

# Campo: magnitudes distribuidas en un dominio

IDE-009 · Ideas fundamentales

Ensayos conceptuales para El universo y sus observadores

Autor: Juan Segurola

Versión: v0.5 ES · 19 de septiembre de 2026

Estado: Versión de publicación

Forma del artículo: Ensayo conceptual

Escala / contexto: Descripciones continuas desde la escala de laboratorio hasta la astrofísica

Límite: La idea organizadora general de campo; qué es un campo cuántico y por qué las partículas son sus excitaciones corresponde a IDE-021

Trabajos relacionados: IDE-021, IDE-002, IDE-018

Perfil epistémico: Conocimiento establecido

Licencia en publicación: Todos los derechos reservados

## Resumen del artículo

*Un campo asigna un valor a cada punto de un dominio: un número, un vector, un tensor o un objeto más elaborado, definido sobre el espacio, sobre el espacio y el tiempo, o sobre otro conjunto de índices. La idea nació como manera de sustituir la acción a distancia por algo local. Las líneas de fuerza de Faraday y las ecuaciones de Maxwell la convirtieron de imagen en teoría dinámica, donde el campo transporta energía y momento y se propaga a velocidad finita.[1,2] La misma construcción organiza hoy la velocidad de un fluido, la temperatura, la tensión y la concentración. Este artículo trata el campo como idea organizadora: qué hace falta para definir uno, qué vuelve poderosa la descripción, cuándo un campo es un constituyente físico y no un recurso contable, y dónde se detiene la idea. Qué es un campo cuántico, y por qué las partículas son sus excitaciones, corresponde a IDE-021.*

## En 60 segundos

*Un campo es una aplicación de un dominio en un conjunto de valores. Nombra el dominio, los valores y las ecuaciones que cumplen, y tienes una teoría de campos. El paso que volvió indispensable la idea fue local: en vez de que un cuerpo tire de otro a través del espacio vacío, cada cuerpo genera un campo y el campo actúa donde está el otro cuerpo.[1,6] Las ecuaciones de Maxwell lo concretaron, y traen una consecuencia que la acción a distancia no puede dar. Las perturbaciones se propagan a velocidad finita, así que entre la emisión y la absorción la energía y el momento tienen que estar en alguna parte, y esa parte es el campo.[2,3] Ese es el criterio que separa un campo con estatuto físico de un simple diagrama útil. Un campo de temperatura o de velocidad es una descripción promediada de grados de libertad moleculares, útil por encima de cierta resolución e indefinida por debajo.[4] Un campo electromagnético no es eliminable del mismo modo: transporta un momento que se mide como presión de radiación.[5] La matemática sola no dice en cuál de los dos casos estás. Lo dicen la dinámica y las leyes de conservación.*

## Por qué importa esta pregunta

*El lenguaje de campos abarca ya tanto terreno que oculta una distinción que conviene conservar. Decir que algo se describe mediante un campo no dice nada sobre si el campo es un constituyente del mundo o un resumen de otra cosa. Si tratas todo campo como sustancia acabas preguntando de qué está hecho el medio; si tratas todo campo como contabilidad pierdes el contenido físico de la teoría de Maxwell, donde el momento reside realmente en el campo entre una carga y otra. La distinción resuelve además cuestiones más modestas: qué es una condición de contorno, qué puede restringir una ley local y cuánto trabajo está haciendo la palabra local.*

## 1. Qué hace falta para definir un campo

Un campo se especifica con tres cosas: un dominio, un destino y una regla. El dominio es el conjunto de puntos donde la magnitud está definida, normalmente una región del espacio o del espaciotiempo, a veces una superficie, una red o un espacio de configuración. El destino dice qué hay en cada punto: un solo número para un campo escalar como la temperatura o el potencial electrostático, una magnitud dirigida para un campo vectorial como la velocidad de un fluido, un objeto matricial para un campo tensorial como la tensión. La regla es el conjunto de ecuaciones que la asignación debe satisfacer.

El destino no es una elección libre de notación. Fija cómo deben transformarse los valores cuando la descripción se reescribe en otras coordenadas, y esa ley de transformación es lo que convierte al campo en un objeto y no en una tabla de números. Una temperatura no cambia al girar los ejes; las componentes de una velocidad sí, y lo hacen de forma determinada. Escribir bien un campo significa escribir algo cuyo contenido físico sobrevive al cambio de descripción.[3]

La regla suele ser una ecuación diferencial, y esa elección implica un compromiso. Las ecuaciones diferenciales relacionan lo que ocurre en un punto con lo que ocurre en su vecindad inmediata, de modo que en cuanto un campo obedece una de ellas la influencia viaja por el dominio paso a paso en vez de saltar. Las condiciones de contorno e iniciales hacen el resto: la misma ecuación describe una cuerda de guitarra y un modo de cavidad, y la diferencia es el contorno.

### En qué punto estamos

*Un campo es un dominio, un conjunto de valores con ley de transformación y ecuaciones que conectan puntos vecinos. Ese último elemento no es un tecnicismo. Elegir una regla diferencial es elegir que la influencia se propague por el dominio en vez de saltar, que es justamente la propiedad por la que los físicos prefirieron los campos a las fuerzas a distancia.*

## 2. Localidad: la razón por la que la idea se impuso

La gravitación newtoniana funciona, y no es una teoría de campos en sentido fuerte. Da directamente la fuerza entre dos masas, sin decir nada de lo que hay en medio y sin retardo. Faraday, que desconfiaba de la acción a distancia, describió en cambio los efectos magnéticos mediante líneas de fuerza que llenan el espacio alrededor de un imán, y sostuvo que esas líneas tienen existencia física en el espacio intermedio y no son un diagrama de fuerzas sobre un cuerpo de prueba. Enunció esa conclusión como una opinión que sostenía con vacilación.[1,7]

Maxwell convirtió esa intuición en ecuaciones, y las ecuaciones produjeron algo que la imagen anterior no podía. Admiten soluciones de onda que viajan a una velocidad fijada por dos constantes

eléctricas medibles, velocidad que coincidía con la de la luz medida.[2] La luz pasó a ser una perturbación electromagnética, y el campo dejó de ser una manera de hablar de fuerzas para ser aquello cuyo estado se sigue.

La propagación finita obliga a plantear la contabilidad. Si se agita una carga aquí y otra responde después allá, la energía y el momento que cruzaron entre ambas existieron durante el intervalo, y no estaban en ninguna de las dos cargas. La electrodinámica clásica se los atribuye al campo, con una densidad de energía y un flujo de momento definidos, y la atribución no es decorativa: la presión de radiación se mide, y la conservación del momento solo para las cargas falla sin ella.[3,5]

#### **En qué punto estamos**

*El concepto de campo se impuso porque volvió la influencia local y de velocidad finita, y porque eso obligó a atribuir energía y momento al propio campo. La imagen de Faraday y las ecuaciones de Maxwell pusieron contenido físico en el espacio entre los cuerpos. Pero no todo campo gana ese estatuto, lo que plantea cómo distinguir los dos tipos.*

### **3. Campos efectivos y campos fundamentales**

Un campo de velocidad asigna una velocidad a cada punto de un fluido. No existe la velocidad del fluido en un punto matemático: el valor es un promedio sobre un volumen que contiene muchas moléculas pero pequeño frente a la escala del flujo. El campo es un objeto genuino y predictivo dentro de esa ventana y carece de sentido fuera de ella, y por eso las descripciones continuas fallan en gases enrarecidos, donde el recorrido libre medio se vuelve comparable al aparato.[4]

La temperatura se comporta igual. Está definida para una región en equilibrio local, no para una molécula, y un campo de temperatura presupone que el equilibrio se establece localmente más rápido de lo que cambia el propio campo. Cuando esa separación falla, el campo no se vuelve inexacto: se vuelve indefinido, y hay que usar otra descripción.

No se sabe que el campo electromagnético sea el promedio de nada, y no es eliminable de la contabilidad. Es una afirmación sobre la física actual, no una garantía metafísica, y su respaldo es concreto: el campo tiene grados de libertad propios, transporta energía y momento y admite estados, como la radiación que se propaga en el vacío, sin ninguna fuente presente.[3,5] Un campo efectivo puede sustituirse por sus constituyentes; este no.

#### **En qué punto estamos**

*Unos campos resumen un sustrato y solo están definidos por encima de una resolución; otros son, hasta donde llega la física actual, constituyentes por derecho propio. El criterio no es la matemática, que es común, sino si el campo tiene grados de libertad independientes y magnitudes conservadas. Esa misma matemática explica que la construcción viaje tan lejos del electromagnetismo.*

### **4. La misma construcción fuera de la física**

Una vez visible el patrón aparece en todas partes donde una magnitud varía de forma continua sobre un dominio: concentración en una disolución, tensión en una viga cargada, presión en la atmósfera, altitud sobre un terreno, densidad de población sobre un área. En cada caso la disciplina es idéntica. Enuncia el dominio, enuncia qué se asigna, enuncia la ecuación y enuncia la resolución por debajo de la cual la asignación deja de significar algo.

La recompensa es que los métodos de solución se transfieren. La difusión, la conducción del calor y la dispersión de una población en un hábitat uniforme obedecen la misma ecuación con constantes distintas, de modo que un resultado demostrado una vez se reutiliza y una intuición entrenada en uno sirve para otro. Es una economía de pensamiento real y también un riesgo real: compartir matemática no implica compartir mecanismo, y una ecuación de difusión ajustada a una población en expansión no dice nada sobre por qué se mueven los individuos.

La disciplina también deja al descubierto un error frecuente. Dibujar un campo sobre un dominio donde la magnitud no está realmente definida en cada punto, por ejemplo una superficie suave ajustada a un puñado de estaciones de muestreo, produce una imagen con mucha más estructura de la que sostienen los datos. La interpolación es un modelo, y el campo hereda la incertidumbre del modelo en vez de eliminarla.

#### **En qué punto estamos**

*La construcción es portátil porque es formal: un dominio, una asignación y una regla local pueden escribirse para casi cualquier magnitud que varíe con continuidad. Esa portabilidad transfiere métodos y transfiere también un riesgo, porque compartir una ecuación no es compartir un mecanismo. Saber qué no resuelve la idea de campo es la última pieza.*

## **5. Dónde se detiene la idea**

El concepto de campo no decide por sí solo la ontología. Hesse documenta una transición histórica desde los modelos mecánicos del éter hacia conceptos autónomos de campo electromagnético.[6]

La teoría clásica de campos tiene además dificultades internas que no son solo filosóficas. La energía del campo electromagnético de una carga puntual diverge, y la teoría clásica de una partícula cargada que interactúa con su propio campo no es consistente sin modificaciones.[5] Son problemas del marco clásico, y parte de lo que una teoría más profunda debe abordar.

Esa teoría más profunda es el objeto de IDE-021, que pregunta qué es un campo cuando sus excitaciones están cuantizadas y las partículas aparecen como esas excitaciones. IDE-009 se detiene en la idea clásica y general: la estructura, la razón por la que la localidad la hizo dominante y la diferencia entre un campo que resume y un campo que constituye.

#### **En qué punto estamos**

*Un campo es una manera disciplinada de poner una magnitud en todo un dominio y dejar que los valores vecinos se restrinjan entre sí. Sustituyó a la acción a distancia, ganó estatuto físico allí donde transporta magnitudes conservadas y sigue siendo un resumen allí donde promedia un sustrato. Qué ocurre cuando ese campo se cuantiza es otra pregunta, y es la siguiente.*

## **Lo que sabemos y cómo lo sabemos**

- Un campo se especifica con un dominio, un tipo de valor con ley de transformación definida y ecuaciones que relacionan puntos vecinos; la forma diferencial es lo que hace que la influencia se propague en vez de saltar.[3]
- Las líneas de fuerza de Faraday sustituyeron la acción a distancia por un relato local,[1,7] y la teoría dinámica de Maxwell la convirtió en ecuaciones que dan soluciones de onda que viajan a la velocidad de la luz medida.[2]

- La propagación finita obliga a atribuir energía y momento al campo en tránsito;[3,5] la presión de radiación y el balance de momento hacen esa atribución comprobable y no formal.[5]
- Los campos continuos como la velocidad de un fluido o la temperatura son promedios definidos solo por encima de una resolución fijada por el sustrato, y dejan de estar definidos cuando esa separación de escalas falla.[4]

## Lo que todavía no sabemos

- Si las divergencias clásicas asociadas a fuentes puntuales son un artefacto exclusivo del marco clásico o dejan un residuo en las teorías que lo sustituyen.
- Cómo caracterizar mejor la resolución a la que una descripción continua de campo deja de estar definida en sistemas fuertemente forzados o lejos del equilibrio, donde no se establece equilibrio local.
- Si los grados de libertad gravitatorios son en último término de tipo campo en el mismo sentido que los electromagnéticos, cuestión que pertenece al tratamiento cuántico y no al concepto clásico.

## Qué podría hacernos cambiar de opinión

- Una medida reproducible de una influencia que se propagase entre cuerpos separados sin energía ni momento transportados por el campo durante el intervalo, descontados todos los portadores conocidos, socavaría la lectura física del campo y devolvería el problema a la acción a distancia.[3,5]
- Una demostración de que la radiación electromagnética en una región sin fuentes puede describirse por completo sin atribuir grados de libertad independientes al campo lo reclasificaría como descripción efectiva, igual que la velocidad de un fluido.[5]
- Experimentos en régimen enrarecido que mostraran que la hidrodinámica continua sigue siendo exacta donde el recorrido libre medio supera la longitud característica invalidarían el relato estándar sobre por qué los campos continuos tienen dominio de validez.[4]

### Si solo recuerdas una cosa

*Un campo pone un valor en cada punto de un dominio y deja que los vecinos se restrinjan entre sí; que sea constituyente o resumen depende de lo que transporta.*

## Artículos relacionados

- IDE-021 — ¿Qué es un campo?
- IDE-002 — Información
- IDE-018 — Conexión

## Referencias

[1] Michael Faraday. Experimental researches in electricity — Twenty-eighth series. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 142, 25-56 (1852). DOI 10.1098/rstl.1852.0004.

[2] James Clerk Maxwell. A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 155, 459-512 (1865). DOI 10.1098/rstl.1865.0008.

- [3] Richard P. Feynman; Robert B. Leighton; Matthew Sands. The Feynman Lectures on Physics, New Millennium Edition, Vol. II, chapters 1-2, 12 and 27 (the field concept; electrostatic analogs; field energy and momentum). Basic Books (2011), ISBN 978-0-465-02416-2.
- [4] G. K. Batchelor. An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press (1967).
- [5] John David Jackson. Classical Electrodynamics, 3rd ed. Wiley (1999), chapters 6, 7 and 16. ISBN 978-0-471-30932-1.
- [6] Mary B. Hesse. Forces and Fields: The Concept of Action at a Distance in the History of Physics. Thomas Nelson and Sons (1961).
- [7] Michael Faraday. On the physical character of the lines of magnetic force. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, series 4, 3(20), 401-428 (1852). DOI 10.1080/14786445208647033.