

34. Física, modelos y abstracciones

Ítalo Alejandro Ortiz

Resumen: En la transmisión del conocimiento científico hay dificultades para relacionar la realidad en estudio con los lenguajes usados para representarla, que es mayor si estos son formalizados. Esta problemática se enfrentó con el método de Floridi, que define el contexto del modelo, seleccionando variables y su rango. El propósito de este trabajo fue comunicar las posibilidades didácticas que ofrece este método, combinado con el modelo comunicativo de Shannon. Para ello se presentaron ejemplos que detallan el comportamiento de un sistema con abstracciones, predicados y variables. Además se encontró que el contexto de análisis queda definido cuando las variables tipo saturan los predicados adecuados, convirtiéndolos en verdaderos, develado así el comportamiento del sistema. Se observó que definir los predicados demarca el contexto del mensaje dirigido al estudiante, favoreciendo el aprendizaje por disminución de la incertidumbre. Se concluyó que tratar un sistema con abstracciones decrecientes se relaciona con la teoría del aprendizaje significativo, ya que las abstracciones operan por niveles al igual que los subsuntores.

Palabras claves: física, modelos, abstracción, representación, subsuntores.

Abstract: In transferring scientific knowledge, some difficulties arise when trying to relate the reality under consideration with the languages used to represent such reality. Said difficulties are more significant if languages are formalized. This important issue faced Floridi's method, which defines the model context, selecting variables and their range. The aim of this work was to communicate the didactic possibilities that this method offers when combined with Shannon's communicative method. To do so, examples detailing the behavior of a system with abstractions, predicates and variables were shown. Furthermore, it was found that the analysis context is defined when the type variables saturate the appropriate predicates turning them into true predicates. This reveals the way the system behaves. It was seen that the definition of predicates outlines the message context sent to the students, thus

boosting their learning as uncertainty decreases. It was finally concluded that the fact of considering a system with decreasing abstractions is related with the meaningful learning theory, since abstractions work through levels just as subsunctors do.

Key words: physics, models, abstraction, representation, subsunctors.

En la enseñanza de la ingeniería se presentan dificultades para vincular la porción de la realidad en estudio con los lenguajes formales y los sistemas usados para representarla.

Ese aspecto ha sido motivo de estudio permanente en las diversas corrientes que se ocupan de la didáctica de la ciencia.

En ese sentido se destaca la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, que introduce subsuntores como condiciones necesarias para nuevos aprendizajes. También interesa la teoría de Floridi de los niveles de abstracción para el análisis de objetos complejos. No son menos importantes las teorías de Shannon y de Jakobson al momento de compartir la información con los alumnos.

En la transferencia de conocimiento a los alumnos se ha detectado que frecuentemente existen dificultades para vincular el hecho representado con el modelo (o la descripción) que lo representa. Por cierto, muchas veces aprenden esa relación de un modo mecánico y memorístico.

Una alternativa para evitar ese problema es usar niveles de abstracción para vincular los alumnos con la realidad en estudio y el modelo que la representa. Para ello hay que utilizar distintos niveles, en el proceso de aprendizaje, dado que éstos operan como subsuntores unos de otros.

El autor de este trabajo sostiene que utilizar predicados, del modo indicado, demarca el contexto del mensaje dirigido al estudiante, favoreciendo el aprendizaje por disminución de la incertidumbre, de acuerdo con el modelo de Shannon.

Por otra parte, al utilizar niveles de abstracción los conceptos utilizados reclaman otros previos, anclándose mejor. Cabe

señalar que este aspecto está en concordancia con la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel.

Además, el método de los niveles de abstracción de Floridi define el comportamiento y contexto operativo de un modelo seleccionando un conjunto de variables y su rango de aplicación. También se utilizan los modelos de comunicación de Shannon y de Jakobson, para caracterizar los mensajes que van del docente al alumno.

Este trabajo se sitúa en una línea de investigación relacionada con la *concepción representacional* de la ciencia, orientada a desarrollar metodologías educativas en ingeniería.

El objetivo de este trabajo consiste en caracterizar elementos que faciliten en el alumno una mejor comprensión y aprehensión de ciertos conceptos que se imparten en ingeniería. Para ello se relacionan conceptos matemáticos con referentes de la física, describiendo algunas aplicaciones e integrándolas con el lenguaje corriente.

Se encontró que los niveles de abstracción, y en particular los predicados que vinculan las variables tipo o independientes, son herramientas muy útiles para analizar modelos científicos, sobre todo cuando estos son complejos.

Además, cuando se especifica el mensaje referido al caso estudiado, delimitando el contexto de análisis y seleccionando los predicados adecuados, así como el rango de sus variables, se disminuye la incertidumbre. Adicionalmente, el comportamiento del sistema queda explicitado cuando las variables saturan los predicados.

En este trabajo se analizan conceptos relacionados con la transmisión de mensajes, la relación que existe entre el mensaje, su contenido, el medio y el fin. Luego se aborda el Método de Niveles de Abstracción desarrollado por Floridi aplicándolo a ejemplos de Física II y, finalmente se presentan las conclusiones.

Claude Shannon (1957), en su artículo sobre la teoría matemática de la comunicación, propone un esquema general de un sistema de comunicación en el que se muestra al ruido

como un factor distorsionante del mensaje transmitido que puede hacerlo ilegible en el extremo receptor.

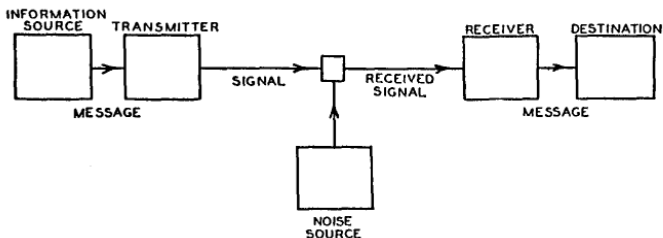


Fig. 1—Schematic diagram of a general communication system.

El diagrama esquemático anterior se relaciona con la transmisión de mensajes en la esfera de las telecomunicaciones pero también puede aplicarse a los actos de comunicación verbal, como por ejemplo los que ocurren en el aula.

En este sentido, un análisis desde el punto de vista de Shannon podría inducirnos a pensar que la dificultad que hay para relacionar los modelos matemáticos, como elemento de estudio de la realidad está vinculada a la presencia de ruido que provoca distorsión del mensaje y lo hace ilegible.

Esto es cierto en parte, cuando los alumnos no comprenden el mensaje enviado por los profesores. Sin embargo, la causa no necesariamente es el ruido, puede ser otra que se encuentra al analizar el problema desde la posición de Jakobson (1975), que en su artículo sobre Lingüística y Poética dice:

"El DESTINADOR manda un MENSAJE al DESTINATARIO. Para que sea operante, el mensaje requiere un CONTEXTO de referencia, que el destinatario puede captar; un CÓDIGO del todo, o en parte cuando menos, común a destinador y destinatario; y, por fin, un CONTACTO, un canal físico y una conexión psicológica entre el destinador y el destinatario, que permiten tanto al uno como al otro establecer y mantener una comunicación."

De la cita se desprende que el origen del problema puede radicar en dos factores: a) el contexto de referencia no está bien definido; b) el código no es totalmente comprendido por el destinatario.

En relación con el primer problema planteado, se intentará demostrar que el Método de Niveles de Abstracción de Floridi es una alternativa válida para definir el contexto del mensaje.

Por otra parte, Ausubel (1970) dice que los alumnos aprenden conceptos "de memoria" cuando son forzados a adquirir los detalles específicos de una disciplina sin una base adecuada de conocimientos, donde anclar las ideas. Sin esta estructura cognitiva los detalles no se pueden relacionar y parecen arbitrarios. En consecuencia, los nuevos conocimientos carecen de significación.

Esta dificultad se evita usando la idea con mayor potencial explicativo, de una disciplina. Ésta se introduce primero y luego los conceptos con mayor detalle y especificidad, se van presentando progresivamente.

En este sentido, los niveles de abstracción actúan como organizadores, salvando la brecha entre lo que el estudiante conoce y lo que debe conocer, para aprender con éxito la tarea encomendada (Ausubel, 1970). En otras palabras un nivel de abstracción opera como subsuntor de otro nivel con mayor grado de detalle.

Método de niveles de abstracción

El método de niveles de abstracción permite estudiar sistemas complejos analizándolos por niveles, seleccionando los atributos pertinentes de cada nivel. Los conceptos claves para el desarrollo del método son: variables tipo; observable; nivel de abstracción; comportamiento y gradiente de abstracción (Floridi, 2008).

Una *variable tipo* es una entidad conceptual, con nombre y definida para un conjunto de valores. Mientras que un *observable* es un conjunto de *variables tipo* asociada a uno o más predicados que caracterizan el sistema que representan. En tanto que un *nivel de abstracción* es un conjunto finito de

observables. Se trata de *variables tipo* combinadas en un *vector observable* que muestran los atributos del sistema.

Los observables definen el comportamiento de un sistema, con precisión para un nivel de abstracción determinado. En tanto que el *comportamiento del sistema* queda determinado por los valores de los observables que hacen verdaderos los predicados. Por ejemplo, la entidad semáforo tiene dos observables, *luz-roja* (r) y *luz-verde* (v), que pueden tomar los valores *encendido* (1) o *apagado* (0). Las posibles situaciones se muestran en Tabla N° 1:

Tabla N° 1	
$(\forall r, \forall v)((r \wedge \bar{v}) \vee (\bar{r} \vee v))$	
<i>luz-roja</i> (r)	<i>luz-verde</i> (v)
0	1
1	0

Puede verse que el predicado de la tabla: a) Delimita el contexto de análisis al estado de las luces. De este modo, queda fuera de la discusión cuál es la longitud de onda de cada color de luz, por ejemplo. b) Define las relaciones entre observables: uno encendido y el otro apagado. c) Cuando las variables saturan el predicado, muestran el comportamiento del sistema: semáforo en rojo o en verde, pero nunca ambos.

"El uso de predicados para demarcar el comportamiento del sistema es esencial en cualquier análisis no trivial de un sistema discreto, debido a que el cambio de un observable puede resultar en un cambio radical y arbitrario en el comportamiento del sistema." Floridi (2008)

A continuación se presentan dos ejemplos de la Física, que muestran el uso de predicado para delimitar el contexto de mensaje y el comportamiento de un sistema.

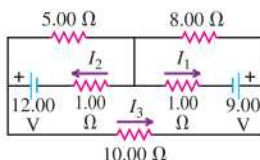
Solución de sistema de n ecuaciones con n incógnitas

En este ejemplo la selección adecuada del contexto determina el comportamiento del sistema. Se parte del siguiente sistema de ecuaciones, que es una expresión formal carente referencias reales.

$$\begin{aligned} 12 - 6x_2 + 5x_3 &= 0 \\ 9 - 9x_1 - 8x_3 &= 0 \\ 3 + x_1 - x_2 - 10x_3 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Este sistema de n ecuaciones con n incógnitas se puede resolver por el método de Gauss. Se supone que el alumno conoce un objeto formal sin referentes reales. Cambiando el nivel de abstracción a un sistema interpretado como mallas de Kirchoff de corriente continua se obtiene el sistema de Tabla N°2 (Sears, 2008).

Tabla 2 - Ecuaciones de malla de Kirchoff



Malla s. izq.	12-5(I_2 - I_3)-1 I_2 = 0	⇒	12-6 I_2 +5 I_3 = 0
Malla s. der.	9-8(I_1 + I_3)-1 I_1 = 0	⇒	9-9 I_1 -8 I_3 = 0
Malla inf.	12-9-10 I_3 +1 I_1 -1 I_2 = 0	⇒	3+ I_1 - I_2 -10 I_3 = 0

$$\begin{aligned} 12 - 6I_2 + 5I_3 &= 0 \\ 9 - 9I_1 - 8I_3 &= 0 \\ 3 + I_1 - I_2 - 10I_3 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

El sistema (3) es el mismo que el (2), pero interpretado con variable tipo corrientes: I_1 , I_2 e I_3 . De esta forma se define el contexto del mensaje. Por otra parte se pueden enunciar en forma de predicados las relaciones entre las variables, que

son las *intensidades de corriente*. Para esto se utiliza la primera regla de Kirchoff '*para todo nodo n, de un circuito, la suma de las corrientes en el mismo debe ser cero*', determinando entonces su rango de validez.

$$(\forall n)(\sum I_j = 0) \quad (4)$$

La selección de variables y predicados define cual será el comportamiento del sistema. Además, la resolución del circuito, implica el uso de un subsuntor, que en este caso particular es el método de Gauss, aunque podría ser otro.

También sería posible usar subsuntores tomados de la vida real enunciándolos por analogía para explicar (4). En este caso se trata de la intersección de dos calles, en la cual la suma de los autos que llegan a la misma es igual a la de los que salen.

Selector de velocidades

El funcionamiento de un tubo de rayos catódicos es descrito por la combinación de dos modelos: a) el desplazamiento de una partícula cargada en un campo eléctrico y b) la interacción que ejerce un campo magnético sobre una partícula que se desplaza en su interior.

Las expresiones que representan a estos modelos son:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad \text{Donde:} \quad (5)$$

F: Fuerza sobre la partícula

E: Campo Eléctrico

q: Carga de la partícula

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad \text{v: Velocidad de la partícula} \quad (6)$$

B: Campo magnético

Aplicando el principio de superposición se encuentra la fuerza resultante sobre la partícula, que es el primer predicado que define el comportamiento del sistema.

$$\vec{F} = q\vec{E} + q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (7)$$

Otros predicados, que definen el entorno de análisis del mensaje son:

$$(\forall \vec{E}, \forall \vec{B}, \forall \vec{v})(\vec{E} \perp \vec{B}; \vec{v} \perp \vec{E}; \vec{v} \perp \vec{B}) \quad (8)$$

$$(\forall q)(q = -1,60217653 \times 10^{-19} \text{C}) \quad (9)$$

$$(\forall v)(0 < v < c) \quad (10)$$

Las variaciones de E y de B dan como resultado los valores de F, que por ser un vector tiene distintas intensidades, direcciones y sentidos. Este fenómeno en el tubo de rayos catódicos genera la imagen, cuando los electrones impactan sobre la pantalla.

Un caso particular se produce si se mantienen los predicados (8) y (10), transformando el predicado (7) en el (11).

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0 \quad (11)$$

Este predicado indica que el comportamiento deseable es el de fuerza resultante nula. En ese caso, la partícula no sufre desviación de trayectoria. En el mismo nivel de abstracción este fenómeno se puede enunciar por los predicados:

$$(\forall \vec{E}, \forall \vec{B}, \forall \vec{v})(\vec{E} \perp \vec{B}; \vec{v} \perp \vec{E}; \vec{v} \perp \vec{B}) \quad (12)$$

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0 \quad (13)$$

$$(\forall v)((0 < v < c) \wedge (-E = vB)) \quad (14)$$

El predicado (14) indica que hay solo un valor de velocidad que lo saturará, convirtiéndolo en verdadero. Cabe agregar que otros valores de velocidad no son deseables porque lo hacen falso.

La aplicación tecnológica de este modelo se denomina *selector de velocidad*, y es un elemento que selecciona sólo las partículas que pasan con una determinada velocidad. Mientras que las de velocidades distintas son desviadas. A continuación se muestra el modelo esquemático de este dispositivo, extraído de Young & Freedman. (2009).

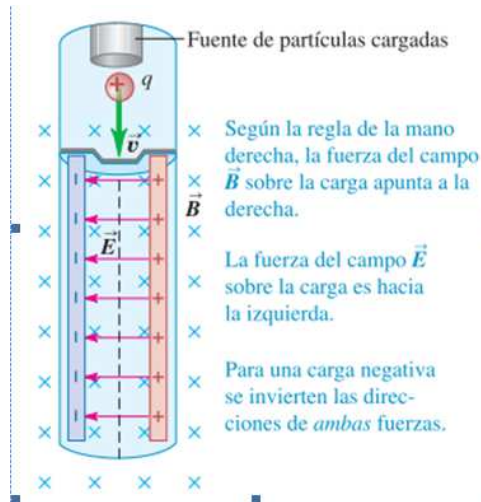


Diagrama esquemático del selector de velocidad

En el análisis precedente se observa que el uso de predicados describe el comportamiento del sistema. Aspecto esencial para analizar sistemas complejos. Además, en el ejemplo señalado, puede observarse que el método de niveles de abstracción opera con los subsuntores E y B.

Conclusiones

El análisis realizado permitió concluir que es posible analizar el comportamiento de un sistema, discreto o analógico, usando los niveles de abstracción y predicados propuestos por Floridi. El uso de estos elementos facilita el análisis del comportamiento de un sistema, en especial cuando es complejo. También se observa que al definir los predicados se está demarcando claramente el contexto, y que esta demarcación favorece el aprendizaje, por cuanto elimina la incertidumbre en el mensaje. Finalmente, tratar un sistema con niveles de abstracción decrecientes está en relación con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, un nivel de abstracción opera como subsuntor de otro de menor nivel, al

incrementar progresivamente el nivel de detalle y especificidad.

Bibliografía

Ausubel, D. (1970). The Use of Ideational Organizers in Science Teaching. *The Science and Mathematics Education Information Analysis Center*.

Floridi, L. (2008). The method of levels of abstractions. *Minds and Machines*, 303-329.

Jakobson R (1975). *Ensayos de Linguística General*. Barcelona: Seix Barral.

Shannon C.E. (1957). A mathematical Theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, pp. 379-423.

Young H. & Freedman R. (2009). *Física universitaria, con Física moderna, Volumen 2*. (12da. ed.) México: Pearson Educación
