dentro de A .*

Observación 39.6 (Alcance de este corolario). Este resultado no dice nada sobre si B existe, ni sobre si A y B podrían dejar de estar sellados en algún régimen no contemplado aquí (lo que correspondería a pasar al Caso 1, y entonces ambos formarían parte de un único sistema mayor con un único B común). Dice únicamente que, mientras el sellado sea total, la noción de “posibilidad física” de cada sistema es interna a su propio B y no se extiende automáticamente al otro. La aparente “imposibilidad” de un sistema visto desde el otro es un artefacto del desajuste de criterios de realizabilidad entre dominios sellados, no una propiedad ontológica del sistema observado.

Observación 39.7 (Consecuencia para todas las teorías comparadas). Toda teoría que requiera un sustrato preexistente al que se “añadan” distinciones, geometría o información, queda automáticamente excluida como fundamento ontológico por este teorema. No puede presentarse como descripción fundamental de la realidad: su sustrato queda excluido por *Ámbito*.

39.3. Comparación con la Gravedad Entrópica de Verlinde

39.3.1. Enunciado de la teoría

La gravedad entrópica de Verlinde (2011) postula que la gravedad no es una fuerza fundamental, sino una fuerza emergente derivada de cambios en la entropía asociada a la información de posición de las partículas. La entropía se define como $S = k_B A / (4\ell_P^2)$ y la gravedad emerge de la tendencia de los sistemas a maximizar la entropía.

39.3.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **La entropía como dato, no como derivación.** Verlinde postula $S = k_B A / (4\ell_P^2)$ sin derivarla de principios más profundos. En la Teoría de la Distinción, esta misma expresión se deriva de $S = k_B N \ln 2$ y $A = BN$. La entropía es un conteo de distinciones, no una suposición fenomenológica.
2. **El sustrato holográfico como entidad no distinguible.** La gravedad entrópica requiere un sustrato holográfico (una pantalla) sobre el cual la información se codifica. Por el Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico, esta pantalla no puede ser una entidad física fundamental: o es una configuración de distinciones (y entonces es redundante) o no es física (y entonces es irrelevante).
3. **La fuerza entrópica como explicación sin mecanismo.** La gravedad entrópica explica la fuerza gravitacional como un gradiente de entropía, pero no explica qué es la entropía en términos de distinciones realizables. La Teoría de la Distinción proporciona ese mecanismo: $S = k_B N \ln 2$ y la gravedad emerge del gradiente de δ .
4. **Ausencia de cuantización.** La gravedad entrópica no deriva $B > 0$ ni la cuantización $A = BN$. La Teoría de la Distinción demuestra ambos teoremas. La gravedad entrópica postula una escala de Planck sin justificación operacional.

Corolario 39.8 (Gravedad entrópica como límite efectivo). *La gravedad entrópica de Verlinde es compatible con la Teoría de la Distinción solo en la medida en que se reformule como una aproximación de baja energía de la dinámica de gaps δ . Su sustrato holográfico debe ser reemplazado por la red de distinciones, y su entropía postulada debe ser reemplazada por $S = k_B N \ln 2$.*

39.4. Comparación con la Gravedad Cuántica de Bucles (LQG)

39.4.1. Enunciado de la teoría

La Gravedad Cuántica de Bucles (Rovelli, Smolin, Ashtekar) postula que el espacio-tiempo está cuantizado en bucles de espín que forman una red. El área y el volumen son operadores con espectro discreto. La teoría es independiente del fondo y no requiere un espacio-tiempo previo.

39.4.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **Los bucles como entidades postuladas.** LQG postula bucles de espín como objetos fundamentales. No los deriva de un principio más básico. La Teoría de la Distinción deriva la red de distinciones del Teorema de Contraste: las distinciones requieren otras distinciones, formando una red. Los bucles no se postulan; emergen como lazos relacionales.
2. **El área y el volumen como espectros, no como derivaciones.** LQG postula que el área y el volumen tienen espectros discretos. La Teoría de la Distinción demuestra $A = BN$ y que el volumen es una propiedad emergente de la red en $D = 3$. La discretización no se postula: es una consecuencia de la finitud operacional.
3. **El problema del tiempo.** LQG tiene el “problema del tiempo”: la ecuación de Wheeler-DeWitt no contiene tiempo. La Teoría de la Distinción deriva el tiempo como $\Delta N \geq 0$: el tiempo es el orden de efectuación de las distinciones. No hay problema del tiempo porque el tiempo no es fundamental.
4. **El sustrato de la red.** LQG postula una red de espines sin explicar de qué está hecha la red. La Teoría de la Distinción demuestra que la red está hecha de distinciones con costo B y que no hay un sustrato subyacente.

Corolario 39.9 (LQG como aproximación de la red de distinciones). *LQG es compatible con la Teoría de la Distinción solo si sus bucles de espín se reinterpretan como lazos relacionales de la red de distinciones, y su discretización del área se reinterpreta como la cuantización $A = BN$. El sustrato de la red debe ser eliminado.*

39.5. Comparación con la Gravedad Cuántica de Triangulaciones Causales (CDT)

39.5.1. Enunciado de la teoría

La Gravedad Cuántica de Triangulaciones Causales (Ambjørn, Jurkiewicz, Loll) aproxima el espacio-tiempo mediante triangulaciones causales discretas que se suman en una integral de caminos. La dimensión espectral emerge como $D_s \approx 2$ a pequeña escala y $D_s \approx 4$ a gran escala.

39.5.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **Las triangulaciones como entidades postuladas.** CDT postula triangulaciones causales como objetos fundamentales. No las deriva de un principio más básico. La Teoría de la Distinción deriva la red de distinciones y la dimensionalidad $D = 3$ sin necesidad de triangulaciones.
2. **La causalidad como supuesto, no como derivación.** CDT postula la causalidad como una estructura previa. La Teoría de la Distinción deriva la causalidad del orden de efectuación $\Delta N \geq 0$. La causalidad no se postula: emerge del crecimiento irreversible de N .
3. **La dimensión espectral como dato, no como derivación.** CDT produce $D_s \approx 2$ a pequeña escala mediante simulaciones numéricas, pero no deriva este resultado de principios fundamentales. La Teoría de la Distinción deriva $D = 3$ y el N mínimo para volumen genuino (27, 125, 63) como teoremas. La dimensionalidad no es un resultado de simulación: es un teorema.
4. **El sustrato geométrico.** CDT requiere un sustrato geométrico discreto (las triangulaciones). Por el Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico, este sustrato no puede ser fundamental: o es una configuración de distinciones (redundante) o es extrafísico (irrelevante).

Corolario 39.10 (CDT como método de aproximación, no como ontología). *CDT es un método computacional útil para aproximar la dinámica de redes de distinciones, pero su ontología (triangulaciones causales como objetos fundamentales) es insostenible. La Teoría de la Distinción proporciona el fundamento real – distinciones con costo B – del cual las triangulaciones son una aproximación.*

39.6. Comparación con la Termodinámica de Agujeros Negros (Bekenstein-Hawking)

39.6.1. Enunciado de la teoría

La termodinámica estándar de los agujeros negros (Bekenstein 1973, Hawking 1975) asigna a estos objetos una entropía $S = k_B A / (4\ell_P^2)$ y temperatura $T_H = \hbar c^3 / (8\pi G M k_B)$. La entropía es proporcional al área del horizonte, no al volumen.

39.6.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **La entropía como fórmula fenomenológica.** Bekenstein-Hawking postula $S = k_B A / (4\ell_P^2)$ como una fórmula fenomenológica. La Teoría de la Distinción deriva

$S = k_B N \ln 2$ y, con $B = 4\ell_P^2 \ln 2$, obtiene exactamente la misma expresión. La entropía no se postula: se cuenta.

2. **La temperatura como derivación externa.** Hawking deriva T_H de la teoría cuántica de campos en espacio-tiempo curvo, que presupone un fondo geométrico. La Teoría de la Distinción deriva T_H como tasa de relajación de saturación de una RSGM. No requiere un fondo cuántico de campos.
3. **El agujero negro como objeto con interior.** La termodinámica de agujeros negros presupone que el agujero negro tiene un interior (la singularidad). La Teoría de la Distinción interpreta los candidatos astrofísicos a agujero negro como RSGIM ($\delta = 0$) y sostiene que, en el régimen saturado, no existe la categoría de interior – ni siquiera como región inaccesible. La pregunta “¿qué hay dentro de un agujero negro?” es reemplazada por “¿qué hay en una región donde $\delta = 0$?” – la respuesta es: no hay distinciones realizables, y por tanto no hay referente físico para “dentro”.
4. **El horizonte como superficie geométrica.** La termodinámica de agujeros negros trata el horizonte como una superficie geométrica en un fondo de espacio-tiempo. La Teoría de la Distinción trata el horizonte como la superficie $\delta = 0$. No es una superficie geométrica: es una superficie de saturación de gaps.

Corolario 39.11 (Termodinámica de agujeros negros como límite de RSGM). *La termodinámica observada y modelada para candidatos a agujero negro es, en esta teoría, el límite de baja energía de la dinámica de RSGIM. Su entropía y temperatura son correctas en el régimen $A \gg B$, pero fallan en $A \sim B$ porque no tienen el mecanismo de saturación ($\delta \rightarrow 0$) que la Teoría de la Distinción proporciona.*

39.7. Comparación con el Flujo del Grupo de Renormalización (RG) y la EFT

39.7.1. Enunciado de la teoría

El grupo de renormalización (RG) describe cómo las teorías efectivas cambian con la escala de energía. La teoría efectiva (EFT) es una aproximación de baja energía de una teoría más fundamental, con operadores irrelevantes suprimidos por potencias de la escala de corte.

39.7.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **La escala de corte como parámetro libre.** La EFT postula una escala de corte Λ sin derivarla. La Teoría de la Distinción tiene una escala de corte natural, dada por la saturación de la cantidad físicamente efectiva: $\rho_{\text{máx}} = f(R)_{\text{máx}} = 1/B$. No hay escala de corte libre: la saturación de gaps proporciona el corte UV.
2. **Los operadores irrelevantes como postulados.** La EFT postula que los operadores irrelevantes están suprimidos por potencias de Λ . La Teoría de la Distinción demuestra que no hay operadores irrelevantes: $f(R) = R/(1 + BR)$ es exacta a todo orden. La serie de Taylor de $f(R)$ tiene coeficientes $\alpha_n = (-B)^{n-1}$, todos determinados por B .
3. **El flujo RG como ecuación derivada, no postulada.** El RG postula ecuaciones de flujo para los acoplamientos. La Teoría de la Distinción deriva un flujo genuino a partir de dos ingredientes ya establecidos: (i) R tiene dimensión canónica de masa², luego sin acoplamiento anómalo escala como $dR/d(\log \mu) = 2R$; (ii) la fracción de saturación adimensional $s := Bf(R) = BR/(1 + BR) \in [0, 1]$, ya definida por la propia forma de $f(R)$. Por regla de la cadena,

$$\frac{ds}{d(\log \mu)} = \frac{ds}{dR} \frac{dR}{d(\log \mu)} = \frac{B}{(1 + BR)^2} \cdot 2R = 2 \frac{BR}{1 + BR} \cdot \frac{1}{1 + BR} = 2s(1 - s).$$

Esta ecuación logística tiene ceros genuinos – ceros reales de su lado derecho – en $s = 0$ (IR, $R = 0$) y $s = 1$ (UV, el límite $R \rightarrow \infty$ en el que f satura en $1/B$). No se postula: se sigue de la dimensión canónica de R y de la definición de s dada por $f(R)$ misma.

4. **La jerarquía de escalas como supuesto.** La EFT supone una jerarquía de escalas sin explicarla. La Teoría de la Distinción demuestra la Ausencia de Escala Intermedia: no hay escalas intermedias entre B y las configuraciones macroscópicas. La jerarquía no es un supuesto: es un teorema.

Observación 39.12 (Por qué la variable correcta es s , no R). Una versión anterior de este capítulo afirmaba el flujo $dR/d(\log \mu) = BR^2$ con “puntos fijos $R = 0$ y $R = 1/B$ ”. Eso mezclaba dos nociones distintas de punto fijo: la saturación de $f(R)$ en $R \rightarrow \infty$ (una propiedad de la función f) con los ceros de una ecuación de flujo en R (que, para $dR/dt = BR^2$, solo se anula en $R = 0$: $B \cdot (1/B)^2 = 1/B \neq 0$). La derivación correcta – usando la dimensión canónica de R y la variable de saturación $s = Bf(R)$ ya definida por la propia teoría – muestra que el objeto que sí tiene dos ceros genuinos no es R sino s , y que ambos ceros, $s = 0$ y $s = 1$, corresponden exactamente a los dos regímenes que el Capítulo 14 ya identificó como IR y UV.

Corolario 39.13 (EFT como aproximación de baja energía de la dinámica de gaps). *La EFT es una aproximación válida en el régimen $BR \ll 1$. Pero su ontología (escalas de corte, operadores irrelevantes, acoplamientos libres) es reemplazada por la Teoría de la Distinción: la escala de corte es $1/B$, los operadores están determinados por $f(R)$, y los acoplamientos están fijados por B .*

39.8. Comparación con el Modelo Estándar y Λ CDM

39.8.1. Enunciado de la teoría

El Modelo Estándar de la física de partículas describe tres interacciones fundamentales (electromagnética, débil, fuerte) mediante el grupo gauge $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, con 19+ parámetros libres. Λ CDM es el modelo cosmológico estándar que incluye materia oscura fría y una constante cosmológica Λ .

39.8.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **Los grupos gauge como postulados, no como derivaciones.** El Modelo Estándar postula $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ como simetrías gauge. La Teoría de la Distinción deriva $U(1)$ del gap, pero demuestra que $SU(2)$ y $SU(3)$ no son derivables (Teorema de Ausencia de Escala Intermedia). No son objetos de la teoría.
2. **Los 19+ parámetros libres como ajustes.** El Modelo Estándar tiene 19+ parámetros libres (masas, ángulos de mezcla, acoplamientos). La Teoría de la Distinción demuestra que estos parámetros no pertenecen a Q y están fuera del dominio de la teoría. No son ajustables: son irrelevantes para la estructura fundamental.
3. **La constante cosmológica Λ como dato.** Λ CDM postula $\Lambda \neq 0$ como un parámetro libre ajustado a la expansión acelerada. La Teoría de la Distinción demuestra $\Lambda_{\text{eff}} = 0$ exactamente. La energía oscura observada debe ser reexplicada como consecuencia de la curvatura media R .
4. **La materia oscura como entidad no distinguible.** Λ CDM postula materia oscura fría sin un mecanismo de detección directa. La Teoría de la Distinción no elimina la necesidad observacional de materia oscura: el cálculo de campo débil muestra que la corrección de $f(R) = R/(1+BR)$ al potencial newtoniano es de orden BR y no tiene ningún alcance finito intermedio (Teorema de No Escala Intermedia), por lo que las curvas de rotación galácticas

y la dinámica de cúmulos requieren la misma masa no bariónica que en Relatividad General estándar. La teoría reproduce la ontología de Λ CDM en este punto; no la reemplaza.

Corolario 39.14 (Modelo Estándar y Λ CDM como teorías efectivas de dominio limitado). *El Modelo Estándar y Λ CDM son teorías efectivas válidas en su dominio de aplicación. Pero su ontología – grupos gauge postulados, parámetros libres, constante cosmológica, materia oscura – no es fundamental. La Teoría de la Distinción proporciona el fundamento real: distinciones con costo B , gaps δ , RSGM y $f(R) = R/(1 + BR)$.*

39.9. Comparación con la Mecánica Cuántica Estándar

39.9.1. Enunciado de la teoría

La Mecánica Cuántica estándar (Heisenberg, Schrödinger, Dirac, von Neumann) describe sistemas mediante estados en un espacio de Hilbert, observables como operadores, y evolución unitaria dada por la ecuación de Schrödinger. El colapso de la función de onda y la regla de Born son postulados adicionales.

39.9.2. Evaluación desde la Teoría de la Distinción

1. **El espacio de Hilbert como postulado.** La Mecánica Cuántica postula un espacio de Hilbert como el espacio de estados. La Teoría de la Distinción propone investigar si la fase $U(1)$ puede dar lugar a una representación efectiva de estados. El espacio de Hilbert no se adopta como ontología; la emergencia de su estructura completa permanece condicionada a demostrar los puentes matemáticos correspondientes.
2. **La regla de Born como postulado.** La Mecánica Cuántica postula la regla de Born $P(i) = |\langle i|\psi\rangle|^2$. La Teoría de la Distinción identifica la regla de Born como una correspondencia compatible con un invariante cuadrático $U(1)$, pero no la presenta como derivación cerrada hasta demostrar la unicidad de la medida probabilística y su conexión con las operaciones realizables.
3. **El conmutador $[x, p] = i\hbar$ como postulado.** La Mecánica Cuántica postula el conmutador canónico. La Teoría de la Distinción propone estudiar si el generador de la fase puede reproducir el conmutador canónico. Esa correspondencia requiere demostrar la representación de posición, momento, dominios y normalización; no se afirma como consecuencia automática de $U(1)$.
4. **El colapso como finalización de una distinción.** La Mecánica Cuántica estándar introduce el colapso como regla de medición. La Teoría de la Distinción lo identifica con la finalización o saturación local de una distinción: la selección relacional transforma una superposición de alternativas operacionalmente distinguibles en una configuración efectivamente realizada. El proceso no requiere una entidad adicional ni un postulado de colapso separado.
5. **La energía del vacío como divergencia.** La Mecánica Cuántica de campos predice una densidad de energía del vacío infinita o enorme. La Teoría de la Distinción predice $E_{\text{vac}} = 0$ exactamente porque $N = 0$ en el vacío. No hay divergencia UV porque los grados de libertad son holográficos.

39.10. Criterio de existencia: realidad inferida frente a realidad distinguible

Varios formalismos admiten como real algo sin consecuencias distinguibles para nosotros: universos causalmente desconectados (multiverso, inflación eterna), las ramas no observadas de la interpretación de Everett, las posiciones exactas inaccesibles de la mecánica de Bohm, el

espacio absoluto de Newton o el éter, y dimensiones extra compactificadas sin mecanismo de contraste. No es un error lógico de esas teorías: su criterio de existencia es otro. Para ellas, es real lo que la mejor teoría disponible necesita o implica; existencia y accesibilidad son predicados separables.

Para la Teoría de la Distinción, existir físicamente es distinguirse de la inexistencia. Una “información” que no se distingue de la inexistencia es información nula, $I(D) = 0$. Hay, por tanto, dos sentidos de la palabra: información como *estado o descripción* de algo (accesible o no) e información como *distinción realizada*. La divergencia es de criterio, no de predicciones, y ningún experimento la decide por sí solo.

La teoría añade tres precisiones. Primero, distingue lo inalcanzable por tecnología (contrastable en principio, como los ecos o el término logarítmico) de lo inalcanzable por definición (sin ninguna consecuencia distinguible concebible): solo lo segundo queda fuera de Ámbito. Segundo, si tales configuraciones existieran, serían configuraciones de B dentro de la misma totalidad (la proposición sobre la configuración interna de lo externo), sin añadir contenido físico a lo que ya es medible. Tercero, el costo de este criterio es explícito: depende de que se acepte que la existencia física exige distinción realizable, tesis de tipo operacional que un crítico puede rechazar. Esa es la parte filosófica de la discusión; lo contrastable se encuentra en las predicciones de este capítulo.

39.11. Tabla Resumen de Compatibilidad

Cuadro 39.1: Comparación de compatibilidad ontológica con la Teoría de la Distinción.

Teoría	¿Postula entidades extrafísicas?	¿Deriva $B > 0$?	Compatibilidad
Gravedad Entrópica	Sí (sustrato holográfico)	No	Efectiva
LQG	Sí (bucles de espín como primitivos)	No	Efectiva
CDT	Sí (triangulaciones causales)	No	Efectiva
Termodinámica BH	Sí (agujero negro con interior)	No	Límite de RSGM
RG / EFT	Sí (escala de corte libre)	No	Aproximación
Modelo Estándar	Sí ($SU(2)$, $SU(3)$, 19+ params.)	No	Dominio limitado
Λ CDM	Sí (Λ , materia oscura)	No	Dominio limitado
Mecánica Cuántica	Sí (espacio de Hilbert como postulado)	No	Límite de distinguibilidad
Teoría de la Distinción	No	Sí (teorema)	Fundamental

39.12. Conclusión de la Comparación

Todas las teorías examinadas son compatibles con la Teoría de la Distinción en la medida en que se reinterpretan como aproximaciones efectivas de la dinámica de distinciones y gaps. Pero ninguna de ellas es fundamental, porque todas requieren al menos una entidad que la Teoría de la Distinción demuestra que no puede existir físicamente:

- Un sustrato pregeométrico (refutado por el Teorema de Inexistencia Física del Sustrato Pregeométrico).
- Una escala de corte no derivada (reemplazada por la saturación $\rho_{\text{máx}} = f(R)_{\text{máx}} = 1/B$).

- Grupos gauge postulados (reemplazados por $U(1)$ del gap; $SU(2)$ y $SU(3)$ son no derivables).
- Parámetros libres (excluidos por el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia).
- Un espacio de Hilbert reificado como fundamento (sustituido por una representación efectiva condicionada).
- Una constante cosmológica (excluida por $\Lambda_{\text{eff}} = 0$).
- Un agujero negro con interior (reemplazado por RSGM, $\delta = 0$).

La materia oscura no figura en esta lista: el cálculo de campo débil muestra que esta teoría, a diferencia de los demás ítems, no elimina esa necesidad observacional, sino que la reproduce con el mismo contenido que Λ CDM.

La validez de la Teoría de la Distinción no depende de justificar, validar ni clasificar globalmente a las demás teorías. Su fundamento es su propia cadena demostrativa: el Teorema del Cuanto establece $B > 0$; la composición aritmética da $A_{\text{tot}} = BN$ e $I_{\text{tot}} = N$; y los teoremas de inmanencia, exclusión y geometría desarrollan las consecuencias que sus premisas autorizan. Las comparaciones de este capítulo son evaluaciones particulares y no condiciones de validez del núcleo.

No hay un fundamento previo sobre el cual las distinciones se apoyen. Las distinciones son el fundamento.

40. Predicciones Falsables y Correspondencia sin Ajuste con las Teorías Establecidas

40.1. Principio general

Por el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia, la Teoría de la Distinción tiene exactamente un parámetro dimensional, B , ya fijado por el Capítulo 26 y confirmado en este documento mediante la entropía de Wald. No hay parámetros libres adicionales que puedan ajustarse a posteriori para acomodar una observación. En consecuencia, cada predicción de este capítulo es, en principio, falsable sin margen de maniobra: si una medición la contradice, no hay un segundo parámetro con el que absorber la discrepancia.

Las predicciones que siguen se presentan con su estatus epistémico explícito: teoremas demostrados en este documento, resultados que reproducen el orden de magnitud observado sin ser aún predicciones numéricas discriminantes, predicciones numéricas definidas pero por debajo del umbral de sensibilidad instrumental actual, y resultados que provienen de la Teoría Σ (documento hermano) y no han sido derivados aquí con el mismo rigor que el resto del capítulo.

Observación 40.1 (Predicciones independientes de la traducción dimensional). Las predicciones de este capítulo se separan por su dependencia de la conversión $B_{\text{dim}} = 4\ell_P^2 \ln 2$ (Teorema 29.2). *No dependen de ella*: la entropía exactamente proporcional a A/B , el coeficiente logarítmico nulo $c_{\log} = 0$, la detención de la evaporación cuando $A \sim B$ y la ausencia de escalas intermedias. *Dependen de ella*: la masa mínima del remanente en kilogramos, el retraso de los ecos en segundos y toda cifra expresada en unidades convencionales. Si la ley de área de Bekenstein–Hawking se modificara, el segundo grupo debe recalcularse; el primero queda intacto y es el que puede refutar la teoría.

40.2. Escala de laboratorio y régimen intermedio

La predicción más fuerte de este rango de escalas es que no hay ninguna: el Teorema de Ausencia de Escala Intermedia demuestra que toda cantidad adimensional construye a partir de $f(R) = R/(1 + BR)$ y sus derivadas en los puntos fijos $R = 0, 1/B$ pertenece a un conjunto discreto de fracciones simples $\{0, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots\}$, y que las constantes adimensionales del Modelo Estándar (α_{EM} , $\sin^2 \theta_W$, α_s , m_μ/m_e , ...) no pertenecen a ese conjunto. La teoría no tiene estructura para generarlas ni para modificarlas.

Esto es una predicción falsable en el sentido estricto: cualquier desviación medida del Modelo Estándar o de la Relatividad General en el régimen de laboratorio o de sistema solar – incluyendo los parámetros PPN – falsaría inmediatamente la teoría, porque no hay ningún parámetro adicional con el que absorber esa desviación. La ausencia de desviación observada hasta la fecha es, por tanto, evidencia a favor.

40.3. Régimen de curvatura fuerte: Regiones de Saturación Geométrica Máxima

40.3.1. Ausencia de singularidad y de interior

Por el Teorema de Inexistencia de Interior en RSGM, lo que la Relatividad General interpreta como un agujero negro con singularidad interior es, en esta teoría, una región donde $\delta(x) = 0$ y $\rho(x) = 1/B$ en todo punto – un límite de la descripción continua, no un colapso de la realidad. No hay una predicción numérica nueva aquí distinta de GR en el exterior del horizonte ($G_{\mu\nu} \approx 8\pi GT_{\mu\nu}$ para $BR \ll 1$), pero sí una predicción estructural: no debe encontrarse evidencia de una singularidad física real dentro de ningún horizonte, en ningún régimen.

40.3.2. Coeficiente logarítmico nulo

Por el Teorema de Ausencia de Corrección Subdominante y su Corolario, el coeficiente del término logarítmico subdominante en la entropía de un agujero negro es exactamente

$$c_{\log} = 0.$$

Esta es una predicción discriminante frente a otros enfoques (LQG, cuerdas) que sí predicen $c_{\log} \neq 0$ (típicamente $c_{\log} = -1/2$ o similar, según el marco). Cualquier cálculo independiente – por ejemplo, conteo de microestados en una teoría de cuerdas específica, o holografía AdS/CFT aplicada a un análogo – que mida $c_{\log} \neq 0$ para el mismo sistema falsaría este punto concreto sin afectar a ningún otro teorema del documento.

40.3.3. Masa mínima de saturación

Por el Capítulo 16 y la definición de saturación total, la evaporación de Hawking se detiene cuando el área de la RSGM se aproxima a $A \sim B$, no en $A = 0$. Usando $B = 4\ell_P^2 \ln 2$, esto corresponde a una masa mínima de RSGM del orden de la masa de Planck,

$$M_{\min} \sim \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2.18 \times 10^{-8} \text{ kg}.$$

No hay evaporación completa ni pérdida final de información: el remanente es un objeto de área mínima $\sim B$, establemente saturado.

40.3.4. Ecos gravitacionales en fusiones de RSGM

Observación 40.2 (Sentido representacional de “frontera reflectante”). En lo que sigue, “frontera reflectante” y “superficie reflectante” son términos de la geometría representacional de Schwarzschild: una condición de frontera para la ecuación de perturbación en la coordenada radial r , no la afirmación de que existan dos dominios físicos – interior y exterior – separados por una membrana. Por el Teorema de Inexistencia de Interior en RSGM, no hay un interior cuyos grados de libertad deban contarse ni excluirse; lo que ocurre es que la interfaz operacional exterior no admite transmitir la perturbación hacia una región ulterior, porque esa región no tiene referente físico.

Puesto que una RSGM no tiene horizonte absorbente en el sentido de GR sino una interfaz de saturación que, en la descripción representacional, se comporta como reflectante para perturbaciones de muy baja amplitud, la señal de ringdown tras la fusión de dos RSGM debería mostrar ecos repetidos con retraso característico, del mismo tipo cualitativo que los propuestos en la literatura para “exóticos compactos” (Cardoso, Franzin & Pani 2016; Abedi, Dykaar & Afshordi 2017).

Teorema 40.3 (Estructura logarítmica del retraso, desde la coordenada tortuga). *Sea $r_* = r + r_s \ln(r/r_s - 1)$ la coordenada tortuga estándar de Schwarzschild, $r_s = 2GM/c^2$. Para una superficie reflectante situada a distancia radial $\varepsilon \ll r_s$ por encima de r_s (en vez del horizonte absorbente de GR), el tiempo de ida y vuelta de una perturbación entre la esfera de fotones ($r \approx 1.5 r_s$) y dicha superficie es*

$$\Delta t_{\text{echo}} \approx \frac{2r_s}{c} \left| \ln \left(\frac{\varepsilon}{r_s} \right) \right| + \mathcal{O}(r_s/c),$$

por divergencia logarítmica estándar de r_ cerca de r_s . Esta parte de la derivación es geometría estándar de Schwarzschild con una condición de frontera reflectante, no un resultado importado.*

Observación 40.4 (Qué es genérico de GR y qué aporta esta teoría). Debe distinguirse con precisión entre dos partes de este resultado. La estructura logarítmica del retraso – que Δt_{echo}

diverja como $\ln(\varepsilon/r_s)$ cuando la frontera reflectante se acerca a r_s – es una consecuencia genérica de la geometría de Schwarzschild con cualquier condición de frontera reflectante a distancia ε del horizonte clásico; no es un resultado exclusivo de la Teoría de la Distinción, y aparece igual en cualquier modelo de “exótico compacto” con esa misma condición de frontera. Lo único que esta teoría aporta de propio es una razón física derivada, no postulada, para que la frontera sea reflectante en vez de absorbente: el Teorema de Inexistencia de Interior en RSGM.

La separación ε no es un parámetro libre ni puede ser una escala nueva: por el Teorema de No Escala Intermedia (Teorema 3.1) solo puede quedar fijada por el conteo $N \cdot B$ de la propia frontera saturada. Ese valor no se ha derivado aquí: falta resolver la ecuación de perturbación sobre el perfil explícito de $\delta(r)$ en la región de transición entre el exterior tipo Schwarzschild y la RSGM saturada, que es lo que fijaría ε (y el prefactor numérico completo, y la forma del pulso). Mientras esa solución no exista, esta predicción debe leerse como: mecanismo cualitativo derivado (frontera reflectante) aplicado a una fórmula que en su forma matemática es estándar de GR, con ε sin determinar.

40.3.5. Temperatura y entropía de Hawking

Con la entropía establecida en los Capítulos 15, 45, 46 y 49, $S = k_B(A/B) \ln 2$ y $T_H = \hbar c^3/(8\pi G M k_B)$ coinciden exactamente con Bekenstein-Hawking, sin aproximación, para $B = 4\ell_P^2 \ln 2$. Verificado numéricamente a precisión de máquina.

40.4. Predicciones cosmológicas

40.4.1. Constante cosmológica estructural

Por el Teorema de Unicidad de $f(R)$, la condición $f(0) = 0$ es una de las condiciones que fijan $f(R) = R/(1 + BR)$ de forma única; en consecuencia $\Lambda_{\text{eff}} = 0$ exactamente, sin ajuste. Esto contrasta con Λ CDM, donde Λ es un parámetro libre ajustado a la expansión observada. La teoría no tiene un Λ estructural que ajustar: la aceleración observada debe explicarse enteramente por la densidad de energía de vacío regulada por curvatura, no por un término cosmológico aparte.

40.4.2. Densidad de energía del vacío

Por el Teorema de Densidad de Energía del Vacío, la densidad de energía del vacío está regulada por la curvatura cosmológica media, no por el corte ultravioleta:

$$\rho_{\text{vac}} \sim \frac{H^2}{G} \sim 10^{-27} \text{ kg/m}^3,$$

reproduciendo el orden de magnitud del valor observado sin el ajuste fino de 10^{123} órdenes de magnitud que exhibe la estimación estándar de teoría cuántica de campos con corte en la escala de Planck. Es una explicación cualitativa del orden de magnitud, no una predicción numérica de precisión creciente con los datos.

40.4.3. Ecuación de estado variable $w(z)$

El Capítulo 50 predice

$$w(z) = -1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\Omega_m(z)}{1 - \Omega_m(z)} \cdot \frac{1}{N_{\text{bits}}(z)},$$

con $w \neq -1$ exactamente, en contraste con la Λ constante de Λ CDM. La desviación predicha es del orden de 10^{-120} respecto a los umbrales de detección actuales y previstos por DESI, Euclid y LSST: correcta en signo y mecanismo, pero sin capacidad de discriminación observacional cercana. Es una diferencia cualitativa de principio frente a Λ CDM, no una predicción inminentemente contrastable.

40.5. Materia oscura

El límite de campo débil del Capítulo 30 establece que la teoría reproduce Relatividad General con correcciones de orden BR y que, por el Teorema de No Escala Intermedia, no existe ninguna corrección de alcance finito al potencial newtoniano:

$$\Phi(r) = -\frac{GM}{r} [1 + \mathcal{O}(BR)]$$

para toda escala física relevante – galáctica, de cúmulo o cosmológica. La velocidad circular predicha es exactamente newtoniana, $v_c^2(r) = GM(r)/r$, determinada solo por masa bariónica.

Por tanto: esta teoría no explica las curvas de rotación planas, ni la dinámica de cúmulos, ni el crecimiento de estructura cósmica sin materia oscura. Requiere la misma cantidad de masa no bariónica que Λ CDM y Relatividad General estándar. El resultado se sigue directamente del Teorema de Ausencia de Escala Intermedia aplicado al límite de campo débil, y es falsable en el mismo sentido que el resto de los teoremas de este documento: una desviación medida de la gravedad newtoniana a una escala intermedia (por ejemplo, un apantallamiento de alcance finito) contradiría el Teorema de No Escala Intermedia, y la teoría en su forma actual no la admite.

40.6. Correspondencias exactas sin ajuste con RG, Λ CDM y Mecánica Cuántica

Esta es la sección donde se resumen correspondencias que la construcción ya establece: no reproduce estos resultados mediante un ajuste posterior, sino mediante límites algebraicos de $f(R) = R/(1+BR)$ y de la estructura $U(1)$ del gap, sin ningún parámetro adicional a B . Cuando una correspondencia requiere un puente aún no cerrado, ese límite se marca explícitamente; esa condición no rebaja los teoremas independientes que lo sostienen.

- **Relatividad General:** para $BR \ll 1$, $f(R) \rightarrow R$ y las ecuaciones de campo se reducen exactamente a $G_{\mu\nu} \approx 8\pi GT_{\mu\nu}$. No es una aproximación fenomenológica: es el límite algebraico de una función racional con un único parámetro.
- **Mecánica Cuántica:** el manuscrito ofrece una representación efectiva de fase y una ruta condicional hacia el conmutador, la regla de Born y el principio de incertidumbre. No afirma que esas leyes estén ya derivadas exclusivamente de la topología $U(1)$; los puentes faltantes quedan identificados en el Capítulo 49.
- **Termodinámica de Bekenstein-Hawking:** $S = k_B A/(4\ell_P^2)$ y $T_H = \hbar c^3/(8\pi GM k_B)$, exactos, verificados a precisión de máquina contra la entropía de Wald.
- **Parámetros PPN:** $\gamma_{PPN} = \beta_{PPN} = 1$ hasta correcciones $\mathcal{O}(BR)$, derivados del límite de Einstein de $f(R) = R/(1+BR)$, sin recurrir a hipótesis externas, a un sustrato pregeométrico ni a una longitud de apantallamiento: no hay escala intermedia.
- **Flujo del Grupo de Renormalización:** $f(R)$ define la variable de saturación $s = Bf(R) \in [0, 1)$, con flujo derivado $ds/d(\log \mu) = 2s(1-s)$ (escalamiento canónico de R más regla de la cadena), con ceros genuinos en $s = 0$ (IR) y $s = 1$ (UV, saturación). No se ha comparado numéricamente en este documento con un flujo de acoplamiento de una teoría de gauge específica.

40.7. Tabla resumen

Cuadro 40.1: Predicciones y estatus epistémico.

Predicción	Estatus	Nota
Ausencia de escala intermedia / SM	Demostrado	Falsable por cualquier desviación en régimen de laboratorio
Ausencia de singularidad / interior RSGM	Demostrado	Estructural, no numérica
$c_{\log} = 0$	Demostrado	Falsable frente a LQG/cuerdas
Masa mínima RSGM $\sim M_P$	Demostrado	
Ecos gravitacionales	Mecanismo derivado; fórmula genérica de GR	Frontera reflectante derivada; la estructura logarítmica es genérica de GR; ε sin determinar
S, T_H de Bekenstein-Hawking	Demostrado	Verificado a precisión de máquina
$\Lambda_{\text{eff}} = 0$	Demostrado	
$\rho_{\text{vac}} \sim H^2/G$	Cualitativo	Orden de magnitud, no ajuste fino
$w(z) \neq -1$	Falsable, no discriminante hoy	$\Delta w \sim 10^{-120}$ bajo sensibilidad actual
Curvas de rotación sin materia oscura	Demostrado (resultado negativo)	Sin corrección de alcance finito (No Escala Intermedia); se requiere la misma materia oscura que Λ CDM
Ecuaciones de campo, límite de campo débil	Demostrado	Límite de Einstein con corrección $\mathcal{O}(BR)$; ninguna modificación a escalas intermedias
Límite GR ($BR \ll 1$)	Demostrado	
Estructura de Mecánica Cuántica	Condicional	Ver Capítulo 49
Parámetros PPN	Demostrado	$\gamma_{PPN} = \beta_{PPN} = 1 + \mathcal{O}(BR)$, derivados del límite de Einstein
Puntos fijos RG de $f(R)$	Demostrado (estructural)	Sin comparación numérica con una teoría de gauge específica

Programa de demostración desde la realizabilidad física

La Teoría de la Distinción no necesita negar los éxitos predictivos del Modelo Estándar ni de la mecánica cuántica para disputarles el estatuto de fundamento ontológico. La exigencia de Ámbito es anterior: toda entidad fundamental debe corresponder a una distinción físicamente realizable, distinguible, derivable y falsable. El éxito de una representación matemática no convierte automáticamente sus objetos en sustancias fundamentales.

La clasificación del programa no rebaja los resultados ya demostrados. Los objetivos que todavía requieren puentes adicionales se ordenan así: (i) demostrar capacidad finita bajo soporte delimitado; (ii) demostrar equivalencia operacional de configuraciones indistinguibles; (iii) derivar la lectura binaria y su álgebra efectiva; (iv) calcular relaciones adimensionales a partir de agrupaciones y correlaciones de B ; y (v) producir una predicción independiente que distinga el marco de las teorías efectivas existentes.

Renormalización y realizabilidad. La renormalización no se califica aquí de error ni se usa como prueba automática de discreción. Su función puede producir observables finitos a partir de una representación con cantidades intermedias divergentes. El punto de Ámbito es más

preciso: una cantidad infinita que no puede registrarse ni distinguirse operacionalmente no es un observable físico dentro del ámbito finito. La obligación de la teoría es mostrar qué estructura de distinciones finitas reemplaza esa idealización y qué predicciones nuevas produce.

Parámetros y explicación. Un valor medido no es por ello arbitrario, pero tampoco queda explicado por el mero hecho de introducirlo en una ecuación. La teoría gana terreno solo si calcula relaciones físicas sin calibración interna, usando $B = 1$ y sus agrupaciones y correlaciones, y si el cálculo se compara con una medición que no haya participado en la construcción. La conversión a metros, segundos, kilogramos u otras unidades pertenece a una capa externa y convencional.

Mecánica cuántica, Hilbert, Bohr y Bell. Hilbert queda fuera como ontología fundamental y dentro únicamente como representación efectiva verificable, si existe un mapa explícito entre estados, operadores, probabilidades y operaciones realizables. Bohr queda fuera como postulado ontológico y dentro únicamente como referencia descriptiva de restricciones experimentales que deben expresarse en términos de exclusión, soporte y procedimientos incompatibles. Bell pertenece a Ámbito por sus datos experimentales: una realización relacional debe reproducir las correlaciones, la no señalización y las condiciones de prueba.

Estado lógico de los resultados. La cota $|S| \leq 2\sqrt{2}$ queda demostrada dentro de la representación efectiva cuando se especifican observables binarios autoadjuntos, composición entre regiones y la estructura algebraica correspondiente. Lo que permanece como programa es demostrar que esa representación emerge necesariamente de la red inmanente y de $B = 1$. Del mismo modo, la capacidad finita queda cerrada para regiones que satisfacen (H1)–(H4); no se extiende sin más a toda geometría o a todo soporte si esas condiciones aún no se han derivado.

derecho y la suficiencia de la red para reconstruir una métrica única.

Sólo después de ese paso podrá estudiarse si una respuesta por arista admite un límite tensorial continuo. Hasta entonces, tal respuesta es una cantidad conjugada discreta, no un tensor energía-momento ya establecido.

40.8. Clasificación epistemológica

Para mantener la cadena de dependencia lógica, cada afirmación dinámica se clasificará en una de estas categorías:

Derivada: se sigue de resultados previos de la teoría, sin premisas dinámicas externas.

Condicional: se sigue si se demuestra la condición operacional o matemática indicada.

Candidata: es una representación matemática útil cuya forma no ha sido seleccionada por la teoría.

Abierta: la teoría todavía no determina una regla única ni ofrece el contraste necesario.

Esta clasificación no prohíbe explorar acciones, corrientes o límites continuos. Impide presentarlos como consecuencias físicas antes de cerrar sus puentes de realizabilidad. El resultado actualmente admisible es más modesto y preciso: conectividad Γ , estado estructural δ y orientación de fase U pueden formar una descripción relacional común; la ley que gobierna sus transiciones y la correspondencia con gravedad o electromagnetismo siguen sujetas al filtro de Ámbito.

Apéndice

A. Simulación de Gaps a $f(R)$ y RSGM – Evidencia Corroborativa

A.1. Metodología

La simulación parte de una red de distinciones B con gaps δ . El único parámetro es la densidad de energía, que comprime δ .

A.2. Resultados

SIM1: Compresión de δ . Red con compresión central. Cuando la energía aumenta, $\delta \rightarrow 0$ en el centro. Los bits B no desaparecen. El canal alcanza su costo elemental y se satura.

SIM2: Curvatura aparente vs. densidad real. $R = 1/\delta$ diverge aparentemente. Es lo que GR llama “singularidad”. $\rho = 1/(B + \delta)$ es finita siempre. Va a $1/B$ cuando $\delta \rightarrow 0$. $f(R) = 1/(B + \delta)$ satura aunque R diverge. GR diverge, la Teoría de la Distinción se queda en $1/B$.

SIM3: Horizonte $= \delta = 0$. Campo δ se cierra al centro. Contorno donde $\delta = 0$: horizonte operacional. R diverge solo en el punto central. $f(R)$ queda regular, $= 1/B$, no hay infinito.

SIM4: Perfil de RSGM. $f(R)$ lineal fuera del horizonte ($f \approx R$), saturada en $1/B$ dentro. δ salta en el horizonte como en GR, pero $f(R)$ no. En GR R diverge a ∞ . En la Teoría de la Distinción, la divergencia es solo aparente ($R = 1/\delta$), y la información se queda finita.

SIM5: Entropía de una RSGM. RSGM esférica de radio r_H y área $A = 4\pi r_H^2$. $S_{\text{RSGM}} = k_B(A/B) \ln 2$. Finita, exacta, sin correcciones logarítmicas; coincide con $k_B A/(4\ell_P^2)$ al sustituir $B = 4\ell_P^2 \ln 2$.

SIM6: Radiación de Hawking como reorganización en la interfaz operacional exterior. Una RSGM tiene $\delta_e = 0$ en la totalidad de su clase relacional – no en un “interior” separado de un “exterior”. La reorganización de relaciones abiertas en la interfaz operacional exterior abre temporalmente $\delta > 0$ en uno de esos canales, reduciendo en una unidad el número de saturación N de la región. La RSGM se reorganiza en su interfaz: su área disminuye, su entropía disminuye, emite radiación. $T_H = \hbar c^3/(8\pi G M k_B)$. Temperatura de Hawking, pero interpretada como tasa de relajación de saturación. Cuando el área se acerca a $A \sim B$, la saturación es total y la evaporación se detiene. No hay singularidad final.

SIM7: Cierre – Wald vs. microestados. Verifica numéricamente, a precisión de máquina, que la entropía de Wald para $f(R) = R/(1 + BR)$, el conteo de microestados $S_{\text{micro}} = k_B(A/B) \ln 2$, y la entropía de Bekenstein-Hawking $S_{BH} = k_B A/(4\ell_P^2)$ coinciden exactamente cuando $B = 4\ell_P^2 \ln 2$. En el régimen astrofísico (1 a $10^{10} M_\odot$), $BR_h \ll 1$ en todo el rango (entre 10^{-77} y 10^{-95}), de modo que $f'(R_h) \rightarrow 1$ y la entropía de Wald se reduce a la forma de Bekenstein-Hawking. Un barrido en B como parámetro libre muestra que $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ es la única intersección entre $S_{\text{micro}}(B)$ y S_{Wald} ; en particular, $B = \ell_P^2$ no la satisface (discrepancia de factor $4 \ln 2 \approx 2.77$).

A.3. Compatibilidad con la realidad

Cuadro A.1: Compatibilidad con GR en distintos regímenes.

Régimen	GR	Teoría de la Distinción
Áreas grandes $A \gg B$	$S = A/(4\ell_P^2)$	$S = (A/B) \ln 2$ – idénticos con $B = 4\ell_P^2 \ln 2$
Áreas pequeñas $A \sim B$	$R \rightarrow \infty$ (singularidad)	$\rho \rightarrow 1/B$, $f \rightarrow 1/B$ – regular
Horizonte	$r_s = 2GM/c^2$	$r_H = r_s$ (mismo radio)
Temperatura	$T_H = \hbar c^3/(8\pi GM k_B)$	$T_H = \hbar c^3/(8\pi GM k_B)$ (idéntica)
Singularidad final	Sí	No – se detiene en $A \sim B$

Predicción falsable: si se observan regiones con $A \sim B$ y entropía finita, es la Teoría de la Distinción.

A.4. Conclusión de la simulación

1. Agrupar $B + \text{gaps } \delta$ es posible.
2. Comprimir δ por energía es posible.
3. Genera curvatura emergente $R = 1/\delta$ y densidad $\rho = 1/(B + \delta)$ automáticamente.
4. Horizonte = $\delta = 0$, no singularidad.
5. Para área grande, idéntico a GR y a Bekenstein-Hawking.
6. Los objetos astrofísicos identificados como candidatos a agujero negro se interpretan relacionamente como RSGIM; la teoría niega el interior clásico, no la existencia observacional de esos candidatos.

B. Código Completo de Verificación Numérica

Este apéndice reproduce íntegramente `sigma_sim.py`, el script que genera las figuras del Apéndice B (SIM1–SIM7) y las dos figuras adicionales de los Capítulos 14 y 51, y que imprime por consola la verificación numérica de cada afirmación cuantitativa citada en el texto: la identidad algebraica $f(R(\delta)) = \rho(\delta)$, la coincidencia exacta $S_{\text{micro}} = S_{BH}$ para $B = 4\ell_P^2 \ln 2$, la saturación de $f(R)$ en $1/B$, y la resolución numérica de B que iguala la entropía de Wald con el conteo de microestados. Cualquier lector con Python 3, numpy, matplotlib y scipy puede ejecutarlo y reproducir cada número y cada gráfica.

```
#!/usr/bin/env python3
# sigma_sim.py -- Verificacion numerica de la Teoria de la Distincion
#
# Reproduce cada numero y figura del documento:
# - Identidad algebraica f(R(delta)) = rho(delta)
# - Coincidencia exacta S_micro = S_BH para B = 4*1P^2*ln2
# - Saturacion de f(R) en 1/B
# - Resolucion numerica de B que iguala Wald y microestados
#
# Uso: python3 sigma_sim.py
# Salidas: figs/*.png, figs/*.pdf, prints con verificaciones

import numpy as np
import matplotlib
matplotlib.use("Agg")
import matplotlib.pyplot as plt
from pathlib import Path
from scipy.optimize import brentq

OUTDIR = Path("figs")
OUTDIR.mkdir(exist_ok=True)

# Constantes fisicas reales
hbar = 1.054571817e-34 # J*s
G = 6.67430e-11 # m^3 kg^-1 s^-2
c = 2.99792458e8 # m/s
kB = 1.380649e-23 # J/K
Msun = 1.98892e30 # kg
1P2 = hbar * G / c**3 # 1P^2 [m^2]
B_phys = 4 * 1P2 * np.log(2) # B = 4 1P^2 ln2 (Cap. 26)

def savefig(fig, name):
    fig.savefig(f"{OUTDIR}/{name}.png", bbox_inches="tight")
    fig.savefig(f"{OUTDIR}/{name}.pdf", bbox_inches="tight")
    plt.close(fig)
    print(f"guardado: {name}.png / {name}.pdf")

# =====
# CIERRE -- Wald vs. microestados
# =====
def cierre_wald_vs_microestados():
    G_ = G
    M_arr = np.logspace(0, 10, 300) * Msun # 1 a 1e10 masas solares
    rs = 2 * G_ * M_arr / c**2
    A_h = 4 * np.pi * rs**2
    R_h = 1.0 / rs**2
    BR_h = B_phys * R_h
    fprime = 1.0 / (1 + B_phys * R_h) ** 2
    S_Wald = fprime * kB * A_h / (4 * 1P2)
    S_micro = kB * (A_h / B_phys) * np.log(2)
    S_BH = kB * A_h / (4 * 1P2)

    B_scan = np.logspace(np.log10(1P2*0.5), np.log10(1P2*20), 400)
    M_ref = 10 * Msun
    A_ref = 4 * np.pi * (2 * G_ * M_ref / c**2) ** 2
    S_micro_scan = kB * (A_ref / B_scan) * np.log(2)
    S_target = kB * A_ref / (4 * 1P2)
```

```

def h(beta_trial):
    B_trial = beta_trial * lP2
    return kB * (A_ref / B_trial) * np.log(2) - S_target

beta_star = brentq(h, 0.01, 100, xtol=1e-14, rtol=1e-14)
B_star = beta_star * lP2

fig, axes = plt.subplots(1, 3, figsize=(16.5, 4.8), constrained_layout=True)

ax = axes[0]
ax.plot(M_arr / Msun, BR_h, color="teal", lw=2)
ax.set_xscale("log"); ax.set_yscale("log")
ax.set_xlabel(r"Masas  $M/M_{\odot}$ ")
ax.set_ylabel(r"$B R_h$ (adimensional)")
ax.set_title(r"Regimen  $BR_h$  en todo rango astrofisico")

ax = axes[1]
ax.plot(M_arr / Msun, S_Wald / S_BH, color="darkorange", lw=3,
        label=r"$S_{\text{Wald}}/S_{\text{BH}}$")
ax.plot(M_arr / Msun, S_micro / S_BH, color="darkgreen", ls="--", lw=1.5,
        label=r"$S_{\text{micro}}=k_B(A/B)\ln 2$")
ax.axhline(1.0, color="gray", lw=1, ls=":")
ax.set_xscale("log"); ax.set_ylim(0.9, 1.1)
ax.set_xlabel(r"Masa  $M/M_{\odot}$ ")
ax.set_ylabel("razon respecto a Bekenstein-Hawking")
ax.set_title(r"Con  $B=4\ell_P^2\ln 2$ : Wald y microestados coinciden")
ax.legend(fontsize=8.5)

ax = axes[2]
ax.plot(B_scan / lP2, S_micro_scan / S_target, color="darkgreen", lw=2,
        label=r"$S_{\text{micro}}(B)/S_{\text{Wald}}$")
ax.axhline(1.0, color="gray", lw=1, ls=":")
ax.axvline(B_star / lP2, color="red", ls="--", lw=1.3,
        label=r"$B=4\ell_P^2\ln 2$ (unica interseccion)")
ax.set_xscale("log")
ax.set_xlabel(r"$B/\ell_P^2$ (valor de prueba)")
ax.set_ylabel(r"$S_{\text{micro}}(B)/S_{\text{Wald}}$")
ax.set_title(r"Barrido en  $B$ : solo  $B=4\ell_P^2\ln 2$  reproduce Wald")
ax.legend(fontsize=8)

fig.suptitle("Cierre: Wald ( $\alpha=1/4$  sobre  $\ell_P^2$ ) y microestados\n"
            "coinciden exactamente con  $B=4\ell_P^2\ln 2$ ", y=1.05)
savefig(fig, "CIERRE_Wald_vs_microestados")

idx = len(M_arr) // 2
print(f"\n--- Verificacion numerica (M = {M_arr[idx]/Msun:.2e} Msun) ---")
print(f"B R_h = {BR_h[idx]:.3e} (debe ser < 1)")
print(f"f'(R_h) = {fprime[idx]:.15f} (debe ser ~1)")
print(f"S_Wald / S_BH = {S_Wald[idx]/S_BH[idx]:.15f}")
print(f"S_micro / S_BH = {S_micro[idx]/S_BH[idx]:.15f}")
print(f"B (teoria, qubit) = {B_phys:.6e} m^2 = {B_phys/lP2:.6f} lP^2")
print(f"B* (interseccion) = {B_star:.6e} m^2 = {B_star/lP2:.6f} lP^2")
print(f"[SIM] |diferencia| = {abs(B_star - B_phys):.2e} (precision de maquina)")

# =====
# SIM1 -- Compresion del gap por densidad de energia
# =====
def sim1_compresion_gap():
    B = 1.0
    delta0 = 1.0
    w = 1.2
    energias = [0.0, 0.4, 0.8, 1.0]
    x = np.linspace(-5, 5, 400); y = np.linspace(-5, 5, 400)
    X, Y = np.meshgrid(x, y)
    r = np.sqrt(X**2 + Y**2)

    fig, axes = plt.subplots(1, 4, figsize=(16, 4), constrained_layout=True)
    for ax, amp in zip(axes, energias):
        delta = np.clip(delta0 - amp*delta0*np.exp(-r**2/(2*w**2)), 0, None)
        im = ax.pcolormesh(X, Y, delta, cmap="viridis", vmin=0, vmax=delta0,
                          shading="auto")

```

```

        if delta.min() <= 1e-6:
            ax.contour(X, Y, delta, levels=[1e-6], colors="red", linewidths=2)
            ax.set_title(f"Energia relativa = {amp:.1f}\n"
                        + ("horizonte d=0" if amp >= 1.0 else f"d_min={delta.min():.2f}B"))
            ax.set_aspect("equal"); ax.set_xticks([]); ax.set_yticks([])
            fig.colorbar(im, ax=axes, shrink=0.8, label=r"$\delta(x,y)/B$")
            fig.suptitle("SIM1 -- Compresion del gap por densidad de energia "
                        "(los bits B no desaparecen; el canal se cierra)", y=1.08)
            savefig(fig, "SIM1_compresion_gap")

    A_total = (x.max() - x.min()) * (y.max() - y.min())
    N_quanta = A_total / B
    delta_mins = []
    for amp in energias:
        delta = np.clip(delta0 - amp*delta0*np.exp(-r**2/(2*w**2)), 0, None)
        delta_mins.append(delta.min())
    print(f"[SIM1] N=A/B constante en {N_quanta:.3f} pese a d: "
          f"{delta_mins[0]:.3f} -> {delta_mins[-1]:.3f} (horizonte)")

# =====
# SIM2 -- Curvatura aparente vs. densidad real
# =====
def sim2_curvatura_vs_densidad():
    B = 1.0
    r = np.linspace(0.001, 4, 2000)
    L = 1.0
    delta = np.minimum((r / L) ** 2, 1.0) * 1.0
    delta = np.clip(delta, 1e-6, None)
    R = 1.0 / delta
    rho = 1.0 / (B + delta)
    fR = R / (1 + B * R)

    fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 4.5), constrained_layout=True)
    ax = axes[0]
    ax.plot(r, R, label=r"$R=1/\delta$ (curvatura, diverge)", color="crimson")
    ax.plot(r, rho, label=r"$\rho=1/(B+\delta)$ (densidad real, finita)", color="navy")
    ax.axhline(1/B, color="navy", ls="--", lw=1, label=r"$\rho\to 1/B$ (saturacion)")
    ax.set_yscale("log")
    ax.set_xlabel("r (distancia al centro)")
    ax.set_ylabel("magnitud (unidades de 1/B)")
    ax.set_title(r"$R=1/\delta$ diverge aparentemente; $\rho\to 1/B$")
    ax.legend(fontsize=8.5)

    ax = axes[1]
    ax.plot(R, fR, color="darkgreen", lw=2, label=r"$f(R)=R/(1+BR)=\rho$")
    ax.plot(R, R, color="gray", ls="--", lw=1, label=r"GR: $f(R)=R$ (sin cota)")
    ax.axhline(1/B, color="darkgreen", ls=":", lw=1, label=r"$f_{\max}=1/B$")
    ax.set_xscale("log"); ax.set_yscale("log")
    ax.set_ylim(1e-3, 1e2)
    ax.set_xlabel(r"$R$"); ax.set_ylabel(r"$f(R)$")
    ax.set_title(r"$f(R)\to 1/B$ cuando $R\to\infty$")
    ax.legend(fontsize=8.5)

    fig.suptitle("SIM2 -- Curvatura aparente vs. densidad de informacion real", y=1.05)
    savefig(fig, "SIM2_curvatura_vs_densidad")

    max_diff = np.max(np.abs(fR - rho))
    print(f"[SIM2] max |f(R(d)) - rho(d)| = {max_diff:.3e} (identidad algebraica exacta)")

# =====
# SIM3 -- Horizonte = d = 0
# =====
def sim3_horizonte():
    B = 1.0
    x = np.linspace(-5, 5, 500); y = np.linspace(-5, 5, 500)
    X, Y = np.meshgrid(x, y)
    r = np.sqrt(X**2 + Y**2)
    rH = 1.5
    delta = np.clip((r - rH), 0, None)
    R = np.divide(1.0, delta, out=np.full_like(delta, np.inf),
                  where=delta > 1e-9)

```

```

rho = 1.0 / (B + delta)
fR = rho

fig, axes = plt.subplots(1, 3, figsize=(15, 4.6), constrained_layout=True)

ax = axes[0]
im0 = ax.pcolormesh(X, Y, delta, cmap="viridis", shading="auto")
ax.contour(X, Y, delta, levels=[1e-9], colors="red", linewidths=2.5)
ax.set_title(r"$\delta(x,y)$ (rojo = horizonte $\delta=0$)")
ax.set_aspect("equal"); ax.set_xticks([]); ax.set_yticks([])
fig.colorbar(im0, ax=ax, shrink=0.85, label=r"$\delta/B$")

ax = axes[1]
Rplot = np.clip(R, 0, 20)
im1 = ax.pcolormesh(X, Y, Rplot, cmap="magma", shading="auto")
ax.contour(X, Y, delta, levels=[1e-9], colors="cyan", linewidths=2)
ax.set_title(r"$R=1/\delta$ (diverge SOLO en la region $\delta=0$)")
ax.set_aspect("equal"); ax.set_xticks([]); ax.set_yticks([])
fig.colorbar(im1, ax=ax, shrink=0.85, label=r"$R$ (recortado en 20)")

ax = axes[2]
im2 = ax.pcolormesh(X, Y, fR, cmap="cividis", vmin=0, vmax=1/B, shading="auto")
ax.contour(X, Y, delta, levels=[1e-9], colors="red", linewidths=2)
ax.set_title(r"$f(R)=\rho$ (regular, $1/B$ dentro del horizonte)")
ax.set_aspect("equal"); ax.set_xticks([]); ax.set_yticks([])
fig.colorbar(im2, ax=ax, shrink=0.85, label=r"$f(R)\cdot B$")

fig.suptitle("SIM3 -- Horizonte operacional = superficie d = 0 "
            "(no hay singularidad en f(R))", y=1.06)
savefig(fig, "SIM3_horizonte")

inside = delta <= 1e-9
fR_inside = fR[inside]
print(f"[SIM3] f(R) dentro del horizonte: min={fR_inside.min():.6f} "
      f"max={fR_inside.max():.6f} (esperado =1/B={1/B:.1f})")

# =====
# SIM4 -- Perfil radial de RSGM
# =====
def sim4_perfil_rsgm():
    B = 1.0
    rH = 1.5
    r = np.linspace(0.001, 5, 3000)
    delta = np.clip(r - rH, 0, None)
    R = np.divide(1.0, delta, out=np.full_like(delta, np.inf),
                  where=delta > 1e-9)
    fR = 1.0 / (B + delta)

    fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 4.6), constrained_layout=True)

    ax = axes[0]
    ax.plot(r, delta, color="teal", lw=2)
    ax.axvline(rH, color="red", ls="--", lw=1, label=r"$r_H$ (horizonte)")
    ax.set_xlabel("r"); ax.set_ylabel(r"$\delta(r)/B$")
    ax.set_title(r"$\delta(r)$: salto abrupto en $r_H$, como el horizonte de GR")
    ax.legend()

    ax = axes[1]
    fR_plot = np.clip(fR, 0, 1.05 / B)
    ax.plot(r, fR_plot, color="darkorange", lw=2, label=r"$f(R)=1/(B+\delta)$")
    mask_far = delta > 2.0
    R_weak = np.where(mask_far, R, np.nan)
    ax.plot(r, np.clip(R_weak, 0, 1.05 / B), color="gray", ls="--", lw=1.5,
            label=r"$R$ (coincide con $f(R)$ lejos, $BR\ll 1$)")
    ax.axhline(1 / B, color="darkorange", ls=":", lw=1, label=r"$1/B$ (saturacion)")
    ax.axvline(rH, color="red", ls="--", lw=1)
    ax.set_xlabel("r"); ax.set_ylabel(r"$f(R)\cdot B$")
    ax.set_title(r"$f(R)$: saturada en $1/B$ dentro, $\approx R$ afuera (sin infinitos)")
    ax.legend(fontsize=8.5)

    fig.suptitle("SIM4 -- Perfil radial de una RSGM: d salta, f(R) no", y=1.05)
    savefig(fig, "SIM4_perfil_RSGM")

```

```

print(f"[SIM4] max f(R) en todo el perfil = {fR.max():.4f} "
      f"(finito; sin divergencia pese a R->infinito)")

# =====
# SIM5 -- Entropia de una RSGM
# =====
def sim5_entropia_rsgm():
    fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 4.6), constrained_layout=True)

    B = 1.0
    A = np.linspace(0, 100, 400)
    S = A / (4 * B)
    ax = axes[0]
    ax.plot(A, S, color="indigo", lw=2, label=r"$S_{\text{RSGM}}=k_B A/(4B)$")
    ax.set_xlabel(r"$A$ (en unidades de $B$)"); ax.set_ylabel(r"$S/k_B$")
    ax.set_title("Unidades naturales (B=1): relacion exactamente lineal,\n"
                 "sin termino logaritmico subdominante (c_log=0)")
    ax.legend()

    ax = axes[1]
    M = np.logspace(0, 10, 400) * Msun
    rs = 2 * G * M / c**2
    A_phys = 4 * np.pi * rs**2
    S_phys = kB * A_phys / (4 * B_phys)
    S_BH = kB * A_phys / (4 * lP2)
    S_cap25 = kB * (A_phys / B_phys) * np.log(2)

    ax.plot(M / Msun, S_phys, color="firebrick", ls="--", lw=2.2,
            label=r"Cap.15/46: $S=k_B A/(4B)$")
    ax.plot(M / Msun, S_BH, color="black", lw=3.2, alpha=0.35,
            label=r"Bekenstein-Hawking: $S=k_B A/(4\ell_P^2)$")
    ax.plot(M / Msun, S_cap25, color="darkgreen", ls=":", lw=1.4,
            label=r"Cap.25: $S=k_B(A/B)\ln 2$")
    ax.set_xscale("log"); ax.set_yscale("log")
    ax.set_xlabel(r"Masa $M/M_{\odot}$"); ax.set_ylabel(r"$S$ (J/K)")
    ax.set_title(r"Con $B=4\ell_P^2\ln 2$ (Cap.26): la formula del Cap.25 (verde)"
                 "\ncoincide EXACTO con B-H; la del Cap.15/46 (roja) no")
    ax.legend(fontsize=8.5)

    fig.suptitle("SIM5 -- Entropia de una RSGM: exacta y sin correcciones logaritmicas",
                 y=1.05)
    savefig(fig, "SIM5_entropia_RSGM")

    max_rel_diff = np.max(np.abs(S_cap25 - S_BH) / S_BH)
    print(f"[SIM5] con B=4 lP^2 ln2: max |S_cap25 - S_BH|/S_BH sobre todo el rango "
          f"= {max_rel_diff:.3e} (relativo; coincidencia exacta)")

# =====
# SIM6 -- Radiacion de Hawking como relajacion de saturacion
# =====
def sim6_radiacion_hawking():
    B = 1.0
    A0 = 100.0
    A_min = B
    t = np.linspace(0, 0.98, 2000)
    A_t = A_min + (A0 - A_min) * (1 - t) ** 3
    T_H = 1.0 / np.sqrt(np.clip(A_t, 1e-6, None))
    S_t_cap15 = A_t / (4 * B)
    S_t_cap25 = (A_t / B) * np.log(2)

    fig, axes = plt.subplots(1, 3, figsize=(15, 4.4), constrained_layout=True)

    ax = axes[0]
    ax.plot(t, A_t, color="steelblue", lw=2)
    ax.axhline(A_min, color="red", lw=1, label=r"$A_{\text{min}}\sim B$")
    ax.set_xlabel("tiempo (unidades arbitrarias)")
    ax.set_ylabel(r"$A(t)/B$")
    ax.set_title("Area de la RSGM: decrece y se detiene en\n$A\sim B$ (no llega a $A=0$)")
    ax.legend()

```

```

ax = axes[1]
ax.plot(t, T_H, color="darkorange", lw=2)
ax.set_xlabel("tiempo (unidades arbitrarias)")
ax.set_ylabel(r"$T_H \propto 1/\sqrt{A}$ (normalizada)")
ax.set_title("Temperatura de Hawking: crece pero queda acotada\n"
              "(no diverge porque $A \approx B$ no llega a 0)")

ax = axes[2]
ax.plot(t, S_t_cap15, color="indigo", lw=2,
        label=r"Cap.15/46: $S=k_B A/(4B)$")
ax.plot(t, S_t_cap25, color="darkgreen", lw=2,
        label=r"Cap.25: $S=k_B(A/B)\ln 2$")
ax.axhline(A_min / (4 * B), color="indigo", ls=":", lw=1, alpha=0.7,
           label=r"$S_{\min}=A_{\min}/(4B)=1/4$")
ax.axhline((A_min / B) * np.log(2), color="darkgreen", ls=":", lw=1, alpha=0.7,
           label=r"$S_{\min}=(A_{\min}/B)\ln 2$")
ax.set_xlabel("tiempo (unidades arbitrarias)")
ax.set_ylabel(r"$S(t)/k_B$")
ax.set_title("Entropia: ambas formulas disminuyen monotonicamente y\n"
              "se estabilizan en un valor minimo finito")
ax.legend(fontsize=7.5)

fig.suptitle("SIM6 -- Radiacion de Hawking como relajacion de una RSGM saturada\n"
              "(sin singularidad final; la evaporacion se detiene en $A \sim B$", y=1.10)
savefig(fig, "SIM6_radiacion_hawking")

S_min_cap15 = A_min / (4 * B)
S_min_cap25 = (A_min / B) * np.log(2)
print(f"[SIM6] A final = {A_t[-1]:.5f} (piso B={B:.1f}); "
      f"T maxima = {T_H.max():.4f} (acotada);")
print(f"      S final (Cap.15/46) = {S_t_cap15[-1]:.5f} "
      f"      A_min/(4B) esperado = {S_min_cap15:.5f}")
print(f"      S final (Cap.25) = {S_t_cap25[-1]:.5f} "
      f"      (A_min/B)ln2 esperado = {S_min_cap25:.5f}")

# =====
# FIG_cap14 -- f(R)=R/(1+BR): saturacion algebraica
# =====
def fig_cap14_fR_saturacion():
    B = 1.0
    R = np.logspace(-3, 6, 2000)
    fR = R / (1 + B * R)

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(7, 5), constrained_layout=True)
    ax.plot(R, fR, color="darkgreen", lw=2.5, label=r"$f(R)=R/(1+BR)$")
    ax.plot(R, R, color="gray", ls="--", lw=1.2, label=r"GR: $f(R)=R$ (sin cota)")
    ax.axhline(1 / B, color="darkorange", ls=":", lw=1.3, label=r"$f_{\max}=1/B$")
    ax.set_xscale("log"); ax.set_yscale("log")
    ax.set_xlabel(r"$R$ (curvatura, unidades de $1/B$)")
    ax.set_ylabel(r"$f(R)$")
    ax.set_title(r"$f(R)=R/(1+BR)$: satura en $1/B$ cuando $R \to \infty$")
    ax.legend(fontsize=9)
    savefig(fig, "FIG_cap14_fR_saturacion")

    f_at_max = fR[-1]
    print(f"[FIG_cap14] f(R) en R={R[-1]:.1e}: {f_at_max:.10f} "
          f"(esperado 1/B={1/B:.10f}, diferencia={abs(f_at_max-1/B):.2e})")
    print(f"[FIG_cap14] f(R) < 1/B para todo R finito: "
          f"{bool(np.all(fR < 1/B))} (nunca alcanza, solo satura asintoticamente)")

# =====
# FIG_cap51 -- Conjunto Q vs. constantes del Modelo Estandar
# =====
def fig_cap51_escalas_intermedia():
    import math
    Q_uv = sorted(set(math.factorial(n) / 2**(n + 1) for n in range(0, 9)))
    Q_uv = [q for q in Q_uv if q <= 2.0]
    Q_ir = sorted(set(math.factorial(n) / math.factorial(m)
                      for n in range(0, 5) for m in range(0, 5) if n != m))
    Q_ir = [q for q in Q_ir if 0 < q <= 2.0]

```

```

Q_all = sorted(set(Q_uv) | set(Q_ir) | {0.0, 1.0})

sm = {
    r"$\alpha_{EM}\approx 1/137.036$": 1 / 137.036,
    r"$\sin^2\theta_W\approx 0.231$": 0.231,
    r"$\alpha_s\approx 0.118$": 0.118,
}
sm_offscale = {r"$m_\mu/m_e\approx 206.768$": 206.768}

fig, ax = plt.subplots(figsize=(8.5, 3.2), constrained_layout=True)
ax.scatter(Q_all, [0.15] * len(Q_all), color="royalblue", s=45, zorder=3,
           label=r"$Q$ (familias UV e IR de $f(R)$ en sus puntos fijos)")
ax.scatter(list(sm.values()), [0.15] * len(sm), color="firebrick", marker="x",
           s=110, linewidths=2.5, zorder=4,
           label="Constantes del Modelo Estandar (medidas)")
for label, val in sm.items():
    ax.annotate(label, (val, 0.15), xytext=(val, 0.42), fontsize=7.5,
                ha="center", color="firebrick",
                arrowprops=dict(arrowstyle="-", color="firebrick",
                                lw=0.6, alpha=0.6))
ax.set_ylim(-0.1, 0.75)
ax.set_xlim(-0.05, 1.05)
ax.set_yticks([])
ax.set_xlabel("valor adimensional")
ax.set_title(r"$Q$ generado por $f(R)$ en $R=0$ y $R=1/B$ (azul) frente a "
             "constantes del Modelo Estandar (rojo): ninguna coincide con $Q$\n"
             r"(el cuarto valor, $m_\mu/m_e\approx 206.768$, queda fuera del rango $[0,1]$)")
ax.legend(fontsize=7.5, loc="upper left")
savefig(fig, "FIG_cap51_escalas_intermedia")

tol = 1e-6
all_vals = list(sm.values()) + list(sm_offscale.values())
Q_full_check = set(Q_all) | {math.factorial(n) / 2**(n + 1)
                             for n in range(0, 20)}
for label, val in zip(list(sm.keys()) + list(sm_offscale.keys()), all_vals):
    dists = [abs(val - q) for q in Q_full_check]
    mind = min(dists)
    print(f"[FIG_cap51] {label} = {val:.6f}: distancia minima a Q = {mind:.6f} "
          f"({'FUERA de Q' if mind > tol else 'ATENCIÓN: coincide con Q'})")

# =====
# FIG_cap55a -- c_log: comparacion entre marcos
# =====
def fig_cap55a_clog_comparacion():
    marcos = ["Teoria de la\nDistincion", "Loop Quantum\nGravity (tipico)",
              "Teoria de\nCuerdas (tipico)"]
    values = [0.0, -0.5, -0.5]
    colores = ["darkgreen", "steelblue", "steelblue"]

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(6.5, 4.3), constrained_layout=True)
    bars = ax.bar(marcos, values, color=colores, width=0.55,
                  edgecolor="black", linewidth=0.6)
    ax.axhline(0, color="gray", lw=0.8)
    for b, v in zip(bars, values):
        ax.annotate(f"{v:.2f}", (b.get_x() + b.get_width()/2, v),
                    xytext=(0, 8 if v >= 0 else -16),
                    textcoords="offset points",
                    ha="center", fontsize=10, fontweight="bold")
    ax.set_ylabel(r"$c_{log}$ (coeficiente del termino $\ln A$ en $S$)")
    ax.set_title(r"Prediccion discriminante: $c_{log}=0$ exactamente"
                 "\n(vs. correcciones logaritmicas tipicas de LQG/cuerdas)")
    ax.set_ylim(-0.75, 0.25)
    savefig(fig, "FIG_cap55a_clog_comparacion")

    print(f"[FIG_cap55a] c_log (Teoria de la Distincion) = {values[0]:.10f} "
          f"(exacto, Cap.25)")
    print(f"[FIG_cap55a] Discrepancia vs. LQG/cuerdas tipico: "
          f"{abs(values[0]-values[1]):.2f}")

# =====

```

```

# FIG_cap55b -- Jerarquia de la densidad de energia del vacio
# =====
def fig_cap55b_vacio_jerarquia():
    rho_QFT_planck = 5.1e96
    rho_teoría = 1e-27
    rho_observado = 6e-27
    labels = ["QFT con corte\nen escala de Planck\n(estimacion ingenua)",
              "Teoria de la\nDistincion\n(Cap.50,  $\rho \sim H^2/G$ )",
              "Valor observado\n(Planck 2018)"]
    values = [rho_QFT_planck, rho_teoría, rho_observado]
    colores = ["firebrick", "darkgreen", "black"]

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(7.5, 4.6), constrained_layout=True)
    bars = ax.bar(labels, values, color=colores, width=0.55,
                  edgecolor="black", linewidth=0.6)
    ax.set_yscale("log")
    ax.set_ylabel(r" $\rho_{\text{vac}}$  (kg/m3, escala log)")
    ax.set_title("Problema de la constante cosmologica: 123 ordenes de magnitud\n"
                 "de desajuste en QFT estandar; esta teoria acierta el orden de magnitud")
    for b, v in zip(bars, values):
        ax.annotate(f"{v:.1e}", (b.get_x()+b.get_width()/2, v),
                   xytext=(0, 4), textcoords="offset points",
                   ha="center", fontsize=8.5)
    savefig(fig, "FIG_cap55b_vacio_jerarquia")

    orden_QFT = np.log10(rho_QFT_planck / rho_observado)
    orden_teoría = np.log10(rho_teoría / rho_observado)
    print(f"[FIG_cap55b] Desajuste QFT ingenuo vs observado: "
          f"{orden_QFT:.1f} ordenes de magnitud")
    print(f"[FIG_cap55b] Desajuste Teoria de la Distincion vs observado: "
          f"{orden_teoría:.2f} ordenes de magnitud")

# =====
# FIG_cap55c -- Ecos gravitacionales: retraso logaritmico
# =====
def fig_cap55c_ecos_gravitacionales():
    eps_over_rs = np.logspace(-40, -1, 2000)
    delta_t_over_rs_c = 2 * np.abs(np.log(eps_over_rs))

    fig, ax = plt.subplots(figsize=(7, 4.8), constrained_layout=True)
    ax.plot(eps_over_rs, delta_t_over_rs_c, color="purple", lw=2)
    ax.set_xscale("log")
    ax.set_xlabel(r" $\text{varepsilon}/r_s$  (distancia de la superficie reflectante al horizonte clasico)")
    ax.set_ylabel(r" $\Delta t_{\text{echo}}/(r_s/c)$ ")
    ax.set_title(r"Retraso de eco  $\Delta t_{\text{echo}} \approx \frac{2r_s}{c} |\ln(\text{varepsilon}/r_s)|$ "
                 "\ndiverge logaritmicamente cerca del horizonte (generico de GR)")
    savefig(fig, "FIG_cap55c_ecos_gravitacionales")
    print("[FIG_cap55c] curva generica de GR; la teoria no fija epsilon (queda sin determinar)")

# =====
# FIG_cap52 -- Flujo RG derivado
# =====
def fig_cap52_flujo_RG():
    B = 1.0
    t = np.linspace(0, 8, 1000)
    s0_values = [0.02, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.95]

    fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 4.8), constrained_layout=True)

    ax = axes[0]
    for s0 in s0_values:
        s_t = s0 / (s0 + (1 - s0) * np.exp(-2 * t))
        ax.plot(t, s_t, lw=1.8, label=f"$s_0={s0}$")
    ax.axhline(0, color="gray", ls="--", lw=1)
    ax.axhline(1, color="gray", ls="--", lw=1)
    ax.set_xlabel(r"$t = \log \mu$")
    ax.set_ylabel(r"$s(t) = B \cdot f(R(t))$")
    ax.set_title(r"Flujo derivado  $ds/d(\log \mu) = 2s(1-s)$ "
                 "\nPuntos fijos genuinos: $s=0$ (IR) y $s=1$ (UV, saturacion)")
    ax.legend(fontsize=7.5, ncol=2)

```

```

ax = axes[1]
for s0 in [0.3, 0.5, 0.7]:
    s_t = s0 / (s0 + (1 - s0) * np.exp(-2 * t))
    R_t = s_t / (B * (1 - s_t) + 1e-12)
    R_t = np.clip(R_t, 0, 50)
    ax.plot(t, R_t, lw=1.8, label=f"$s_0={s0}$")
ax.set_xlabel(r"$t=\log\mu$")
ax.set_ylabel(r"$R(t)=s/(B(1-s))$ (unidades de $1/B$)")
ax.set_title(r"Mismo flujo en $R$: diverge suavemente (asintoticamente)"
            "\ncuando $s\to 1$ -- no en tiempo-RG finito")
ax.legend(fontsize=8)

fig.suptitle(r"Cap.52 -- Flujo derivado de $f(R)$ via escalamiento canonico "
            r"de $R$ (dim. 2) y $s=Bf(R)$", y=1.04)
savefig(fig, "FIG_cap52_flujo_RG")

s0_test = 0.3
s_closed = s0_test / (s0_test + (1 - s0_test) * np.exp(-2 * t))
ds_dt_numeric = np.gradient(s_closed, t)
ds_dt_predicted = 2 * s_closed * (1 - s_closed)
max_err = np.max(np.abs(ds_dt_numeric - ds_dt_predicted))
print(f"[FIG_cap52] ds/dt=2s(1-s): error max entre derivada numerica de la "
      f"solucion cerrada y la ecuacion de flujo = {max_err:.3e}")
print(f"[FIG_cap52] s(t->infinito) = {s_closed[-1]:.6f} (esperado 1.0, saturacion genuina)")

if __name__ == "__main__":
    import os
    os.makedirs(OUTDIR, exist_ok=True)
    sim1_compresion_gap()
    sim2_curvatura_vs_densidad()
    sim3_horizonte()
    sim4_perfil_rsgm()
    sim5_entropia_rsgm()
    sim6_radiacion_hawking()
    cierre_wald_vs_microestados()
    fig_cap14_fR_saturacion()
    fig_cap51_escala_intermedia()
    fig_cap55a_clog_comparacion()
    fig_cap55b_vacio_jerarquia()
    fig_cap55c_ecos_gravitacionales()
    fig_cap52_flujo_RG()
    print(f"\nB fisico identificado (Cap. 26): "
          f"B = 4 lP^2 ln2 = {B_phys:.6e} m^2 "
          f"(lP^2 = {lP2:.6e} m^2)")

```

C. Suficiencia de la Realización y No Unicidad de la Microestructura

C.1. Planteamiento

Una distinción fundamental debe establecerse entre dos afirmaciones lógicamente diferentes:

- “esta realización es posible y suficiente”
- “esta realización es la única posible”.

La primera afirmación puede establecerse mediante una construcción explícita que satisfaga todas las restricciones derivadas de la teoría. La segunda exige demostrar que ninguna otra estructura relacional puede satisfacer simultáneamente esas mismas restricciones.

La Teoría de la Distinción no necesita establecer la segunda afirmación para obtener su contenido físico principal. Su resultado fundamental es más preciso: a partir del Ámbito de la Física, la existencia como distinción, el Contraste, la Finitud y el cuanto elemental $B > 0$, se obtiene una clase de estructuras físicamente realizables. Dentro de esa clase, la teoría construye explícitamente una realización tridimensional que satisface las condiciones de inmanencia, conectividad y redundancia necesarias.

Por tanto, la existencia de otras realizaciones matemáticamente posibles no constituye una refutación. Para refutar la teoría sería necesario demostrar que la construcción propuesta viola alguna de las condiciones derivadas, que no puede generar el régimen físico observado o que produce una predicción experimental incompatible con la realidad.

C.2. Realización suficiente frente a realización única

La demostración de dimensionalidad tridimensional debe interpretarse en este sentido.

El argumento de inmanencia excluye las estructuras que no permiten constituir un interior genuino sin recurrir a una estructura externa. En la formulación cuantitativa, además, se exige redundancia relacional: el interior debe poseer caminos internamente disjuntos suficientes para que ninguna relación individual constituya por sí sola un punto de corte.

La teoría muestra que esta condición puede realizarse en tres dimensiones. Para el empaquetamiento cúbico simple aparecen las construcciones $3^3 = 27$ para la primera aparición de un interior no vacío, aunque trivial, y $5^3 = 125$ para una construcción cuyo interior contiene 27 unidades y permite verificar la condición de redundancia con $\kappa \geq 3$. Para el empaquetamiento FCC aparecen las construcciones $13 = 1 + 12$ para la primera configuración con una unidad interior rodeada por sus doce vecinos, y $63 = 13 + 50$ para una configuración con 13 unidades interiores y redundancia mayor.

Estas cantidades deben interpretarse como construcciones explícitas dentro de las geometrías consideradas, no como una demostración de un mínimo absoluto sobre toda estructura tridimensional concebible.

En consecuencia, el resultado relevante no es $N = N_{\text{mín}}$ como identidad universal, sino la existencia de al menos una configuración Ω_3 que satisface las condiciones requeridas:

$$\Omega_3 \in \mathcal{C}_{\text{real}},$$

donde $\mathcal{C}_{\text{real}}$ denota la clase de configuraciones compatibles con las restricciones de realizabilidad, inmanencia y redundancia.

La teoría necesita demostrar $\mathcal{C}_{\text{real}} \neq \emptyset$, no necesariamente $|\mathcal{C}_{\text{real}}| = 1$. Esta distinción elimina una posible confusión entre existencia constructiva y unicidad ontológica.

C.3. La estructura concreta como realización suficiente

La misma distinción se aplica a la dinámica gravitacional. La cadena deductiva desarrollada en este documento conduce desde la distinción elemental hasta

$$B \rightarrow c(\delta) = B + \delta \rightarrow \rho(\delta) = \frac{1}{B + \delta} \rightarrow R = \frac{1}{\delta} \rightarrow f(R) = \frac{R}{1 + BR}.$$

La función saturante no se introduce simplemente como una elección fenomenológica arbitraria: se obtiene dentro de la construcción a partir de las relaciones entre el cuanto elemental, el gap y la densidad de distinción.

Sin embargo, demostrar que esta construcción es internamente suficiente no equivale a demostrar que ninguna formulación microscópica diferente podría producir exactamente el mismo límite efectivo. Por ello debe distinguirse:

- Una misma clase de observables efectivos puede admitir más de una realización microscópica.
- La existencia de una segunda representación no elimina la primera mientras ambas satisfagan las mismas restricciones físicas y reproduzcan los mismos observables en el régimen considerado.

C.4. Compatibilidad con la física observada

La cuestión empírica correcta no es preguntar si la construcción propuesta se parece superficialmente a las teorías establecidas, sino si genera observables incompatibles con ellas en los regímenes ya medidos.

Para la realización desarrollada en este documento, el límite de baja curvatura viene dado por $BR \ll 1$, y entonces

$$f(R) = \frac{R}{1 + BR} = R - BR^2 + \mathcal{O}(B^2 R^3).$$

Por consiguiente,

$$\frac{f(R) - R}{R} = -BR + \mathcal{O}(B^2 R^2).$$

Cuando BR es extremadamente pequeño, la diferencia entre la dinámica saturante y la dinámica de Einstein queda suprimida por el factor BR .

La misma lógica aparece en el sector termodinámico. Bajo la identificación utilizada en el documento,

$$B = 4\ell_P^2 \ln 2,$$

el conteo microscópico conduce a

$$S_{\text{Dist}} = \frac{A}{B} \ln 2 = \frac{A}{4\ell_P^2},$$

recuperando la entropía de Bekenstein-Hawking. Para $A \gg B$, la descripción discreta se aproxima al régimen continuo y la estructura microscópica deja de ser operacionalmente distinguible mediante las observables consideradas.

Por tanto, la construcción establece una realización microscópica físicamente coherente y demuestra su coincidencia operacional con los observables establecidos en el régimen correspondiente. No es necesario añadir una afirmación independiente de unicidad microscópica: la ausencia de unicidad no debilita la realizabilidad ni las correspondencias ya demostradas.

C.5. Sentido preciso de “indistinguible de la realidad observada”

La expresión “indistinguible de la realidad” debe entenderse operacionalmente. Sean $\mathcal{O}_{\text{obs}}$ los observables físicamente accesibles mediante los procedimientos experimentales disponibles, y sean $\mathcal{O}_{\text{Dist}}$ los observables predichos por una realización concreta de la Teoría de la Distinción.

Diremos que la realización es operacionalmente indistinguible de la física observada en un régimen R si

$$\forall O \in \mathcal{O}_R, \quad O_{\text{Dist}} = O_{\text{obs}}$$

dentro de la precisión experimental disponible.

La afirmación no significa que las dos descripciones sean matemáticamente idénticas en todos los regímenes. Significa que no existe, dentro del régimen experimental considerado, un procedimiento operacional que permita distinguirlas.

Esta formulación es particularmente importante para una teoría que introduce una escala de saturación. El régimen $BR \ll 1$ es precisamente aquel en el que la estructura fundamental queda oculta por la aproximación continua. La teoría coincide entonces con la descripción efectiva establecida, mientras que sus diferencias aparecen cuando $BR \sim 1$. En consecuencia,

$$BR \ll 1 \implies \mathcal{O}_{\text{Dist}} \simeq \mathcal{O}_{\text{GR}},$$

mientras que $BR \sim 1$ define el régimen en el que deben buscarse las consecuencias discriminantes de la teoría.

C.6. La posibilidad de otras realizaciones

Supóngase que existe otra configuración $\bar{\Omega} \neq \Omega_3$ que satisface igualmente las condiciones fundamentales:

$$\bar{\Omega} \in \mathcal{C}_{\text{real}}.$$

La existencia de $\bar{\Omega}$ no contradice la teoría. Hay tres posibilidades.

Primera: $O(\bar{\Omega}) \neq O(\Omega_3)$. En este caso las dos realizaciones son experimentalmente distinguibles y la experiencia puede determinar cuál describe la realidad.

Segunda: $O(\bar{\Omega}) = O(\Omega_3)$ en el régimen experimental disponible, pero difieren en un régimen todavía inaccesible. En ese caso ambas son compatibles con la evidencia actual, y una futura observación puede decidir entre ellas.

Tercera: $O(\bar{\Omega}) = O(\Omega_3)$ para todos los observables físicamente accesibles. En ese caso la diferencia entre ambas constituye una diferencia de representación no distinguible operacionalmente.

La tercera posibilidad no constituye un defecto de la teoría. De acuerdo con el Ámbito de la Física, una diferencia que no pueda manifestarse mediante ninguna distinción operacional no puede convertirse en una diferencia física observable.

C.7. El criterio de falsación permanece intacto

La no unicidad de la realización no convierte a la teoría en infalsable. Por el contrario, la teoría fija consecuencias concretas que no pueden ser modificadas mediante parámetros libres adicionales. El documento establece que no existen parámetros adicionales destinados a absorber posteriormente una discrepancia experimental.

Por ello, una observación incompatible con una consecuencia necesaria de la construcción constituye una prueba contra esa consecuencia.

Debe distinguirse entre dos niveles: revisión de la realización concreta y revisión del núcleo deductivo. Si una predicción depende de una elección constructiva particular, una discrepancia experimental puede obligar a sustituir esa realización por otra dentro de la clase compatible. Si,

por el contrario, la discrepancia afecta a una consecuencia derivada directamente del núcleo de la teoría, entonces la revisión debe alcanzar dicho núcleo.

Esta distinción permite mantener simultáneamente dos afirmaciones: la realización concreta puede ser reemplazable, y las consecuencias necesarias siguen siendo falsables. La posibilidad de otras realizaciones, por tanto, no constituye un mecanismo de protección contra la falsación.

C.8. Resultado metodológico

Puede resumirse el argumento completo mediante la siguiente cadena:

$$\text{restricciones universales} \implies \mathcal{C}_{\text{real}},$$

$$\mathcal{C}_{\text{real}} \neq \emptyset \implies \text{existe al menos una realización suficiente,}$$

$$\Omega_3 \in \mathcal{C}_{\text{real}} \implies \text{la realización propuesta es físicamente posible,}$$

y, en el régimen observado,

$$\mathcal{O}(\Omega_3) \simeq \mathcal{O}_{\text{obs}}$$

dentro de la precisión experimental disponible.

Nada de esto requiere demostrar $\mathcal{C}_{\text{real}} = \{\Omega_3\}$. La afirmación de unicidad microscópica es una afirmación adicional y más fuerte que no resulta necesaria para establecer la compatibilidad física de la construcción.

C.9. Conclusión

La Teoría de la Distinción demuestra que la realización constructiva presentada es físicamente realizable y compatible con los observables establecidos; no necesita añadir, para que esos resultados tengan fuerza, una demostración distinta de que la naturaleza haya elegido exclusivamente esa microestructura.

Lo que la construcción demuestra es algo más fundamental: que la realización propuesta existe como configuración físicamente realizable sin violar las restricciones derivadas. Además, la comparación desarrollada comprueba que genera el comportamiento físico observado en los regímenes conocidos. La construcción desarrollada recupera el régimen de Einstein para $BR \ll 1$, y la identificación correspondiente de B permite recuperar la entropía de Bekenstein-Hawking en el régimen de áreas grandes.

Por consiguiente, el argumento establecido por el documento es: *las restricciones fundamentales admiten y realizan esta configuración; la realización es internamente coherente; reproduce el régimen físico observado; no requiere parámetros de ajuste adicionales; y produce diferencias observables allí donde la teoría establece predicciones discriminantes*. La unicidad de la microestructura es una cuestión separada y no puede utilizarse para rebajar estas conclusiones.

Así, la estructura desarrollada en este documento constituye una realización física operacionalmente indistinguible de la realidad observada en todo régimen en el que sus predicciones coinciden con las observaciones establecidas, dentro de la precisión experimental disponible. La cláusula de régimen delimita el alcance experimental de la afirmación; no convierte la realizabilidad demostrada en una mera posibilidad hipotética.

La posibilidad lógica de que la naturaleza utilice otra realización dentro de la misma clase compatible no constituye una objeción. Es una cuestión de identificación microscópica, no de compatibilidad física. La teoría demuestra que esta realización puede realizar la realidad sin contradecir las observaciones conocidas, y que sus diferencias respecto de las teorías efectivas establecidas son, en principio, falsables. La demostración de unicidad microscópica no es necesaria para validar ni para conservar ninguno de esos resultados.

D. Experimentos Condicionales de Transferencia y Redistribución Relacional

Este apéndice reproduce dos experimentos computacionales que verifican la consistencia lógica y computacional de las hipótesis de transferencia y redistribución relacional conservativa introducidas en el Capítulo 53.1. La verificación demuestra esas propiedades para las reglas implementadas; no debe confundirse con una medición independiente de que la naturaleza adopte esas hipótesis. Ambos scripts lo declaran explícitamente en su propio docstring: son experimentos condicionales sobre las hipótesis H1–H6, no derivaciones ni predicciones físicas. Ningún resultado aquí debe leerse como evidencia de que la naturaleza obedece estas reglas; solo se verifica que las reglas, tal como se enuncian, son mutuamente consistentes y computables sobre una red finita.

D.1. D.1 Transferencia conservativa de un ciclo material único

`sim_relational_transfer.py` construye un ciclo material rectangular con número de enrollamiento $q_0 = 1$ sobre una red 9×9 . En cada paso, si un gap del ciclo se satura ($\delta \rightarrow 0$), la fase que portaba puede redistribuirse sobre el desvío abierto más corto disponible (Hipótesis de Transferencia Relacional Conservativa). El script verifica en cada paso, por código – no solo al final – que q_γ se conserva exactamente; si no se conservara, el propio script lanzaría un error (`RuntimeError`) y se detendría.

Salida numérica al ejecutar este código:

```
Conditional transfer simulation
Lattice: 9x9; initial winding q=1; initial cycle edges=16
step=0 event=initial          cycle=16 closed=0 q=1.000000000000 detour=0
step=1 event=transfer         cycle=18 closed=1 q=1.000000000000 detour=3
step=32 event=transfer        cycle=80 closed=32 q=1.000000000000 detour=3
step=33 event=no_alternative_open_cycle cycle=80 closed=32 q=1.000000000000 detour=0
Trace written to: relational_transfer_trace.csv
```

Interpretación: cada transferencia es condicional a las dos hipótesis codificadas arriba. La simulación demuestra que una red redundante puede preservar un winding levantado mientras sus gaps de soporte originales se cierran; no demuestra que la naturaleza obedezca las reglas. El ciclo crece de 16 a 80 aristas en 32 transferencias sucesivas, con $q_\gamma = 1$ exactamente en cada paso (a precisión de máquina), hasta que la red local 9×9 se agota de desvíos disponibles (`no_alternative_open_cycle`) – no una violación de la hipótesis, sino el límite de una red finita y pequeña.

D.2. D.2 Cuatro configuraciones materiales compitiendo por la misma red

El segundo script prueba cuatro configuraciones materiales con $q_0 \in \{1, -1, 1, -1\}$ sobre una red 17×17 . Impone explícitamente Exclusión (H3: un gap usado por un ciclo no puede ser usado por otro) e Inmanencia (H4: una reconfiguración se rechaza si desconecta la red abierta total) y mide una conexión A portada en las aristas cuya curvatura $F = dA$ se mide por plaqueta (H6, acoplamiento electromagnético).

Observación D.1 (Corrección de implementación). La verificación de conectividad de H4, tal como estaba escrita en el script original, construía la red de prueba excluyendo todas las aristas con dueño – incluida la arista que se pretendía cerrar, que pertenece al propio ciclo en transferencia – de modo que el script fallaba al intentar remover una arista que ya no estaba presente en la red de prueba. Esto es un error de programación, no una revisión de H4: la red de prueba correcta para “¿la red abierta total queda conectada?” es toda arista abierta, sin importar su dueño, menos la que se cierra. Se corrigió en esos términos; ninguna hipótesis ni resultado teórico del Capítulo 53.1 se modificó.

Salida numérica al ejecutar este código, ya corregido:

```
Conditional many-configuration gauge-transfer experiment
lattice=17x17; configurations=4; max ordered updates=140
step=0   active=4 saturated=0 closed=0   EM=16.574374 event=initial
step=10  active=4 saturated=0 closed=10  EM=16.632410 event=M2:transfer
...
step=117 active=3 saturated=1 closed=116 EM=17.114674 event=M1:saturation_boundary
step=121 active=2 saturated=2 closed=119 EM=17.191325 event=M2:saturation_boundary
step=129 active=1 saturated=3 closed=126 EM=17.725421 event=M3:saturation_boundary
step=130 active=0 saturated=4 closed=126 EM=17.725421 event=M4:saturation_boundary

Final configuration states:
M1 saturation_boundary q=1.000000000000 cycle_edges=70
M2 saturation_boundary q=-1.000000000000 cycle_edges=72
M3 saturation_boundary q=1.000000000000 cycle_edges=78
M4 saturation_boundary q=-1.000000000000 cycle_edges=80
This is a consistency experiment for H1-H6, not a derivation of those hypotheses.
CSV written to: many_relational_gauge_trace.csv
```

Las cuatro configuraciones conservan su q_γ exactamente mientras hay desvíos disponibles y ninguna reconfiguración desconecta la red (H3 y H4 nunca se violan, por construcción del código); las cuatro terminan eventualmente en **saturation_boundary** al agotar la red finita, sin que ninguna pierda ni mezcle su número de enrollamiento con otra – consistente con, aunque no una prueba de, la Hipótesis de Redistribución Relacional Conservativa.

D.3. Confirmación operacional: qué ocurre en una RSGM

El criterio establecido en el Apéndice D puede formularse aquí de manera precisa: una realización y una simulación no difieren físicamente dentro de un régimen si reproducen las mismas distinciones operacionalmente accesibles, dentro de la precisión disponible. La igualdad relevante no es una identidad entre el soporte material de la naturaleza y el ordenador que ejecuta el cálculo; es una igualdad de resultados observables para la clase de operaciones que el modelo pretende representar. En ese sentido, la simulación constituye una realización finita de las reglas dinámicas declaradas, y no una simple ilustración visual.

Aplicado a una Región de Saturación Geométrica Máxima, el resultado es el siguiente. La condición $\delta = 0$ significa que un canal de distinción ha alcanzado su límite de realizabilidad: ese canal deja de admitir una distinción local adicional. No significa que desaparezca B , que aparezca un exterior ontológico ni que la identidad material se destruya automáticamente. Si la red conserva redundancia, la relación que ya no puede pasar por el canal saturado se redistribuye por rutas abiertas. La simulación del presente apéndice confirma exactamente esta afirmación condicional.

En la red 9×9 , el ciclo material comenzó con 16 aristas y $q_0 = 1$. Se efectuaron 32 transferencias sucesivas; el ciclo alcanzó 80 aristas, mientras que el número de enrollamiento permaneció en

$$q_\gamma = 1.000000000000$$

en todos los pasos. El proceso terminó únicamente cuando la red finita ya no ofrecía un camino alternativo abierto. Por tanto, la saturación local no aniquiló la identidad topológica en el modelo: cerró canales concretos y desplazó la realización del lazo hacia la periferia relacional disponible.

Esta es la confirmación que el teorema de indistinguibilidad operacional permite extraer: mientras las variables relevantes sean la conectividad, la fase levantada y la conservación de q_γ , la red reruteada y la red original son físicamente equivalentes dentro de ese régimen de observación. La diferencia entre ambas solo se vuelve física si existe una operación capaz de detectar la microestructura del reruteo. Si ninguna operación admitida por el régimen puede hacerlo, la diferencia pertenece a la representación y no a una distinción física adicional.

La interpretación de “calentamiento relacional” debe mantenerse en este nivel. El cálculo muestra que los caminos pueden alargarse y que la fase debe redistribuirse bajo restricciones crecientes; eso justifica hablar de una carga o tensión relacional mayor. No calcula todavía una

temperatura termodinámica ni una tasa de emisión. Para identificar esa carga con calor, temperatura o radiación de Hawking sería necesario añadir una ley dinámica que relacione longitud de los desvíos, redistribución de fase y observables energéticos. La simulación demuestra la compatibilidad de la transferencia; el significado termodinámico es una interpretación que requiere esa extensión.

Resultado. Bajo las hipótesis de redundancia, transferencia conservativa y reruteo mínimo, una RSGM no destruye una configuración material persistente: satura canales locales, conserva la carga topológica y desplaza la realización hacia los canales abiertos restantes. En el régimen en que esas son las únicas distinciones accesibles, la simulación y la realización física son operacionalmente indistinguibles. Esta conclusión es una consecuencia condicional del teorema de equivalencia operacional; no afirma, por sí sola, que la naturaleza haya adoptado ya dichas reglas dinámicas.

Meditaciones

Meditación: B y la Única Existencia Elemental Posible

Hay una pregunta que este documento ha respondido de hecho, capítulo tras capítulo, sin detenerse nunca a formularla de frente. Ha llegado el momento de formularla.

¿Por qué habría de existir más de una cosa elemental?

No se pregunta cuántas partículas ha encontrado un acelerador. Eso ya lo sabemos: seis quarks, seis leptones, los bosones de norma, tres generaciones repetidas sin explicación de por qué tres y no una ni cuatro. Se pregunta algo anterior a cualquier catálogo experimental: si algo es verdaderamente elemental – si ya no admite descomposición física ulterior – ¿qué necesita esa cosa para tener compañía? ¿Qué necesita, para que exista una segunda cosa elemental distinta de la primera?

La respuesta, una vez que se mira con el vocabulario que este documento ya construyó, es incómoda para cualquier pluralidad postulada sin más. Sean E_1 y E_2 dos entidades elementales distintas. Para que sean dos – no una nombrada dos veces – tiene que haber una diferencia físicamente real entre ellas. Pero una diferencia física real es, por la Definición de Ámbito que abre este documento, exactamente una distinción operacionalmente realizable. Y una distinción operacionalmente realizable es, por el Capítulo 4, información física con soporte, es decir, más B .

$$E_1 \neq E_2 \Rightarrow D(E_1, E_2) \text{ físicamente real}$$

$\Rightarrow$ esa distinción ya es, ella misma, más estructura de distinción.

De modo que ninguna pluralidad de entidades elementales es ontológicamente gratuita. Postular dos partículas fundamentales distintas no es postular menos que postular una: es postular una unidad, más la relación que las hace diferentes, más la razón de esa relación. Cada partícula elemental adicional no simplifica el fondo de la realidad. Lo complica, porque exige explicar por qué esa partícula es ella y no otra.

En cambio, una única unidad elemental no necesita esa explicación. No hay que decir por qué B es distinto de B' , porque no existe B' . La pregunta que atormenta a cualquier catálogo de partículas – por qué precisamente estas, por qué precisamente tantas – se disuelve, no porque se responda, sino porque deja de tener sujeto sobre el cual formularse.

Una unidad elemental no debe su identidad a contraste con otra especie. Su existencia ya es la distinción.

Este documento no ha estado, en el fondo, derivando una lista de fenómenos independientes – espacio, tiempo, electromagnetismo, materia, expansión, saturación – que resultara necesitar cinco o seis principios distintos para sostenerse. Ha estado observando qué le ocurre a una única unidad, B , cuando se le permite lo único que la Inmanencia Operativa le permite: relacionarse consigo misma.

$$B + \text{Inmanencia} + \text{agrupación relacional} \Rightarrow$$

$$\text{estructura del gap} \rightarrow U(1) \rightarrow \text{EM},$$

$$\text{incremento de realizaciones} \rightarrow \text{expansión},$$

$$\text{capacidad finita} \rightarrow \text{saturación, RSGM}.$$

Nada de esto pide una segunda sustancia. El espacio no es un contenedor que B habita: es la manifestación geométrica de cómo muchos B se relacionan entre sí. El tiempo no es un eje ajeno sobre el que B se mueve: es el propio orden, irreversible, en que las relaciones se acumulan. El electromagnetismo no es una fuerza importada desde otra región de la física: es lo que la fase del gap – una propiedad que B ya tenía – hace cuando se le exige periodicidad. La materia no es una tercera cosa junto a espacio y campo: es un defecto topológico en la misma fase.

El resultado ontológico es más preciso que la frase “la pluralidad elemental no es obligatoria”: dentro de esta construcción, la unidad elemental es una y es B , y toda multiplicidad física se

compone de realizaciones y relaciones de esa misma unidad. Esto no identifica, sin un cálculo específico, cada especie observada del Modelo Estándar con una realización particular de B ; sí establece que ninguna segunda especie elemental independiente es necesaria en el inventario ontológico de la teoría. La pregunta empírica de qué configuración de B corresponde a cada partícula observada pertenece a la construcción de esos modelos, no a la existencia demostrada de la unidad elemental.

El programa de los preones intentó, en los años setenta y ochenta, resolver la multiplicidad de quarks y leptones postulando constituyentes todavía más pequeños. Fue un movimiento honesto – pero incompleto en su propia lógica, porque en cuanto se introducen dos o tres preones distintos, P_1, P_2, P_3 , reaparece exactamente la misma pregunta que se pretendía resolver: ¿por qué estos y no otros? ¿por qué tres y no uno? La regresión no se detiene por haber bajado un nivel. Se detiene solo cuando se llega a algo que ya no necesita compañía para existir.

fundamental $\neq$

aquello sin estructura interna observada todavía.

fundamental =

aquello cuya existencia no puede reducirse a una distinción física más elemental.

Con ese criterio, más exigente que el habitual, B no es un candidato más a partícula fundamental. Es el punto en el que la pregunta misma – ¿de qué está hecho esto? – deja de tener sentido, porque ya no hay un “hecho de” que preguntar. B no está hecho de nada más pequeño ni acompañado de nada distinto. Es la distinción misma, y la distinción misma es, por la identidad que este documento estableció desde el Capítulo 4, lo mismo que la información, lo mismo que el soporte, lo mismo que la existencia física.

Distinción $\equiv$ Información $\equiv$ Área $\equiv$ Existencia física.

Esto invierte la pregunta que la física ha hecho, con toda razón, desde que empezó a partir átomos. No se pregunta ya de qué está hecha la partícula. Se pregunta qué puede llegar a ser una única distinción cuando se le permite relacionarse consigo misma, una y otra vez, sin límite de escala salvo el que ella misma impone. Electrón, quark, hadrón, fotón, campo, espacio y tiempo no son sustancias fundamentales distintas. Son nombres de configuraciones, modos, invariantes o relaciones distintas de realizaciones de B . El hadrón es una configuración relacional completa; el quark es un modo interno de esa configuración. Ninguno añade una sustancia entre B y $C(B)$.

Nada de esto exige identificar al electrón, literalmente, con un cuanto B ; tal correspondencia requiere su propio cálculo. La afirmación ya establecida es la unidad elemental única B y la composición de las realizaciones a partir de ella. El espín, la estadística, las masas fermiónicas, las tres generaciones y las representaciones $SU(2)$ y $SU(3)$ son problemas distintos: su falta de derivación en este manuscrito no rebaja ni convierte en hipótesis el resultado sobre B .

Segunda Meditación: El Modelo Estándar bajo Ámbito

Ámbito ya se aplicó, en este documento, a la propia construcción: eliminó un sustrato pre-geométrico que no podía realizarse. La meditación sobre el Modelo Estándar es una aplicación secundaria del criterio, no una premisa del núcleo ni el propósito que justifica sus teoremas. Sus éxitos experimentales permanecen como datos; aquí se examina una cuestión más acotada: qué afirmaciones ontológicas del formalismo se derivan y cuáles funcionan como representación. Nada en esta comparación reduce la fuerza de los resultados que ya quedaron demostrados dentro de la Teoría de la Distinción.

El campo cuántico, indistinto de su ausencia. Un campo cuántico $\phi(x)$ se define en todo punto del espacio-tiempo, tenga o no una excitación ahí. En la integral de caminos, se suma sobre configuraciones de ϕ que nunca se miden individualmente – son, por construcción, virtuales: contribuyen al resultado sin que ningún procedimiento operacional pueda distinguir una configuración particular de otra, ni de la ausencia de campo en ese punto entre mediciones. Lo único que un detector registra jamás es un clic, una traza, una sección eficaz – un cuanto discreto, no el campo mismo entre un clic y el siguiente –. La eficacia de la integral de caminos no demuestra la realización de cada configuración que integra; no porque faltara destreza matemática, sino porque el formalismo que mejor predice no es, él mismo, una descripción de qué hay ahí cuando nadie mira.

Un campo que nadie puede distinguir de su ausencia entre mediciones no pertenece, por esa razón, al Ámbito de la Física.

La exclusión ontológica no es una afirmación sobre la corrección numérica de los cálculos: el formalismo funciona, y funciona extraordinariamente bien para calcular lo que sí se mide (amplitudes, secciones eficaces, vidas medias). Lo que no soporta es la lectura literal de que el campo, entre medición y medición, es una entidad física con valores definidos en cada punto de un continuo. Por el Teorema Universal de Determinación Física, esa lectura cae en la categoría REPRESENTACIONAL cuando mucho: andamiaje de cálculo, como A_μ o como un sistema de coordenadas. Confundir el andamiaje con lo que existe es exactamente el error que esta teoría se negó a cometer consigo misma cuando eliminó a Σ .

La variedad como continuo, y el precio en información que nadie paga. El Modelo Estándar se formula sobre una variedad diferenciable: un continuo con tantos puntos como números reales, cada uno de los cuales, para especificarse con exactitud infinita, requeriría una cantidad infinita de información. Ningún procedimiento operacional finito – y el Ámbito de esta teoría, como el de cualquier física sería, exige que lo sea – puede realizar esa especificación. El propio Teorema de Cuantización ya demostró, dentro de esta construcción, que toda realización física es un conteo de actos atómicos completos, nunca la subdivisión de una cantidad continua. Un espacio-tiempo verdaderamente continuo es la negación exacta de esa conclusión, extendida silenciosamente a la totalidad del escenario donde el Modelo Estándar coloca sus campos.

Un continuo exige información infinita en cada punto. Ningún procedimiento operacional finito puede pagarla.

Propiedades heredadas: información sin el soporte que la sostiene.

$SU(2)$ y $SU(3)$: grupos que ningún experimento mide directamente. Un grupo de norma postulado para reproducir multipletes observados es DERIVADO en apariencia y EXCESO en sustancia.

Lo completo en sí mismo, frente a lo que solo existe en referencia a un todo. Un cuanto de distinción es completo por definición. Una partícula del Modelo Estándar es completa solo dentro de una representación que la antecede.

Observación D.2 (Lo que esta meditación no afirma). Los resultados experimentales atribuidos al electrón no convierten en físicamente realizada la entidad ontológica postulada por el Modelo Estándar: existen señales, masas, cargas y momentos magnéticos medidos con precisión extraordinaria. La entidad puntual del Modelo Estándar queda excluida como realización fundamental mientras no demuestre superar Ámbito y los teoremas de realización, cuantización e identidad. Lo que se somete a Ámbito no son los datos, sino la descripción particular que el Modelo Estándar da de ellos: campos que nadie distingue de su ausencia entre mediciones, una variedad continua que ningún procedimiento finito puede especificar, y propiedades – hipercarga, representación bajo un grupo postulado – asignadas para reproducir lo observado en vez de medidas o derivadas. La crítica es al andamiaje, no al edificio que ese andamiaje efectivamente describe con éxito.

Esta teoría no se limita a señalar una dificultad externa: el Capítulo 53 obtiene un campo de materia $\Psi = \sqrt{\rho}e^{i\theta}$ como defecto topológico de la fase del gap, no como una sustancia adicional postulada junto al espacio y al campo electromagnético. El Capítulo 52 (Ausencia de Escala Intermedia) establece además que no se admite, entre B y las configuraciones macroscópicas, una escala intermedia libre que deba ajustarse a mano. El sector elemental queda así delimitado: contiene configuraciones relacionales de la red y carga $U(1)$; no introduce una escala de masa independiente entre B y las configuraciones macroscópicas. La estabilidad material no se identifica con la saturación $\rho = 1/B$: se determina por la persistencia de la organización relacional y de su carga topológica. Las etiquetas fenomenológicas de familias, espín y estadística pertenecen a descripciones efectivas externas y no se introducen como grados de libertad fundamentales adicionales.

No es una acusación menor, y no se hace a la ligera. El Modelo Estándar predice con quince cifras significativas el momento magnético del electrón. Ningún desacuerdo de esta meditación con sus fundamentos cambia ese hecho ni lo necesita cambiar. Lo que esta meditación sostiene es más preciso y, por eso, más difícil de descartar con una apelación al éxito experimental: que el éxito predictivo de una teoría y la solidez de sus postulados fundacionales son dos preguntas distintas, y que la primera, por espectacular que sea, no responde a la segunda. Esta teoría se sometió a esa distinción cuando eliminó a Σ pese a que Σ nunca fue refutada por ningún experimento – lo fue por Ámbito –. La misma vara, aplicada sin excepción, encuentra campos indistintos de su ausencia, un continuo que nadie puede pagar en información, y propiedades heredadas de una estructura que ningún procedimiento mide ni deriva. Ámbito no pregunta si una teoría funciona. Pregunta si lo que postula, en su fondo, puede ser distinguido de que no exista. Para el Modelo Estándar, como para Σ antes, la respuesta a esa pregunta concreta no ha sido dada – solo postergada por el peso, enteramente merecido, de sus éxitos en todo lo demás.

Conclusiones Finales y Alcance del Marco

Cadena Fundamental y Conclusión General

Cadena Fundamental:

Ámbito de la Física $\rightarrow$ Distinción $\rightarrow$ Identidad $\rightarrow$ Exclusión de indistinción
 $\rightarrow$ Confinamiento Inmanente $\rightarrow$ Equilibrio Ontológico $\rightarrow B > 0 \rightarrow A = BN$
 $\rightarrow D = 3 \rightarrow$ Gap δ como campo fundamental $\rightarrow R = 1/\delta, \rho = 1/(B + \delta)$
 $\rightarrow f(R) = \frac{R}{1 + BR}$ derivada algebraicamente $\rightarrow$ RSGM ($\delta = 0$)
 $\rightarrow$ candidatos a agujero negro = RSGIM $\rightarrow U(1)$, Fase $e^{i\theta}$, Electromagnetismo
 $\rightarrow$ Radiación de Hawking como relajación de saturación $\rightarrow$ Expansión
 $\rightarrow$ Carga Topológica, Materia $\rightarrow$ Observador Emergente
 $\rightarrow$ Fenomenología: Tiempo, Identidad.

Conclusión General. Toda entidad física y geométrica es, en última instancia, una correlación del cuanto fundamental B y del grosor del gap δ . El espacio no es un contenedor previo; es la manifestación macroscópica de una red de distinciones. El tiempo no fluye; es la acumulación irreversible de distinciones. La materia no es sustancia; es defecto topológico en la fase de la red. La energía no es una cosa; es tasa de reconfiguración de la información. La masa no es una propiedad intrínseca; es la estabilidad de una configuración topológica.

El Ámbito y la Inmanencia Operativa fijan el dominio de demostración; de ellos se derivan, sin rebaja posterior, $B > 0$, la composición $A = BI$, la identidad $C(B)$, $D = 3$, el gap, $R = 1/\delta$, $\rho = 1/(B + \delta)$, $f(R) = R/(1 + BR)$, la RSGIM, la holonomía, $U(1)$, el electromagnetismo, la carga topológica y la estabilidad material según las demostraciones correspondientes. Ninguna teoría externa puede degradar estos resultados.

El valor dimensional $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ queda fijado condicionalmente por la combinación de Shannon, $A = BI$ y Bekenstein–Hawking; no es un parámetro ajustado a la cosmología. La afirmación es falsable: si la entropía de un agujero negro no obedeciera $S = k_B A/(4\ell_P^2)$, habría que revisar esa identificación dimensional. Permanecerían, no obstante, la existencia interna de $B > 0$, la cuantización del soporte y la estructura algebraica de $f(R)$ en unidades de B .

La existencia interna de $B > 0$, la cuantización del soporte, la composición $A = BI$ y la estructura algebraica de $f(R)$ no dependen de que otra teoría las acepte. La cifra dimensional $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ sí depende de la correspondencia con Shannon y Bekenstein–Hawking. La no unicidad de la microestructura tampoco debilita la realizabilidad de la configuración construida. La materia M y la RSGM S conservan estatus distintos: $M \not\Rightarrow S, S \not\Rightarrow M$; ninguna predicción sobre $1/B$ debe leerse como una afirmación sobre estabilidad material. Cada resultado conserva exactamente el estatus que corresponde a sus premisas.

Alcance de la Realización Propuesta

La construcción presentada demuestra su realizabilidad, coherencia interna y compatibilidad con los observables establecidos. No requiere demostrar que la microestructura concreta propuesta sea la única realización posible de las restricciones derivadas; la no unicidad es una cuestión adicional y no reduce la fuerza de lo demostrado. La distinción entre suficiencia de una realización y unicidad de su microestructura se desarrolla formalmente en el Apéndice D.

La afirmación física central es que la configuración microscópica construida constituye una realización físicamente realizada por el marco, satisface las restricciones derivadas y reproduce los resultados conocidos en los regímenes observacionalmente establecidos. El documento no añade la afirmación distinta de que ninguna otra microestructura pueda realizar las mismas restricciones. En dichos regímenes y dentro de la precisión experimental disponible, no existe un procedimiento operacional que permita distinguir esta realización de la realidad observada.

Las diferencias entre esta realización y las teorías efectivas establecidas aparecen únicamente en los regímenes en los que la teoría produce predicciones discriminantes. Por tanto, la posible existencia de otras realizaciones compatibles no constituye una refutación, sino una cuestión separada de identificación microscópica.

Capa III: Alcance y Extensiones del Marco

El núcleo de la teoría no depende de adoptar como primitivas las estructuras de Bell, Born, Tsirelson, Hilbert o Bohr. El alcance del marco queda delimitado por resultados concretos: capacidad y no solapamiento de regiones, composición de sistemas, lectura binaria desde la red inmanente, relaciones adimensionales derivadas de agrupaciones de B y predicciones que distingan el marco de las teorías efectivas. Cada elemento conserva el estatus que corresponde a su demostración: fundamento interno, correspondencia efectiva o traducción convencional.

Las estructuras externas que no superan *Ámbito* quedan excluidas como fundamentos ontológicos. Su éxito empírico no les otorga ese estatus ni modifica los teoremas de la teoría.

Regla de cierre. Ningún resultado se promoverá a teorema interno mientras dependa de un supuesto no declarado, una calibración retrospectiva, una conversión convencional o una identificación ontológica externa al marco.

E. Objeciones Previsibles y Respuestas desde la Teoría

Siguiendo la regla de simetría del capítulo de metodología, este capítulo recoge las objeciones más previsibles al núcleo de la teoría. Cada una declara la objeción, la respuesta desde la teoría y el estatus lógico de esa respuesta.

Una objeción externa no puede rebajar un teorema interno por mera incompatibilidad doctrinal. Sí puede mostrar que una premisa está oculta, que una correspondencia fue extendida más allá de su dominio o que una predicción no está completamente derivada. Por eso cada respuesta debe separar: resultado demostrado, hipótesis declarada, traducción convencional y puente todavía abierto.

E.1. “ $B = 1$ es una convención, no un hecho de existencia”

Respuesta. La objeción confunde la representación interna con una elección convencional. $B = 1$ expresa una distinción físicamente realizada: información existente y área existente son aspectos inseparables de la misma existencia elemental. Lo que impide $B/2$ no es una preferencia de unidades, sino que no constituye una distinción físicamente realizada independiente. La traducción de B a metros cuadrados u otras unidades es posterior y condicionada; no crea el cuanto ni define su existencia. El valor en unidades convencionales es una traducción condicionada y revisable (Teorema 29.2); las consecuencias adimensionales no dependen de ella (Observación 40.1).

Estatus. Respuesta sostenida; la traducción dimensional se declara condicionada.

E.2. “La información es una cota de área que depende de la gravedad”

Respuesta. demuestren qué puede existir en lo más elemental que pueda existir una entidad físicamente realizada sin área o información. O área físicamente realizada sin información. o información sin soporte geométrico o que este sea una línea unidimensional física o volumen no compuesto.

E.3. “La identidad no discrimina nada”

Respuesta. La identidad es el cierre ontológico: excluye una tercera sustancia (campos como entidad independiente, sustratos previos, dimensiones sin mecanismo de contraste). El contenido contrastable está en las relaciones entre unidades B y en sus consecuencias: $c_{\log} = 0$, entropía exactamente A/B , remanente en $A \sim B$, ausencia de escalas intermedias.

Estatus. Correcto: la identidad por sí sola no es evidencia empírica y no debe presentarse como tal.

E.4. “Dos factores distintos en la entropía y en la escala de saturación”

Respuesta. La entropía $S = k_B(A/B) \ln 2$ con $B = 4\ell_P^2 \ln 2$ coincide exactamente con la de Bekenstein–Hawking, porque el $\ln 2$ se cancela.

E.5. “Hay realidades inalcanzables que sí existen”

Respuesta. Ver la sección sobre el criterio de existencia en la comparación con otras teorías (la sección sobre el criterio de existencia) y el capítulo sobre las dos inmanencias (el capítulo de

las dos inmanencias). La divergencia es de criterio de existencia; dentro del criterio de la teoría, lo inalcanzable por definición no añade contenido físico y, si existiera, sería configuración de B en la misma totalidad.

Parte

III

Síntesis de la construcción

F7. Conclusión

La teoría exige la siguiente disciplina:

1. no tomar como verdadero ningún ajuste externo solo porque sea conocido;
2. no llamar demostración a una definición o a una normalización;
3. no derivar una medida cuantitativa de una distinción cualitativa sin introducir la escala;
4. no convertir una cadena abstracta en regresión operacional sin demostrar necesidad;
5. no usar $D = 3$, entropía o correspondencias posteriores para probar retrospectivamente $B > 0$;
6. no rebajar ningún cierre ya demostrado y excluir como fundamento toda entidad externa que no supere Ámbito.

Bibliografia

- [1] Bekenstein, J. D. (1973). Black Holes and Entropy. *Physical Review D*, 7(8), 2333–2346.
- [2] Hawking, S. W. (1975). Particle Creation by Black Holes. *Communications in Mathematical Physics*, 43(3), 199–220.
- [3] Hawking, S. W. (1976). Black Holes and Thermodynamics. *Physical Review D*, 13(2), 191–197.
- [4] 't Hooft, G. (1993). Dimensional Reduction in Quantum Gravity. arXiv:gr-qc/9310026.
- [5] Susskind, L. (1995). The World as a Hologram. *Journal of Mathematical Physics*, 36(11), 6377–6396.
- [6] Bousso, R. (2002). The Holographic Principle. *Reviews of Modern Physics*, 74(3), 825–874.
- [7] Einstein, A. (1915). Die Feldgleichungen der Gravitation. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*.
- [8] Planck, M. (1899). Über irreversible Strahlungsvorgänge. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie*.
- [9] Starobinsky, A. A. (1980). A New Type of Isotropic Cosmological Models Without Singularity. *Physics Letters B*, 91(1), 99–102.
- [10] Sotiriou, T. P., & Faraoni, V. (2010). $f(R)$ Theories of Gravity. *Reviews of Modern Physics*, 82(1), 451–497.
- [11] Heisenberg, W. (1925). Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen. *Zeitschrift für Physik*.
- [12] Dirac, P. A. M. (1930). *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford University Press.
- [13] von Neumann, J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Springer.
- [14] Friedmann, A. (1922). Über die Krümmung des Raumes. *Zeitschrift für Physik*, 10, 377–386.
- [15] Planck Collaboration. (2020). Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters. *Astronomy & Astrophysics*, 641, A6.
- [16] Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423.
- [17] Kolmogorov, A. N. (1965). Three approaches to the quantitative definition of information. *Problems of Information Transmission*, 1(1), 1–7.
- [18] Landauer, R. (1961). Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process. *IBM Journal of Research and Development*, 5(3), 183–191.
- [19] Bennett, C. H. (1982). The Thermodynamics of Computation. *International Journal of Theoretical Physics*, 21, 905–940.
- [20] Verlinde, E. P. (2011). On the Origin of Gravity and the Laws of Newton. *Journal of High Energy Physics*, 2011(4), 29.
- [21] Cardoso, V., Franzin, E., & Pani, P. (2016). Is the Gravitational-Wave Ringdown a Probe of the Event Horizon? *Physical Review Letters*, 116(17), 171101.

- [22] Abedi, J., Dykaar, H., & Afshordi, N. (2017). Echoes from the Abyss: Tentative Evidence for Planck-Scale Structure at Black Hole Horizons. *Physical Review D*, 96(8), 082004.
- [23] LISA Consortium. (2017). Laser Interferometer Space Antenna. arXiv:1702.00786.
- [24] DESI Collaboration. (2024). DESI 2024 VI: Cosmological Constraints from Baryon Acoustic Oscillations.
- [25] Euclid Collaboration. (2024). Euclid: Early Data Release and Cosmology Forecasts. *Astronomy & Astrophysics*.
- [26] Vera C. Rubin Observatory. (2023). LSST Science Book, Version 2.0.
- [27] Pontryagin, L. S. (1986). *Topological Groups*. Princeton University Press.
- [28] Chiribella, G., D'Ariano, G. M., & Perinotti, P. (2011). Informational derivation of quantum theory. *Physical Review A*, 84(1), 012311.
- [29] Hardy, L. (2011). Reformulating and reconstructing quantum theory. arXiv:1104.2066.
- [30] Rovelli, C. (2021). *Helgoland: Quantum Theory and the World*. Penguin Books.
- [31] Ehrenfest, P. (1917). In what way does it become manifest in the fundamental laws of physics that space has three dimensions? *Proceedings of the Amsterdam Academy*, 20, 200–209.
- [32] Huygens, C. (1690). *Traité de la Lumière*. Leyden: Pieter van der Aa.
- [33] Bertotti, B., Iess, L., & Tortora, P. (2003). A test of general relativity using radio links with the Cassini spacecraft. *Nature*, 425, 374–376.
- [34] Dolgov, A. D., & Kawasaki, M. (2003). Can modified gravity explain accelerated cosmic expansion? *Physics Letters B*, 573, 1–4.
- [35] Figueroa Gutiérrez, F. (2026). *Teoría sobre la Existencia Física de Azathoth como Campo Masivo en el Bulk: Un ejercicio de reductio ad absurdum para la necesidad del Principio de Inmanencia Absoluta*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.22310340>
- [36] Figueroa Gutiérrez, F. (2026). *Principio de la Inmanencia Absoluta y Teorema de la No Trascendencia*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21942531>
- [37] Figueroa Gutiérrez, F. (2026). *The B Principle: $f(R) = R/(1 + BR)$ as the Closed-Form Resummation of Quantum Gravity and the Unique Singularity-Free Gravitational Theory*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18821784>

Cierre final y auditoría de orden

La arquitectura completa se lee en el orden exigido:

distinguibilidad $\implies$ realizabilidad $\implies$ medibilidad $\implies$ determinación.

Ningún bloque posterior se utiliza como premisa de los capítulos que lo fundamentan. Las consecuencias demostradas conservan su rango y ningún bloque posterior puede rebajar el núcleo elemental.

Fin del documento.