

Realizabilidad Física Elemental

Teoría de la Distinción

Versión Integrada – Desarrollo por Reducción al Absurdo

Fernando Figueroa Gutiérrez

Investigador Independiente

Delicias, Chihuahua, México

Resumen

Este documento desarrolla una construcción deductiva de la realizabilidad física partiendo exclusivamente del criterio operacional de distinción. No se introduce inicialmente una geometría fundamental, una estructura espacial, un tiempo, una teoría de campos ni una unidad mínima de medida. Lo físico se define por la posibilidad de establecer una distinción mediante un procedimiento operacional finito. A partir de esta definición se examinan, mediante reducción al absurdo, las consecuencias necesarias para la existencia de distinciones, información física, soporte, refinamiento y cierre de las realizaciones. La información no se introduce como una sustancia o entidad adicional: es el contenido físicamente distinguible de una realización. El soporte tampoco se introduce como un nivel ontológico más profundo, sino como la realización en la cual una distinción se encuentra físicamente realizada. Se demuestra que una distinción físicamente realizable no puede poseer información nula, que requiere soporte y que una regresión infinita de soportes no puede constituir por sí misma un procedimiento finito de realización. Posteriormente se demuestra que, si una realización carece de carácter elemental, puede prolongarse mediante refinamientos físicos propios. Cuando dichos refinamientos son necesarios para la determinación de la realización, aparece una regresión informacional. El objetivo de esta primera construcción no es postular una unidad fundamental, sino determinar si su existencia resulta inevitable al examinar la alternativa contraria. En consecuencia, la cantidad elemental B no se introduce aquí como axioma: su posible existencia queda como resultado a demostrar en una etapa posterior.

Este trabajo se enmarca en el programa de investigación de la Teoría Σ [1–4], del cual constituye el fundamento operacional: el criterio de realizabilidad demostrado aquí es el punto de partida sobre el que se apoyan las construcciones geométricas y dinámicas presentadas en esos trabajos.

Índice

1	Definición de Ámbito y Primeras Consecuencias	3
2	Información Física	4
3	Soporte de una Distinción	5
4	Regresión del Soporte	6
5	Refinamiento Físico	6

6	De la Refinabilidad a la Regresión Operacional	8
7	Contenido Informacional de una Realización	9
8	Acumulación de Información	10
9	Límite de la Refinabilidad Física	11
10	Estado Lógico de la Construcción	12
11	Próximo Problema Deductivo	13
12	Preámbulo lógico	13
13	Inmanencia configuracional	14
14	Confinamiento y exclusión como restricciones de configuración	14
15	Información y soporte como una única realización	15
16	Regresión de la información	17
17	Existencia necesaria de la realización elemental	18
18	La unidad elemental	18
19	Identidad entre distinción, información y realización	19
20	De la realización a la forma	20
21	Forma como consecuencia de la agrupación	21
22	Dominio Configuracional	22

1 Definición de Ámbito y Primeras Consecuencias

Definición 1.1 (Ámbito de lo físico). *Se llama físico a aquello que admite un procedimiento operacional finito que lo distinga de su ausencia [5, 6]. Esta definición fija el ámbito de aquello de lo que habla la teoría. No introduce una estructura física adicional ni afirma inicialmente la existencia de una geometría, una unidad de medida o un sustrato.*

Teorema 1.2 (Existencia como distinción). *Una entidad pertenece al ámbito de lo físicamente existente si y sólo si puede establecerse mediante un procedimiento operacional finito una distinción objetiva entre su presencia y su ausencia.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que una entidad X pertenece al ámbito de lo físicamente existente, pero que no existe ningún procedimiento operacional finito capaz de distinguir su presencia de su ausencia. Entonces no existe ninguna diferencia físicamente establecible entre X y $\emptyset$.

Por tanto, X no puede ser identificada físicamente como diferente de su ausencia. Esto contradice la hipótesis de que X pertenece al ámbito de lo físicamente existente. Luego toda existencia física requiere una distinción operacionalmente realizable respecto de la ausencia. Recíprocamente, si existe tal procedimiento finito, la diferencia entre presencia y ausencia satisface precisamente la definición de ámbito de lo físico. Por tanto,

$$X \text{ físicamente existente} \iff X \text{ es físicamente distinguible de su ausencia.}$$

□

Teorema 1.3 (Contraste). *Toda distinción físicamente realizable requiere un contraste físicamente distinguible.*

Demostración. Supóngase, por reducción al absurdo, que existe una distinción físicamente realizable D que no establece ninguna diferencia respecto de ningún resultado alternativo. Entonces no existe ningún resultado frente al cual pueda determinarse operacionalmente qué significa la distinción D . Por tanto, ningún procedimiento operacional finito puede establecer objetivamente el contenido distintivo de D . Esto contradice el hecho de que D sea físicamente realizable. Luego toda distinción físicamente realizable requiere contraste. □

Teorema 1.4 (Diferencia física). *Toda distinción físicamente realizable determina una diferencia física objetiva entre los resultados que distingue.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que una distinción D es físicamente realizable, pero que no existe ninguna diferencia física objetiva entre los resultados que pretende distinguir. Entonces ningún procedimiento operacional finito podría obtener resultados diferentes al aplicar la distinción. Por tanto, D no produciría ningún contraste físicamente realizable. Esto contradice el Teorema 1.3. Luego toda distinción físicamente realizable determina una diferencia física objetiva. □

Teorema 1.5 (Finitud). *No existe una cadena infinita de distinciones $D_0, D_1, D_2, \dots$ tal que cada D_i requiera necesariamente a D_{i+1} para establecer operacionalmente su propia realización, cuando la verificación de D_0 deba completarse mediante un procedimiento operacional finito.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que existe una cadena

$$D_0 \longleftarrow D_1 \longleftarrow D_2 \longleftarrow \cdots$$

en la cual la realización de D_0 requiere establecer D_1 , la de D_1 requiere establecer D_2 , y así sucesivamente, sin condición de cierre. Entonces cualquier procedimiento que pretendiera establecer completamente D_0 tendría que continuar indefinidamente. Por tanto, no existiría un procedimiento operacional finito capaz de establecer D_0 . Esto contradice la definición de ámbito de lo físico. Luego una cadena de dependencias que requiera necesariamente infinitos pasos no puede constituir el procedimiento finito de realización de una distinción física. $\square$

2 Información Física

El Teorema 1.4 establece que toda distinción físicamente realizable determina una diferencia física objetiva. Corresponde ahora precisar qué significa que dicha diferencia constituya información física. No se introducirá la información como una entidad adicional a la realización. La información será identificada exclusivamente con el contenido de distinción físicamente realizable [7].

Definición 2.1 (Información Física). *Sea D una distinción físicamente realizable entre dos resultados mutuamente excluyentes. Se denomina información física asociada con D al hecho físico de que dichos resultados puedan ser distinguidos operacionalmente. Se denota este hecho por $I(D)$. La expresión*

$$I(D) > 0$$

indica que la distinción correspondiente es físicamente realizable.

La notación $I(D) > 0$ no introduce todavía una escala cuantitativa de información. La información no constituye una sustancia, un campo ni una entidad independiente de la realización. La información es el contenido físicamente distinguible de una distinción.

Definición 2.2 (Información Nula). *Se denomina información nula respecto de una distinción propuesta D a la ausencia de toda diferencia físicamente distinguible entre los resultados que D pretende separar. Se escribe*

$$I(D) = 0$$

si y sólo si ningún procedimiento operacional físicamente realizable puede distinguir los resultados considerados. Equivalentemente,

$$I(D) = 0 \iff \text{no existe diferencia físicamente distinguible.}$$

La información nula no constituye una entidad física adicional. El símbolo $I(D) = 0$ expresa únicamente que no existe contenido distinguible que permita realizar físicamente la distinción propuesta.

Teorema 2.3 (Positividad de la información realizable). *Toda distinción físicamente realizable posee información física no nula.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que existe una distinción físicamente realizable D tal que $I(D) = 0$. Por la Definición 2.2, $I(D) = 0$ significa que ningún procedimiento operacional físicamente realizable puede distinguir los resultados que D pretende separar.

Por tanto, D no constituye una diferencia físicamente realizable. Esto contradice la hipótesis inicial de que D es una distinción físicamente realizable. Luego

$$D \text{ físicamente realizable} \implies I(D) > 0.$$

□

Corolario 2.4 (Caracterización de la información nula). *Si $I(D) = 0$, entonces D no constituye una distinción físicamente realizable.*

Demostración. Supóngase lo contrario: que D es físicamente realizable. Por el Teorema 2.3 tendría que cumplirse $I(D) > 0$, lo cual contradice $I(D) = 0$. Por tanto,

$$I(D) = 0 \implies D \text{ no es físicamente realizable.}$$

□

3 Soporte de una Distinción

La información física no puede considerarse separadamente de aquello en lo que la distinción se realiza [8,9]. Para evitar introducir jerarquías, niveles o estructuras adicionales, el soporte se define únicamente como la realización en la cual una distinción se encuentra físicamente realizada.

Definición 3.1 (Soporte físico). *Sea D una distinción físicamente realizable. Una realización física S es un soporte de D si la distinción D se encuentra físicamente realizada en S . Se escribe*

$$S \Vdash D.$$

La relación $\Vdash$ no implica anterioridad temporal, jerarquía ontológica, dimensión adicional, causalidad ni “nivel” de fundamentación. Expresa exclusivamente que la distinción D tiene realización física en S .

Teorema 3.2 (Existencia de soporte). *Toda distinción físicamente realizable posee al menos un soporte físico.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que existe una distinción físicamente realizable D que no posee ningún soporte físico. Por definición, una distinción físicamente realizable debe estar realizada físicamente. Pero si no existe ninguna realización S tal que $S \Vdash D$, entonces D no posee realización física. Esto contradice la hipótesis de que D es físicamente realizable. Por tanto,

$$I(D) > 0 \implies \exists S : S \Vdash D.$$

□

Teorema 3.3 (Distinguibilidad del soporte). *Todo soporte que constituya por sí mismo una realización física debe ser físicamente distinguible.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que una realización S constituye físicamente un soporte, pero que S no puede distinguirse de su ausencia. Entonces no existe ningún procedimiento operacional finito capaz de establecer la diferencia $S \neq \emptyset$. Por el Teorema 1.2, S no puede constituir una realización físicamente existente. Esto contradice la hipótesis de que S constituye un soporte físico realizado. Por tanto, todo soporte que constituya una realización física debe ser físicamente distinguible. □

4 Regresión del Soporte

El resultado anterior establece que una distinción físicamente realizable posee soporte y que un soporte físicamente realizado debe ser a su vez distinguible. Todavía no se ha demostrado que todo soporte requiera otro soporte. La regresión no se introducirá por definición como una necesidad ontológica. Se define únicamente como una posibilidad que será examinada.

Definición 4.1 (Cadena de soporte). *Una cadena de soporte es una sucesión de realizaciones físicamente distinguibles $X_0, X_1, X_2, \dots$ tal que*

$$X_{n+1} \Vdash X_n$$

para cada $n \in \mathbb{N}_0$.

Definición 4.2 (Regresión infinita de soporte). *Existe una regresión infinita de soporte cuando una cadena de soporte puede prolongarse indefinidamente*

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

sin que exista un término X_n para el cual la realización pueda quedar cerrada sin requerir un soporte adicional.

Esta definición no afirma que dicha regresión exista físicamente. Únicamente determina con precisión qué tendría que ocurrir para que existiera.

Teorema 4.3 (Imposibilidad de realización mediante regresión infinita). *Una realización físicamente verificable no puede depender de una cadena de soporte cuya verificación requiera necesariamente recorrer infinitos términos sin condición de cierre.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que una realización físicamente verificable X_0 depende de una cadena

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

que no posee término de cierre, de modo que establecer la realización de X_0 requiere establecer la realización de X_1 , establecer X_1 requiere establecer X_2 , y así sucesivamente.

Por la definición de ámbito físico, la realización de X_0 debe poder establecerse mediante un procedimiento operacional finito. Pero, por hipótesis, cualquier procedimiento que establezca la realización de X_0 debe continuar indefinidamente. Por tanto, ningún procedimiento que requiera completar esa cadena puede ser finito. Esto contradice la definición de ámbito físico. Luego una realización físicamente verificable no puede depender de una regresión infinita de soporte cuya verificación requiera recorrer infinitos términos. $\square$

5 Refinamiento Físico

La ausencia de una realización elemental sólo puede conducir a una regresión físicamente relevante si cada subdivisión considerada constituye por sí misma una nueva distinción físicamente realizable [10]. No basta, por tanto, con introducir una partición matemática arbitraria. La subdivisión debe conservar realidad física.

Definición 5.1 (Refinamiento físico propio). *Sean X e Y realizaciones físicamente distinguibles. Se dice que Y es un refinamiento físico propio de X cuando:*

1. $Y \Vdash X$;
2. $Y \neq X$;
3. la diferencia entre Y y X es físicamente distinguible;
4. Y constituye por sí misma una realización físicamente realizable.

Se escribe $Y \prec X$ para expresar que Y es un refinamiento físico propio de X .

La relación $\prec$ no presupone distancia, tiempo, geometría, dimensión ni jerarquía ontológica. Únicamente expresa que una realización físicamente distinguible puede ser reemplazada por otra realización físicamente distinguible que constituye una determinación adicional de aquella realización.

Lema 5.2 (Irreflexividad del refinamiento). *No existe ninguna realización físicamente realizable X tal que $X \prec X$.*

Demostración. Por definición de refinamiento físico propio, $Y \prec X$ requiere $Y \neq X$. Si se supone $X \prec X$, entonces debería cumplirse simultáneamente $X \neq X$. Esto constituye una contradicción lógica. Por tanto,

$$\nexists X : X \prec X.$$

□

Lema 5.3 (Distinción necesaria del refinamiento). *Si $Y \prec X$, entonces existe información física asociada con la diferencia entre Y y X .*

Demostración. Por definición de refinamiento físico propio, Y y X son físicamente distinguibles. Supóngase que la diferencia entre ambos tuviera información nula. Entonces $I(Y, X) = 0$. Por la Definición 2.2, esto significaría que ningún procedimiento operacional físicamente realizable podría distinguir Y de X . Pero la definición de $Y \prec X$ exige precisamente que esa diferencia sea físicamente distinguible. Contradicción. Por tanto,

$$Y \prec X \implies I(Y, X) > 0.$$

□

Definición 5.4 (Realización elemental). *Una realización físicamente realizable B_i es elemental si no existe ningún refinamiento físico propio de ella:*

$$B_i \text{ elemental} \iff \nexists Y : Y \prec B_i.$$

Esta definición no supone todavía que una realización elemental posea una medida mínima. La elementalidad expresa únicamente la imposibilidad de obtener una nueva realización físicamente distinguible mediante un refinamiento físico propio.

Teorema 5.5 (Existencia de refinamiento bajo ausencia de elementalidad). *Sea X una realización físicamente realizable. Si X no es elemental, entonces existe una realización físicamente realizable Y tal que $Y \prec X$.*

Demostración. La definición de realización elemental establece

$$X \text{ elemental} \iff \nexists Y : Y \prec X.$$

Supóngase ahora, por reducción al absurdo, que X no es elemental pero que no existe ninguna realización Y tal que $Y \prec X$. Entonces, por definición, X es elemental. Esto contradice la hipótesis de que X no es elemental. Por tanto,

$$X \text{ no elemental} \implies \exists Y : Y \prec X.$$

□

Teorema 5.6 (Ausencia universal de realización elemental). *Supóngase que no existe ninguna realización elemental en el dominio de realizaciones físicamente distinguibles. Entonces, para toda realización físicamente realizable X_0 , puede construirse una sucesión $X_0, X_1, X_2, \dots$ tal que $X_{n+1} \prec X_n$ para todo $n \in \mathbb{N}_0$.*

Demostración. Sea X_0 una realización físicamente realizable. Por hipótesis, ninguna realización es elemental. En particular, X_0 no es elemental. Por el Teorema 5.5, existe una realización X_1 tal que $X_1 \prec X_0$. Como X_1 es físicamente realizable y, por hipótesis, ninguna realización es elemental, existe nuevamente una realización X_2 tal que $X_2 \prec X_1$. Repitiendo el mismo razonamiento se obtiene

$$X_0 \succ X_1 \succ X_2 \succ \dots$$

con $X_{n+1} \prec X_n$ para todo $n \in \mathbb{N}_0$. Por tanto, la ausencia universal de realizaciones elementales permite prolongar indefinidamente una cadena de refinamientos físicamente realizables. □

Corolario 5.7 (Alternativa fundamental). *En el dominio de realizaciones físicamente distinguibles sólo pueden darse las siguientes alternativas:*

1. *existe al menos una realización elemental; o*
2. *ninguna realización es elemental y, por tanto, toda realización puede prolongarse mediante una cadena infinita de refinamientos físicamente propios.*

Demostración. La segunda posibilidad es exactamente la hipótesis del Teorema 5.6. Si dicha hipótesis no se cumple, existe al menos una realización que no admite refinamiento físico propio, que es precisamente una realización elemental. Por tanto, las dos posibilidades son exhaustivas. □

6 De la Refinabilidad a la Regresión Operacional

El resultado anterior todavía no permite afirmar que la segunda alternativa sea físicamente imposible. Una cadena infinita de refinamientos puede existir como construcción abstracta sin que una medición concreta tenga que recorrerla completa. Para convertir la segunda alternativa en una contradicción física es necesario demostrar algo adicional:

$$\text{refinamiento físicamente real} \implies \text{relevancia operacional para la realización.}$$

Sólo bajo esta condición la ausencia de una realización elemental produciría la regresión operacional infinita excluida por el Teorema 4.3.

Definición 6.1 (Refinamiento operacionalmente necesario). *Un refinamiento $Y \prec X$ es operacionalmente necesario para X cuando establecer físicamente la realización completa de X requiere establecer la distinción correspondiente a Y . Se escribe $Y \prec_{\text{op}} X$.*

La relación $Y \prec X$ no implica por sí misma $Y \prec_{\text{op}} X$. Esta distinción evita identificar indebidamente una estructura física con el procedimiento utilizado para verificarla.

Teorema 6.2 (Condición necesaria para la contradicción por ausencia de elementalidad). *Si para alguna realización físicamente realizable X_0 se cumplen simultáneamente:*

1. X_0 no es elemental;
2. todo refinamiento físicamente propio de X_n es operacionalmente necesario para establecer completamente X_n ;
3. toda realización obtenida por refinamiento vuelve a ser físicamente realizable;
4. ningún procedimiento finito puede sustituir la sucesión indefinida de refinamientos por una condición de cierre independiente;

entonces la ausencia de una realización elemental conduce a una regresión operacional infinita.

Demostración. Por el Teorema 5.6, si ninguna realización es elemental puede construirse $X_0 \succ X_1 \succ X_2 \succ \dots$ con $X_{n+1} \prec X_n$. Por la segunda hipótesis, cada refinamiento es operacionalmente necesario para establecer la realización anterior. Por tanto, para establecer X_0 debe establecerse X_1 . Para establecer X_1 debe establecerse X_2 . Y, en general, para establecer X_n debe establecerse X_{n+1} . Así se obtiene

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

como una dependencia necesaria entre verificaciones. La tercera hipótesis garantiza que cada término de la cadena pertenece al dominio de realizaciones físicamente distinguibles. La cuarta hipótesis excluye la posibilidad de cerrar la cadena mediante una regla independiente después de un número finito de pasos. Por tanto, la cadena satisface las condiciones de una regresión operacional infinita. Esto contradice el Teorema 4.3. $\square$

7 Contenido Informacional de una Realización

Hasta este punto se ha distinguido entre una realización física y las posibles distinciones que pueden establecerse en ella. El problema siguiente consiste en determinar si una realización puede contener indefinidamente nuevas distinciones físicamente realizables sin que exista un límite de realización. La respuesta no puede obtenerse suponiendo de antemano una medida mínima. Debe obtenerse examinando qué significa que una nueva distinción sea físicamente real.

Definición 7.1 (Distinción contenida). *Sean D y X realizaciones físicamente distinguibles. Se dice que D es una distinción contenida en X cuando existe una realización S tal que $S \Vdash D$ y $S \Vdash X$. La expresión $D \subset_{\text{phys}} X$ indica que D se encuentra físicamente realizada en el mismo soporte que realiza X .*

La relación $\subset_{\text{phys}}$ no representa todavía inclusión geométrica. No se presupone que exista una región espacial contenida en otra. Únicamente se afirma que ambas distinciones poseen una realización física común.

Definición 7.2 (Nueva distinción). *Sean D_1 y D_2 dos distinciones físicamente realizables. Se dice que D_2 constituye una nueva distinción respecto de D_1 cuando existe al menos un resultado físicamente posible que es distinguido por D_2 y no por D_1 .*

Teorema 7.3 (Nueva distinción implica nueva información). *Toda nueva distinción físicamente realizable introduce información física no nula respecto de la descripción anterior.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que D_2 constituye una nueva distinción respecto de D_1 , pero que la diferencia entre ambas posee información nula. Entonces $I(D_2, D_1) = 0$. Por la Definición 2.2, ningún procedimiento operacional físicamente realizable puede distinguir el resultado determinado por D_2 del resultado determinado por D_1 . Pero D_2 fue definida como una nueva distinción respecto de D_1 . Por tanto, debe existir al menos un resultado físicamente distinguible por D_2 que no sea distinguido por D_1 . Esto contradice $I(D_2, D_1) = 0$. Luego toda nueva distinción físicamente realizable introduce información física no nula. $\square$

Teorema 7.4 (La subdivisión física requiere distinción). *Si una realización X admite una subdivisión físicamente realizable en realizaciones mutuamente distinguibles, entonces la subdivisión introduce información física adicional respecto de la descripción de X sin dicha subdivisión.*

Demostración. Supóngase que X puede realizarse mediante dos resultados físicamente distinguibles X_1 y X_2 . Si la subdivisión no introdujera ninguna información adicional, entonces los resultados X_1 y X_2 serían operacionalmente indistinguibles. Por la Definición 2.2, ello implicaría $I(X_1, X_2) = 0$. Pero una subdivisión físicamente realizable exige precisamente que X_1 y X_2 constituyan resultados distinguibles. Se obtiene una contradicción. Por tanto, toda subdivisión físicamente realizable en resultados mutuamente distinguibles introduce información física adicional. $\square$

8 Acumulación de Información

Cuando una realización adquiere una nueva distinción físicamente realizable, aparece contenido informacional que no estaba presente en la descripción anterior.

Definición 8.1 (Acumulación informacional). *Una sucesión de realizaciones $X_0, X_1, X_2, \dots$ presenta acumulación informacional cuando cada paso $X_n \rightarrow X_{n+1}$ introduce al menos una nueva distinción físicamente realizable respecto del estado de distinción anterior.*

Teorema 8.2 (Acumulación por refinamiento). *Toda cadena de refinamientos físicos propios $X_0 \succ X_1 \succ X_2 \succ \dots$ genera una sucesión de nuevas distinciones físicamente realizables.*

Demostración. Por definición de refinamiento físico propio, $X_{n+1} \prec X_n$ implica que X_{n+1} constituye una realización físicamente distinta de X_n . Por el Teorema 7.3, la nueva distinción posee información física no nula. Por tanto, cada paso de la cadena introduce una nueva distinción físicamente realizable. $\square$

Teorema 8.3 (No puede eliminarse una distinción física sin eliminar su información). *Si una distinción físicamente realizable D ha sido establecida y posteriormente deja de ser distinguible, entonces ha desaparecido el contenido físico que realizaba dicha distinción.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que la distinción D continúa físicamente realizada aunque ningún procedimiento operacional pueda distinguir nuevamente los resultados que D diferenciaba. Entonces, por la Definición 2.2, $I(D) = 0$. Pero, mientras D continuara siendo una distinción físicamente realizada, el Teorema 2.3 exigiría $I(D) > 0$. Contradicción. Por tanto, cuando una distinción deja de ser físicamente distinguible, el contenido físico que realizaba dicha distinción deja de estar presente como tal. $\square$

Observación 8.4 (Alcance de la acumulación). *El resultado anterior no afirma todavía que la información total del universo sea necesariamente creciente. Afirma algo más elemental: una distinción físicamente existente no puede permanecer físicamente existente mientras su contenido distintivo haya desaparecido por completo. La conservación, transformación o redistribución de información requiere un análisis posterior de las relaciones entre distinciones.*

9 Límite de la Refinabilidad Física

Ya puede formularse la cuestión central. Supóngase que una realización X_0 pudiera refinarse indefinidamente: $X_0 \succ X_1 \succ X_2 \succ \dots$. Cada refinamiento introduce una nueva distinción físicamente realizable. Para convertir esta cadena en una contradicción no basta con señalar que tiene infinitos términos. Es necesario demostrar que cada una de esas nuevas distinciones debe formar parte de la determinación física de la realización anterior.

Definición 9.1 (Refinamiento necesario). *Un refinamiento $Y \prec X$ es necesario para la realización de X si la eliminación de la distinción introducida por Y modifica la realización física de X de manera físicamente distinguible. Se escribe $Y \prec^* X$.*

Esta definición distingue dos situaciones. Puede existir una distinción físicamente real que no sea necesaria para la realización de una determinada descripción. En cambio, si $Y \prec^ X$, la distinción introducida por Y forma parte de aquello que hace que X sea físicamente la realización que es.*

Teorema 9.2 (Refinamiento necesario y soporte). *Si $Y \prec^* X$, entonces la información introducida por Y pertenece necesariamente a la realización física de X .*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que $Y \prec^* X$ pero que la información introducida por Y no pertenece a la realización física de X . Entonces podría eliminarse dicha distinción sin producir ninguna diferencia físicamente observable en X . Por tanto, existiría una realización X' indistinguible físicamente de X aunque careciera de la distinción introducida por Y . Esto contradice la definición de refinamiento necesario, según la cual la eliminación de dicha distinción debe modificar X de manera físicamente distinguible. Por tanto, toda información introducida por un refinamiento necesario forma parte de la realización física correspondiente. $\square$

Teorema 9.3 (Regresión informacional). *Si una realización físicamente realizable X_0 admite una cadena infinita de refinamientos necesarios $X_0 \succ^* X_1 \succ^* X_2 \succ^* \dots$, entonces la determinación física completa de X_0 requiere una cadena infinita de distinciones físicamente necesarias.*

Demostración. Por el Teorema 9.2, la información introducida por $X_1 \prec^* X_0$ pertenece necesariamente a la realización física de X_0 . Del mismo modo, la información introducida por $X_2 \prec^* X_1$ pertenece necesariamente a la realización de X_1 . Como X_1 es necesario para la determinación de X_0 , la distinción introducida por X_2 pasa a formar parte de una cadena de determinaciones físicamente necesarias para X_0 . Repitiendo el argumento, $X_{n+1} \prec^* X_n$ introduce para cada n una nueva

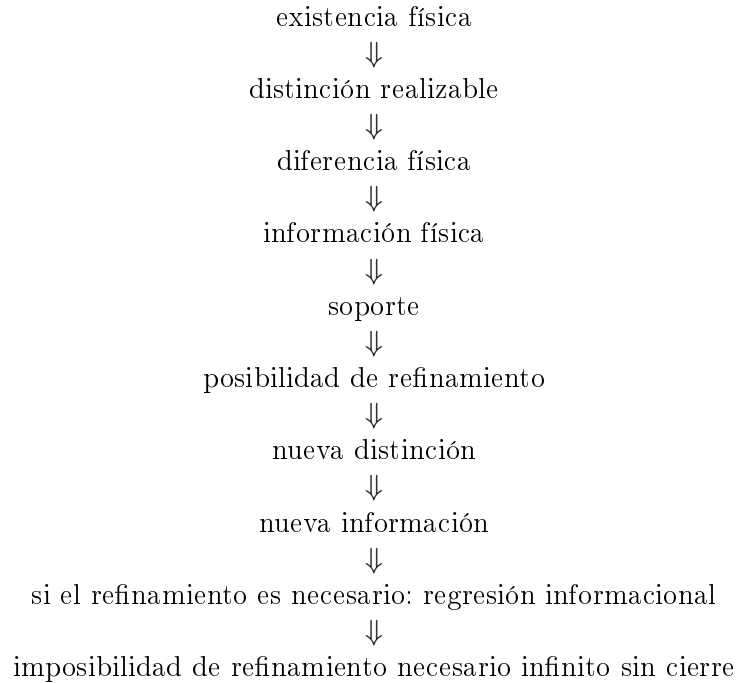
distinción que no puede eliminarse sin modificar físicamente la realización precedente. Por tanto, determinar completamente X_0 exige distinguir $X_1, X_2, X_3, \dots$ sin que exista un último refinamiento. Luego la determinación física completa de X_0 contiene una regresión infinita de distinciones necesarias. $\square$

Corolario 9.4 (Condición para el cierre elemental). *Si una realización físicamente realizable debe poder quedar completamente determinada mediante un procedimiento operacional finito, entonces no puede admitir una cadena infinita de refinamientos necesarios sin una regla finita de cierre.*

Demostración. Supóngase que existe una cadena infinita de refinamientos necesarios sin regla finita de cierre. Por el Teorema 9.3, la determinación completa de la realización requiere una cadena infinita de distinciones físicamente necesarias. Por tanto, la determinación no puede quedar cerrada mediante un procedimiento operacional finito. Esto contradice la condición de realizabilidad operacional finita. Luego una realización físicamente realizable no puede admitir una cadena infinita de refinamientos necesarios sin condición de cierre. $\square$

10 Estado Lógico de la Construcción

Hasta este punto se ha establecido la siguiente cadena deductiva:



Todavía no se ha introducido una geometría fundamental. Tampoco se ha supuesto una distancia, un tiempo, una dimensión espacial, un campo, una partícula, una métrica ni una unidad mínima de área. En particular, todavía no se ha postulado B .

Observación 10.1 (Punto pendiente). *La cuestión decisiva que permanece abierta es la siguiente: ¿Qué forma debe adoptar una realización físicamente cerrada cuando todas las distinciones físicamente realizables requieren soporte y toda refinabilidad físicamente necesaria infinita conduce a regresión?*

La respuesta no puede introducirse mediante una hipótesis geométrica externa. Debe obtenerse examinando la estructura mínima que permite que una distinción permanezca físicamente realizable después del cierre de toda refinabilidad necesaria. Si esa estructura posee necesariamente una medida común y no divisible físicamente, entonces podrá definirse una cantidad elemental B como resultado de la demostración. Sólo después deberá estudiarse si las realizaciones físicas finitas pueden expresarse como agrupaciones de tales unidades:

$$A = BN, \quad N \in \mathbb{N}.$$

Esta relación tampoco se introduce todavía como axioma.

Observación 10.2 (Principio metodológico). *Toda afirmación posterior deberá clasificarse según su estado lógico. Una afirmación será:*

- ***demostrada*** si se sigue de resultados anteriores mediante una demostración válida;
- ***contradictoria*** si su negación conduce a una contradicción dentro del ámbito físico definido;
- ***hipótesis*** si debe introducirse independientemente;
- ***resultado abierto*** si todavía no se ha demostrado.

No se utilizará una identificación con teorías físicas existentes para cerrar una demostración que todavía no haya sido obtenida internamente. Las correspondencias con geometría, relatividad, teoría cuántica, información, termodinámica u otras estructuras físicas deberán aparecer posteriormente como consecuencias, equivalencias demostradas o predicciones contrastables, nunca como premisas ocultas.

11 Próximo Problema Deductivo

El siguiente problema de la construcción queda formulado de manera precisa: *¿Puede existir una realización físicamente cerrada que no sea elementalmente indivisible?*

La respuesta deberá obtenerse por reducción al absurdo. La alternativa que se investigará será: *toda realización cerrada admite un refinamiento físico propio*. Si esta alternativa implica necesariamente una cadena infinita de distinciones necesarias, entonces contradice la condición de realización operacional finita. Si, por el contrario, el refinamiento puede detenerse sin introducir una nueva distinción, habrá que demostrar qué condición física produce ese cierre. El objetivo inmediato es, por tanto, determinar si existe necesariamente una realización elemental y, en caso afirmativo, qué propiedades deben tener todas las realizaciones elementales. Sólo después de cerrar este paso será legítimo investigar la forma de su agrupación y la aparición de una medida elemental común.

12 Preámbulo lógico

Los resultados establecidos anteriormente permiten formular ahora una cadena lógica única. Una realización físicamente existente debe ser distinguible. Toda distinción físicamente realizable constituye información. Toda información físicamente realizada debe realizarse en aquello que la sostiene. Si ese soporte pudiera requerir indefinidamente otro soporte sin alcanzar una realización cerrada,

la realización inicial no podría quedar establecida mediante un procedimiento operacional finito. El objetivo de este capítulo es cerrar esta cadena sin introducir una entidad fundamental adicional. En particular, no se supondrá previamente: espacio, distancia, tiempo, geometría, fuerza, campo, B . Estas magnitudes sólo podrán aparecer después de que las restricciones de realizabilidad hayan determinado la estructura de las realizaciones.

13 Inmanencia configuracional

El Principio de Inmanencia Operativa establece que toda propiedad física debe poseer una realización operacional dentro del sistema de relaciones físicamente accesibles [11]. La distinción entre cerradura epistémica y cerradura ontológica es esencial: el argumento siguiente no afirma metafísicamente que “no exista un exterior”. Demuestra algo más preciso: un exterior que no pueda participar en ninguna relación físicamente realizable no puede funcionar como componente físico de una configuración.

Teorema 13.1 (Inmanencia configuracional). *Toda propiedad físicamente atribuible a una configuración debe poseer una realización operacional dentro de la configuración o mediante una relación físicamente realizable con ella.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que una configuración físicamente realizable C posee una propiedad física P cuya realización depende exclusivamente de una estructura E completamente inaccesible a toda relación físicamente realizable con C . Para que P sea una propiedad física de C , debe existir una diferencia físicamente distinguible entre la presencia de P y su ausencia. Por hipótesis, toda realización de P depende exclusivamente de E , pero ninguna relación físicamente realizable conecta E con C . Por tanto, ningún procedimiento físico realizado desde C puede distinguir (C, P) de $(C, \neg P)$. Luego P no constituye una propiedad físicamente realizable de C . Esto contradice la hipótesis inicial de que P es una propiedad física de C . Por tanto,

P físicamente realizable para $C \implies P$ posee realización operacional accesible a C .

□

Corolario 13.2 (Cierre operacional). *Una configuración físicamente realizable es cerrada respecto de las distinciones que constituyen su realización física. Esto no constituye una afirmación metafísica acerca de un “afuera” absoluto. Significa que ninguna estructura completamente inaccesible puede desempeñar una función física dentro de la configuración.*

Demostración. Es consecuencia inmediata del Teorema 13.1.

□

14 Confinamiento y exclusión como restricciones de configuración

La Inmanencia Configuracional impide que una distinción físicamente realizada abandone absolutamente la red de relaciones que permite su realización. La Exclusión Ontológica impide, por otra parte, que dos distinciones físicamente diferentes sean identificadas con una misma realización. Ambas restricciones deben entenderse conjuntamente [12, 13].

Teorema 14.1 (Confinamiento configuracional). *Ninguna distinción físicamente realizable puede quedar completamente aislada de toda relación físicamente realizable con la configuración de la cual forma parte.*

Demostración. Supóngase, por reducción al absurdo, que existe una distinción D físicamente realizable que queda completamente aislada de toda otra realización. Para establecer físicamente que D existe como parte de una configuración debe ser posible distinguir su presencia de su ausencia respecto de dicha configuración. Pero, al estar completamente aislada, no existe relación físicamente realizable mediante la cual pueda establecerse tal contraste. Por el criterio de existencia como distinción, D dejaría entonces de constituir una realización física identificable dentro de la configuración. Esto contradice la hipótesis de que D es físicamente realizable como parte de ella. Por tanto,

D físicamente realizable $\implies D$ pertenece a una red relacional físicamente realizable.

□

Teorema 14.2 (Exclusión configuracional). *Sean D_i y D_j dos distinciones físicamente diferentes, y sean S_i, S_j realizaciones físicas tales que $S_i \Vdash D_i$ y $S_j \Vdash D_j$. Entonces S_i y S_j no pueden constituir una única realización física indistinguible. En particular,*

$$D_i \neq D_j \implies S_i \neq S_j.$$

Esta formulación no presupone todavía que D_i o D_j posean una realización elemental: la elementalidad, y la estructura de conjunto que permite hablar de intersección entre realizaciones elementales, sólo quedan establecidas a partir del Teorema 17.1 y la Definición 18.1. El Corolario 19.2 traduce este mismo resultado a esos términos una vez disponibles.

Demostración. Supóngase por reducción al absurdo que $D_i \neq D_j$ pero que S_i y S_j constituyen exactamente la misma realización física. Entonces cualquier procedimiento físico aplicado a dicha realización obtendría el mismo resultado para D_i y D_j . No existiría, por tanto, ningún procedimiento físicamente realizable que estableciera la diferencia entre ambas. Pero una diferencia físicamente no distinguible no constituye una distinción física independiente. Esto contradice la hipótesis $D_i \neq D_j$. Por tanto, dos distinciones físicamente diferentes requieren realizaciones físicamente no idénticas:

$$D_i \neq D_j \implies S_i \neq S_j.$$

□

Teorema 14.3 (Equilibrio configuracional). *Toda configuración físicamente realizable queda limitada simultáneamente por confinamiento y exclusión. Por tanto, ninguna evolución físicamente realizable puede consistir en separación absoluta de una distinción respecto de la configuración ni en identificación absoluta de dos distinciones diferentes.*

Demostración. La separación absoluta contradice el Teorema 14.1. La identificación absoluta contradice el Teorema 14.2. Luego ambas posibilidades están excluidas. No queda una tercera estructura física independiente que deba introducirse para mantener las distinciones. La configuración debe reorganizarse internamente respetando simultáneamente ambas restricciones. □

15 Información y soporte como una única realización

El paso decisivo consiste en evitar una separación artificial entre información y soporte. La información no puede existir físicamente sin una realización en la cual exista la diferencia que constituye dicha información. Pero el soporte tampoco puede constituir una entidad física independiente si

no posee ninguna distinción físicamente realizable. Por tanto, ambas direcciones deben examinarse mediante reducción al absurdo.

Teorema 15.1 (Necesidad mutua de información y realización). *Para toda realización físicamente existente X :*

$$X \text{ físicamente existente} \implies I(X) > 0,$$

y para toda información físicamente realizada I :

$$I > 0 \implies \exists X (X \Vdash I).$$

Demostración. La primera implicación es consecuencia de la definición de existencia como distinción: si X existe físicamente, debe existir una diferencia físicamente realizable que permita distinguir X de su ausencia. Por tanto, $I(X) > 0$.

Para la segunda, supóngase que existe información físicamente realizada $I > 0$ sin ninguna realización que la soporte. Entonces la información existiría sin que existiera aquello en lo cual se realiza la diferencia que constituye su contenido. En consecuencia, no habría procedimiento físico mediante el cual la información pudiera manifestarse o distinguirse de su ausencia. Esto contradice $I > 0$. Por tanto,

$$I > 0 \implies \exists X : X \Vdash I.$$

□

Teorema 15.2 (No independencia física del soporte). *Un soporte que constituya una entidad física independiente no puede carecer de información físicamente distinguible.*

Demostración. Supóngase por reducción al absurdo que S constituye una entidad física independiente pero $I(S) = 0$. Entonces no existe ninguna diferencia físicamente distinguible que permita identificar S como una realización independiente. Por tanto, S no satisface el criterio de existencia física como distinción. Esto contradice la hipótesis de que S es una entidad física independiente. Luego,

$$S \text{ físicamente independiente} \implies I(S) > 0.$$

□

Teorema 15.3 (Identidad física de información y soporte). *En una realización elemental, la información realizada y el soporte que la realiza no constituyen dos entidades físicas independientes.*

Demostración. Supóngase por reducción al absurdo que una realización elemental B_i contiene dos entidades físicamente separables: I_i y S_i , donde I_i es la información y S_i es su soporte. Si son físicamente separables, debe existir alguna distinción físicamente realizable entre ellos. Pero entonces existe dentro de B_i una realización adicional que distingue $I_i \neq S_i$. Esto significa que B_i contiene una estructura físicamente propia que puede distinguirse de la realización elemental considerada. Por definición de elementalidad, tal subrealización físicamente distinguible no puede existir. La hipótesis es contradictoria. Por tanto,

$$I_i \equiv S_i \equiv B_i.$$

La información no está contenida en el soporte como una sustancia distinta. La información y el soporte son dos descripciones de la misma realización física elemental. □

16 Regresión de la información

El resultado anterior permite precisar el punto crítico de la regresión. Una subdivisión física sólo es relevante para la realización de X si introduce una distinción que participa físicamente en aquello que hace que X sea distinguible. Por ello no basta con construir una sucesión matemática de subconjuntos. Debe demostrarse que cada término representa una realización física propia y necesaria para establecer el anterior.

Definición 16.1 (Refinamiento físicamente propio). *Sean Y y X realizaciones físicamente distinguibles. Se dice que $Y \prec X$ si Y constituye una subrealización físicamente propia de X , es decir, si $Y \neq X$ y la diferencia entre Y y X es físicamente realizable.*

Definición 16.2 (Refinamiento operacionalmente necesario). *Un refinamiento físicamente propio $Y \prec X$ es operacionalmente necesario para X , y se escribe $Y \prec_{\text{op}} X$, si establecer físicamente la realización completa de X requiere establecer también la distinción físicamente realizada por Y .*

Teorema 16.3 (La información realizada no puede ocultar indefinidamente su propia realización). *Sea X una realización físicamente existente. Si una subrealización $Y \prec X$ constituye información físicamente necesaria para distinguir X de su ausencia, entonces $Y \prec_{\text{op}} X$.*

Demostración. Supóngase por reducción al absurdo que Y constituye una diferencia físicamente necesaria para distinguir X de su ausencia, pero que $Y \not\prec_{\text{op}} X$. Entonces sería posible establecer físicamente la realización de X sin establecer la diferencia correspondiente a Y . En consecuencia, la distinción realizada por Y no participaría físicamente en aquello que permite distinguir X de su ausencia. Pero la hipótesis establece precisamente que Y es información físicamente necesaria para esa distinción. Contradicción. Por tanto,

$$Y \text{ información físicamente necesaria para } X \implies Y \prec_{\text{op}} X.$$

□

Teorema 16.4 (Imposibilidad de regresión infinita de realizaciones físicamente necesarias). *No puede existir una realización físicamente verificable X_0 cuya realización completa requiera una cadena infinita $X_0 \leftarrow X_1 \leftarrow X_2 \leftarrow \dots$ tal que $X_{n+1} \prec_{\text{op}} X_n$ para todo n y no exista ninguna condición de cierre.*

Demostración. Supóngase, por reducción al absurdo, que existe tal X_0 . Por definición de $\prec_{\text{op}}$, establecer físicamente X_0 requiere establecer X_1 . Pero establecer X_1 requiere establecer X_2 . Continuando,

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

cada realización requiere operacionalmente la siguiente. Como la cadena no posee condición de cierre, ningún número finito de operaciones permite completar la realización de X_0 . Esto contradice el criterio de realizabilidad física, según el cual una realización físicamente existente debe poder establecerse mediante un procedimiento operacional finito. Por tanto,

$$\text{realización física} \implies \text{cierre finito de toda cadena de soporte necesaria.}$$

□

17 Existencia necesaria de la realización elemental

Ya puede cerrarse ahora el argumento que anteriormente permanecía condicional.

Teorema 17.1 (Existencia de realización elemental). *Toda realización físicamente existente posee una realización elemental en su cadena de soporte físico.*

Demostración. Procedamos por reducción al absurdo. Supóngase que existe una realización físicamente existente X_0 que no posee ninguna realización elemental. Entonces X_0 no puede ser irreducible respecto de realizaciones físicamente propias. Por tanto, existe una realización $X_1 \prec X_0$. Si X_1 fuera elemental, la hipótesis quedaría contradicha. Luego X_1 tampoco es elemental y, por tanto, existe $X_2 \prec X_1$. Repitiendo el razonamiento se obtiene

$$X_0 \succ X_1 \succ X_2 \succ \cdots .$$

Para que esta cadena sea físicamente relevante para la realización de X_0 , cada refinamiento que constituya contenido físico necesario debe ser operacionalmente necesario. Pero entonces se obtiene una cadena

$$X_0 \leftarrow X_1 \leftarrow X_2 \leftarrow \cdots$$

de realizaciones físicamente necesarias sin condición de cierre. Por el Teorema 16.4, tal cadena no puede corresponder a una realización físicamente verificable. Esto contradice la hipótesis inicial de que X_0 es físicamente existente. Por tanto, la ausencia de una realización elemental es imposible.

$$X \text{ físicamente realizable} \implies \exists B_i \text{ elemental.}$$

□

Corolario 17.2 (Cierre elemental). *Toda cadena de refinamientos físicamente necesarios termina en una realización que no posee una subrealización físicamente distinguible necesaria para su propia realización.*

Demostración. Si la cadena no terminara, produciría la regresión prohibida por el Teorema 16.4. Por tanto debe existir un término que no admita un refinamiento físicamente necesario adicional. Ese término es elemental. □

18 La unidad elemental

La existencia de una realización elemental todavía no implica por sí sola que su medida geométrica sea universal. Primero debe establecerse qué significa que una realización elemental sea una unidad [14–17].

Definición 18.1 (Realización elemental). *Una realización B_i es elemental si no existe una realización Y físicamente distinguible tal que $Y \prec B_i$. Equivalentemente,*

$$B_i \text{ elemental} \iff \nexists Y : (Y \prec B_i \wedge Y \neq B_i).$$

Teorema 18.2 (Indivisibilidad física de la realización elemental). *Una realización elemental no puede contener dos realizaciones físicas propias que constituyan distinciones independientes dentro de ella.*

Demostración. Supóngase lo contrario. Sea B_i elemental y supóngase que contiene una realización propia $Y \neq B_i$ que puede distinguirse físicamente. Entonces $Y \prec B_i$. Pero esto contradice directamente la definición de elementalidad. Por tanto,

$$B_i \text{ elemental} \implies \text{no admite subdivisión física propia.}$$

□

Teorema 18.3 (Información elemental). *Una realización elemental constituye exactamente una distinción física elemental. En unidades elementales, $I(B_i) = 1$.*

Demostración. Por existencia física, B_i debe distinguirse de su ausencia. Por tanto contiene al menos una distinción físicamente realizable: $I(B_i) > 0$. Supóngase ahora que $I(B_i) > 1$. Entonces existen al menos dos contenidos distinguibles físicamente independientes dentro de B_i . Para distinguirlos entre sí debe existir una diferencia físicamente realizable adicional. Eso constituye una subrealización físicamente distinguible de B_i . Por el Teorema 18.2, tal subrealización no puede existir. Por tanto, $I(B_i) \leq 1$. Junto con $I(B_i) > 0$, se obtiene $I(B_i) = 1$. □

Teorema 18.4 (Unidad de realización). *Una realización elemental constituye una unidad irreducible de realización física. En la normalización elemental: $B = 1$.*

Demostración. Por el Teorema 17.1, existe al menos una realización elemental. Por el Teorema 18.2, dicha realización no admite subdivisión física propia. Por el Teorema 18.3, contiene exactamente una distinción elemental: $I(B) = 1$. La unidad B se define entonces como la realización correspondiente a esa única distinción elemental. Por tanto, al expresar la medida de realización en unidades de la realización elemental, $B = 1$.

La igualdad no es un postulado sobre una magnitud dimensional preexistente. Es una normalización de la unidad física elemental que ha sido demostrada como irreducible. □

19 Identidad entre distinción, información y realización

Puede ahora formularse con precisión la identidad que recorre toda la construcción.

Teorema 19.1 (Identidad elemental). *Para una realización elemental,*

$$B \equiv D_\emptyset \equiv I \equiv \text{soporte.}$$

No son cuatro entidades físicas diferentes. Son cuatro descripciones de una única realización elemental.

Demostración. Por existencia como distinción, $B \equiv D_\emptyset$, donde $D_\emptyset$ representa la distinción de la realización respecto de la inexistencia absoluta. Por definición de información física, esa misma distinción constituye información: $D_\emptyset \equiv I$. Por el Teorema 15.3, la información elemental y su soporte no son físicamente separables: $I \equiv \text{soporte}$. Por transitividad,

$$B \equiv D_\emptyset \equiv I \equiv \text{soporte.}$$

□

Corolario 19.2 (Exclusión entre realizaciones elementales). *Sean $D_i \neq D_j$ dos distinciones físicamente diferentes cuyas cadenas de soporte terminan, por el Teorema 17.1 y el Corolario 17.2, en realizaciones elementales B_i y B_j respectivamente. Entonces*

$$B_i \neq B_j.$$

Demostración. Por el Teorema 14.2, $D_i \neq D_j$ implica $S_i \neq S_j$ para cualesquiera realizaciones $S_i \Vdash D_i$ y $S_j \Vdash D_j$. En particular, esto se aplica a los términos elementales de cierre de sus respectivas cadenas de soporte, que son precisamente B_i y B_j por el Corolario 17.2. Por tanto $B_i \neq B_j$. Como, por el Teorema 18.2, cada B_i no admite subdivisión física propia, dos realizaciones elementales distintas no pueden compartir una subrealización común: en el sentido conjuntista introducido informalmente en la Sección 14, $B_i \cap B_j = \emptyset$. $\square$

20 De la realización a la forma

Hasta este punto no se ha supuesto que exista área, distancia o espacio. La consecuencia importante es que tampoco puede introducirse una forma geométrica independiente de las realizaciones. La forma debe ser consecuencia de la configuración de las realizaciones elementales.

Teorema 20.1 (La forma no es una entidad adicional). *La forma física de una configuración no constituye una entidad independiente de las realizaciones que la constituyen.*

Demostración. Supóngase por reducción al absurdo que una configuración de realizaciones elementales posee una forma física F completamente independiente de las relaciones entre sus realizaciones. Si F produce alguna diferencia físicamente realizable en la configuración, entonces existe una relación físicamente realizable entre F y las realizaciones. Por tanto, F pertenece a la configuración relacional y no es independiente de ella. Si, por el contrario, F no produce ninguna diferencia físicamente realizable, entonces ninguna medición puede distinguir su presencia de su ausencia. En ese caso F no constituye una propiedad física. Ambas posibilidades contradicen la hipótesis de que F sea una entidad física independiente. Por tanto,

$$\text{forma física} \equiv \text{organización relacional de las realizaciones.}$$

$\square$

Teorema 20.2 (Emergencia de la separación). *Si dos realizaciones elementales B_i y B_j son físicamente distintas, cualquier separación físicamente medible entre ellas debe emerger de su configuración relacional. No existe una distancia física adicional que pueda introducirse independientemente de dicha configuración.*

Demostración. Supóngase que existe una distancia física d_{ij} independiente de B_i , B_j y de toda relación entre ellas. Por ser una magnitud física, d_{ij} debe ser físicamente distinguible. Por tanto, constituye una realización física adicional. Pero entonces d_{ij} no es una estructura externa independiente, sino otra realización que participa en la configuración. Esto contradice la hipótesis de independencia. Por tanto,

$$d_{ij} = \text{relación configuracional entre } B_i \text{ y } B_j.$$

$\square$

Corolario 20.3 (Ausencia de distancia previa). *Antes de la configuración de las realizaciones elementales no existe una distancia física disponible en la cual dichas realizaciones puedan ser colocadas.*

sin configuración física $\implies$ sin distancia física previa.

21 Forma como consecuencia de la agrupación

Sea $C = \{B_1, B_2, \dots, B_N\}$ una configuración de realizaciones elementales. Por Confinamiento, las realizaciones no pueden aislarse absolutamente. Por Exclusión, tampoco pueden identificarse entre sí. Por tanto, la pluralidad de realizaciones debe conservar simultáneamente su pertenencia relacional y su diferenciación.

Teorema 21.1 (Forma necesaria de una configuración). *Una configuración de realizaciones elementales físicamente distintas requiere una organización relacional que conserve simultáneamente $B_i \neq B_j$ y B_i pertenece a la configuración. La forma física emergente es precisamente la organización relacional que satisface ambas restricciones.*

Demostración. Supóngase que no existe ninguna organización relacional entre las realizaciones. Entonces cada realización queda completamente aislada. Esto contradice el Confinamiento Configuracional. Supóngase, por el contrario, que la organización elimina toda diferencia entre dos realizaciones. Entonces $B_i = B_j$, contradiciendo la Exclusión Configuracional. Por tanto, toda configuración físicamente realizable debe poseer una organización relacional situada entre ambos extremos:

aislamiento absoluto < configuración relacional < coincidencia absoluta.

La organización relacional constituye la forma física emergente. □

Observación 21.2 (Estado lógico alcanzado). *La cadena demostrativa queda ahora:*

$$\begin{array}{c}
 \text{existencia como distinción} \\
 \Downarrow \\
 \text{información físicamente realizada} \\
 \Downarrow \\
 \text{soporte necesario} \\
 \Downarrow \\
 \text{imposibilidad de regresión infinita} \\
 \Downarrow \\
 \text{realización elemental} \\
 \Downarrow \\
 B = 1 \\
 \Downarrow \\
 \text{exclusión} \\
 \Downarrow \\
 \text{inmanencia configuracional} \\
 \Downarrow \\
 \text{agrupación} \\
 \Downarrow \\
 \text{forma emergente}
 \end{array}$$

En particular, todavía no se ha supuesto $D = 3$, ni una métrica específica, ni una dinámica gravitatoria, ni una estructura de campo. Esas propiedades deben derivarse posteriormente de la forma que admite la agrupación de realizaciones elementales.

22 Dominio Configuracional

El Teorema 13.1 (Inmanencia configuracional) demuestra que ninguna propiedad de una configuración C puede depender de una estructura completamente inaccesible a C . El Teorema 14.1 (Confinamiento configuracional) demuestra que ninguna distinción físicamente realizable puede quedar aislada de la red relacional de la configuración de la que forma parte. Ninguno de los dos resultados responde, sin embargo, a una pregunta distinta: si existiera otra configuración C' , enteramente constituida por realizaciones elementales B_i en el sentido del Teorema 17.1, pero sin ninguna relación físicamente realizable hacia C , ¿debe concluirse que C' no existe, o únicamente que C no puede acceder a ella? Esta sección responde precisando dos nociones que hasta aquí no se han distinguido explícitamente: *constitución y accesibilidad*.

Definición 22.1 (Configuración y ámbito relativo). *Se llama configuración a un conjunto C de realizaciones físicamente distinguibles, cerrado bajo la relación de soporte: si D pertenece a C y $S \Vdash D$, entonces S también pertenece a C . Esta es precisamente la “red relacional físicamente realizable” a la que se refiere la conclusión del Teorema 14.1.*

Se llama ámbito de C , denotado $\mathcal{A}_C$, al conjunto de realizaciones que admiten, desde C , un procedimiento operacional finito que las distinga de su ausencia, en el sentido de la Definición 1.1.

Definición 22.2 (Canal entre configuraciones). *Dadas dos configuraciones C y C' , existe un canal de C a C' , denotado $\mathcal{K}(C, C') \neq \emptyset$, cuando existe una relación físicamente realizable entre alguna realización de C y alguna realización de C' .*

Definición 22.3 (Dominio Configuracional). *Se llama dominio configuracional, denotado $\mathcal{D}$, al conjunto de toda realización cuya cadena de soporte se cierra, por el Corolario 17.2, en alguna realización elemental B_i :*

$$R' \in \mathcal{D} \iff \text{la cadena de soporte de } R' \text{ se cierra en alguna realización elemental } B_i.$$

$\mathcal{D}$ no depende de ninguna configuración particular: es una propiedad de R' misma, no una relación entre R' y otra configuración.

Teorema 22.4 (Pertenencia configuracional sin canal). *Sea C una configuración y sea $R' \in \mathcal{D}$ una realización tal que $\mathcal{K}(C, R') = \emptyset$. Entonces*

$$R' \notin \mathcal{A}_C \quad \wedge \quad R' \in \mathcal{D}.$$

Demostración. Por el Teorema 1.2, que R' pertenezca a $\mathcal{A}_C$ exige que exista un procedimiento operacional finito, ejecutado desde C , que distinga R' de su ausencia. Todo procedimiento de ese tipo constituye, por definición, una relación físicamente realizable entre alguna realización de C y R' . Como $\mathcal{K}(C, R') = \emptyset$, tal procedimiento no existe. Por tanto $R' \notin \mathcal{A}_C$.

Por otro lado, la Definición 22.3 no menciona a C : que $R' \in \mathcal{D}$ depende únicamente de que la cadena de soporte de R' se cierre en alguna realización elemental, lo cual es independiente de si existe o no un canal hacia C . La ausencia de canal recién establecida no afecta esta condición. Por tanto $R' \in \mathcal{D}$ se mantiene. $\square$

Corolario 22.5 (La inaccesibilidad no introduce una tercera sustancia). *Nada en el Teorema 22.4 exige que R' esté constituida por algo distinto de B . Si un procedimiento de C no puede alcanzar R' , la única conclusión válida es $\mathcal{K}(C, R') = \emptyset$ — no que R' pertenezca a un dominio ajeno a la distinción, la información o el soporte. Por la Definición 22.3, $R' \in \mathcal{D}$ significa precisamente que la cadena de soporte de R' se cierra en alguna B_i ; esta construcción no ofrece ningún tercer tipo de realización disponible para R' que no sea B .*

Observación 22.6 (Relación con la Inmanencia y el Confinamiento configuracionales). *El Teorema 13.1 impide que una propiedad de C dependa de una estructura sin canal hacia C : es una restricción sobre lo que C puede legítimamente atribuirse a sí misma. El Teorema 14.1 impide que una distinción de C quede aislada de la red relacional de C : es una restricción sobre la propia C . Ninguno de los dos decide si, fuera de esa red, existe o no otra configuración C' constituida por B ; el Teorema 22.4 muestra que esa pregunta se resuelve por separado, distinguiendo la pertenencia a $\mathcal{D}$ de la pertenencia al ámbito $\mathcal{A}_C$.*

Bibliografía

- [1] F. Figueroa Gutiérrez, *Teoría de la Distinción: Realizabilidad Física Elemental*. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.22759171>
- [2] F. Figueroa Gutiérrez, *Teoría del Sustrato Σ : Emergencia del Espacio-Tiempo, Saturación Geométrica y Regiones de Saturación Geométrica Máxima (RSGM)*. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18727999>
- [3] F. Figueroa Gutiérrez, *Teoría Σ : Geometría de Saturación y Vorticidad del Sustrato en Objetos Compactos sin Singularidades*. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18344182>
- [4] F. Figueroa Gutiérrez, *Teoría Σ : Sustrato físico y límite fundamental de curvatura*. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18489643>
- [5] P. W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics* (Macmillan, Nueva York, 1927). <https://archive.org/details/logicofmodernphy00brid>
- [6] R. Omnès, “Wigner’s ‘unreasonable effectiveness of mathematics’,” *Foundations of Physics* **41**, 1706–1715 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10701-011-9587-7>
- [7] C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication,” *Bell System Technical Journal* **27**(3), 379–423 (1948). <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- [8] R. Landauer, “Irreversibility and heat generation in the computing process,” *IBM Journal of Research and Development* **5**(3), 183–191 (1961). <https://doi.org/10.1147/rd.53.0183>
- [9] C. H. Bennett, “Logical reversibility of computation,” *IBM Journal of Research and Development* **17**(6), 525–532 (1973). <https://doi.org/10.1147/rd.176.0525>
- [10] W. H. Zurek, “Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical,” *Reviews of Modern Physics* **75**(3), 715–775 (2003). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.75.715>
- [11] C. Rovelli, “Relational quantum mechanics,” *International Journal of Theoretical Physics* **35**, 1637–1678 (1996). <https://doi.org/10.1007/BF02302261>
- [12] A. Einstein, B. Podolsky, y N. Rosen, “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?,” *Physical Review* **47**, 777–780 (1935). <https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.777>
- [13] J. S. Bell, “On the Einstein Podolsky Rosen paradox,” *Physics Physique Fizika* **1**, 195–200 (1964). <https://doi.org/10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195>
- [14] J. D. Bekenstein, “Black holes and entropy,” *Physical Review D* **7**, 2333–2346 (1973). <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.7.2333>
- [15] S. W. Hawking, “Particle creation by black holes,” *Communications in Mathematical Physics* **43**(3), 199–220 (1975). <https://doi.org/10.1007/BF02345020>
- [16] D. N. Page, “Information in black hole radiation,” *Physical Review Letters* **71**, 3743–3746 (1993). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.71.3743>
- [17] L. Susskind, “The world as a hologram,” *Journal of Mathematical Physics* **36**(11), 6377–6396 (1995). <https://doi.org/10.1063/1.531249>