

“La enseñanza basada en la modelización a partir de actividades experimentales.”

Culzoni, Cecilia a ; Fissore, Antonela a ; Juanto Susana b , Paruelo Jorge c a Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rafaela b Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional La Plata c Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional Buenos Aires

RESUMEN

La enseñanza basada en la modelización constituye una herramienta que permite que el estudiantado se involucre en las prácticas científicas y resignifique los conocimientos que aborda en su formación en ingeniería. El proceso de modelización incluye varias etapas que suelen representarse como un ciclo que termina cuando se logra un resultado satisfactorio, es decir un modelo útil. Las etapas de este ciclo pueden resumirse en: definición del problema y propósito del modelo a desarrollar, diseño, representación adecuada, puesta a prueba del modelo propuesto y su reformulación mientras sea necesario. Las propuestas didácticas diseñadas para la enseñanza basada en la modelización pueden incluir una o varias etapas del ciclo. En el presente trabajo se aborda el rol de las actividades experimentales en el ciclo de modelización y se proponen formas de integrar algunos de los clásicos trabajos de laboratorio de química y física para la formación del ingeniero, en el proceso de enseñanza de dicho ciclo. Para esto se recuperan experiencias ya realizadas en materias básicas reformulando la propuesta didáctica, de manera de integrarlas en el proceso de enseñanza basado en la modelización, que tiene como objetivo que los estudiantes adquieran las capacidades y habilidades necesarias para modelizar. Estas actividades se apoyan en variados recursos didácticos y abordan, entre otras, la dimensión instrumental del proceso de modelización. Las conclusiones parciales al momento indican que los estudiantes se involucran en el intento de generar, testear y reformular modelos dentro de propuestas didácticas específicamente diseñadas con apoyo del docente.

Palabras claves:

Enseñanza basada en modelización, Actividades Experimentales, Ingeniería.

Abstract

Modeling based teaching is a useful tool to engage students into scientific practices so that they can resignify the knowledge they acquire during their training in engineering. The modeling process is a cycle with different stages that ends when a satisfactory result is achieved, in other words, a useful model. The stages are the following: identifying a problem, defining a goal, designing and selecting an adequate way to represent the model to be developed, testing the model and modifying it if necessary. Didactic activities designed for teaching using modeling may include one or more of those stages. This work addresses the role of experimental activities in the modeling cycle and proposes ways to integrate into this teaching cycle classical and simple didactic activities used in chemistry and physics laboratories for the training in engineering. To such purpose, past experiences carried out in core subjects are reformulated so as to incorporate them to the modeling based teaching process. These activities use different pedagogic resources and address, among other aspects, the instrumental dimension of the modeling process. Partial conclusions show that students feel more engaged in the attempt to generate, test and reformulate models within didactic activities with the help of the educator.

Key Words

Modeling Based Teaching, Experimental Activities, Engineering
e-mail del autor que oficiará de contacto para las comunicaciones

INTRODUCCIÓN

La enseñanza basada en la modelización constituye una herramienta que permite que los estudiantes se involucren en las prácticas científicas y resignifiquen

conocimientos que abordan en su formación en ingeniería [1].

El proceso de modelización incluye varias etapas: definición del problema y propósito del modelo a

desarrollar, diseño, representación adecuada, puesta a prueba del modelo propuesto y su reformulación, mientras sea necesario, hasta encontrar uno que resulte aceptable. Todas estas etapas involucran el desarrollo de competencias en los estudiantes, particularmente competencias genéricas: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, desempeñarse en equipo, comunicarse con efectividad, aprender de forma continua y autónoma [2].

Las propuestas didácticas diseñadas para la enseñanza basada en la modelización pueden incluir una o varias etapas del ciclo del proceso de modelización. En particular, en lo que sigue se aborda el rol de las actividades experimentales en el ciclo de modelización y se proponen formas de integrar algunos de los trabajos de laboratorio de química y física para la formación del ingeniero. Dado que las competencias genéricas sientan las bases para la formación específica, es particularmente importante encontrar estrategias para su desarrollo. La competencia de modelización debe entenderse como conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores epistémicos necesarios para llevar a cabo la tarea de modelizar. Abarca el aprender de los modelos, trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de estos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante y, también, sus limitaciones [3].

Ibrahim Halloum (2006), [4], propone un modelo didáctico para avanzar en la enseñanza de la modelización. Siguiendo esta línea, en el desarrollo de una actividad didáctica de modelización el estudiante aborda una situación empírica, establece un objetivo, ya sea por inquietud propia o porque se le propone en la actividad, busca entre los modelos y teorías conocidas algunos que le permitan dar cuenta de la situación o cuya modificación o combinación lo permita. Para poder llevar a cabo la actividad el estudiante pone en juego convenientes recursos de representación, de razonamiento, evaluativos, de toma de datos y de diseño experimental. Es decir, habilidades, destrezas y herramientas conocidas o que desarrolla en el proceso y que se requieren para la modelización [Justi, 2016]. [1].

En el presente trabajo se expone el rediseño de dos actividades que se enmarcan en la propuesta de Halloum dentro del marco de la enseñanza basada en la modelización y que pone en juego algunas de las habilidades señaladas por Justi y Gilbert.

Con el objetivo de que los estudiantes adquieran las capacidades y habilidades necesarias para modelizar,

se recuperan dos experiencias ya realizadas en materias básicas reformulando la propuesta didáctica. Estas actividades se apoyan en variados recursos didácticos y abordan, entre otras, la dimensión instrumental del proceso de modelización. Las conclusiones parciales, obtenidas en etapas intermedias, previas a completar el rediseño, indican que los estudiantes se involucran en el intento de generar, testear y reformular modelos dentro de propuestas didácticas específicamente diseñadas, con apoyo del docente.

DESARROLLO

Las experiencias que se describen a continuación fueron realizadas con algunas de las modificaciones incluidas en el rediseño, una durante la pandemia como experiencia domiciliaria y la otra en años previos a la pandemia. El rediseño completo está en vista para aplicarse en el curso del año.

1) Experiencia de medición del campo magnético generado por un solenoide dentro de la enseñanza mediante la modelización

La experiencia original propone medir el campo B dentro de un solenoide siguiendo una serie de pasos que se indican y verificando los resultados esperados. Se aplica la experiencia luego de haberse explicado la teoría respectiva, es decir que los estudiantes ya habían visto cómo es el comportamiento del vector campo magnético (B) o Inducción magnética en un solenoide como el que se le presenta.

En la experiencia rediseñada, los estudiantes ya conocen el concepto de B pero desconocen el comportamiento en el solenoide y en particular cómo varía en función de la posición en el mismo y respecto de la intensidad de corriente que circula por el cable.

Previo al desarrollo de la actividad los estudiantes se entrenan en el uso de los instrumentos de medición y del software a emplear.

Con estas condiciones, se presenta a los estudiantes de ingeniería que cursan Física II el material y el objetivo que se persigue que se señala en los puntos 1 y 2 a continuación. Estos puntos se presentan secuencialmente, primero desarrollan el 1, separados en grupos, y a continuación el 2.

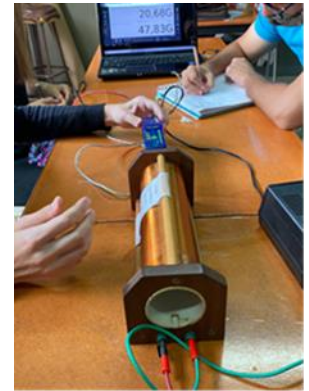
1. Se propone a los estudiantes que intenten ver como varía el campo B con respecto a las distintas posiciones dentro del solenoide (por ejemplo usando dispositivos de figuras 1 y 2). En esta parte de la actividad se busca que los estudiantes encuentren un modelo matemático

de B respecto de la posición dentro del solenoide (figura 4). Según las condiciones de cada grupo de trabajo el docente puede avanzar con sugerencias, pero dejando que sean los estudiantes quienes elaboren la forma de determinar los pasos necesarios para llegar al objetivo. Se pueden recuperar las herramientas de medición y software que permitan determinar gráficos a partir de las mediciones realizadas. Es importante no adelantar información antes de que los estudiantes se hayan problematizado, es decir hayan logrado que el problema planteado se transforme en su propio problema.

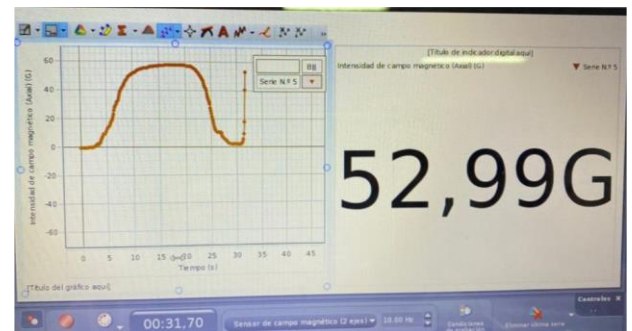
2. Una vez trabajado el punto anterior se les propone que determinen cómo cambia B respecto de la corriente. Es decir, se les pide que modelen matemáticamente B respecto de I.

Más adelante, una vez desarrolladas las actividades propuestas, se les presentan las siguientes preguntas, para trabajar en grupos:

- a) (Luego de la primera parte de la actividad) ¿Qué pueden decir de la intensidad del campo B a lo largo del solenoide? ¿Qué piensan que ocurre en los extremos? Imaginen un experimento mental suponiendo que el solenoide es mucho más largo que el que tienen en el laboratorio y justifiquen el comportamiento de B en su interior en base a lo visto en solenoides más cortos.
- b) (Luego de realizar la segunda parte de la actividad) Intente describir como es la relación entre B y la intensidad de corriente y trate de analizar cómo varía B fuera del solenoide, cerca del punto medio del mismo y en los extremos.
- c) Volviendo al experimento mental del solenoide muy largo y de radio pequeño, ¿Cómo sería B dentro y fuera del solenoide?



FIGURAS 1 Y 2: MEDICIÓN DE B CON SENSOR DE CAMPO



MAGNÉTICO CONECTADO A LA PC UTILIZANDO SOFTWARE CAPSTONE PARA GRAFICAR

FIG 4: GRÁFICA DE B EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN INGRESANDO AL SOLENOIDE DESDE UN EXTREMO Y DESDE EL OTRO EXTREMO CON DIFERENTES VALORES DE INTENSIDAD DE CORRIENTE.

Los distintos grupos pueden realizar los diseños experimentales de diferentes maneras. Típicamente hay dos intentos: el más básico es medir el campo magnético en distintos puntos dentro del solenoide, volcar esto en un gráfico y conjeturar la constancia del mismo en tanto no se esté cerca de los bordes; otra variante es desplazar el sensor con MRU dentro del solenoide y registrar, mediante software convenientes (Capstone por ej.), los datos en un gráfico de B respecto del tiempo para luego trazar el de B respecto de la posición (basta multiplicar por una constante). De este modo llegan a la constancia de B en tanto no se esté cerca de los extremos.

La segunda parte de la actividad los estudiantes la trabajan con menor dificultad. Así pudo comprobarse en las experiencias previas, donde el diseño experimental les resultaba más sencillo ya que bastaba

con colocar el sensor en puntos del interior del solenoide (ahora cuidando de no estar cerca de los extremos por los resultados obtenidos en la primera parte) y graficar el valor en función de la corriente que circulaba por el alambre.

Las preguntas propuestas luego de la parte experimental, tienden a generar el concepto de solenoide ideal y analizar cómo sería el comportamiento de B en él. El cierre de discusión conjunta sobre las actividades 1 y 2 y las preguntas apuntan a una puesta en común.

.....

2) Reconstrucción de un objeto modelo: la Pila de Volta

Rediseño de actividad realizada durante la pandemia con materiales caseros. (Ing Mecánica, 2do año, materia Química Aplicada,)

La experiencia original fue desarrollada en el contexto de pandemia. Los estudiantes realizaron los experimentos en su hogar, con los materiales disponibles en el mismo, documentándolo con fotos y filmaciones, y luego compartieron sus resultados y los discutieron en forma virtual en pequeños grupos de trabajo. Finalmente se hizo una puesta en común en la clase por zoom.

Se presenta el rediseño.

Pila de Volta

Antes de la actividad los alumnos han adquirido experiencia con voltímetros y manejan los conceptos de diferencia de potencial e intensidad de corriente. Aquí es conveniente discutir con los estudiantes el principio de funcionamiento de un Voltímetro: simplemente se aplica la Ley de Ohm, $\Delta V = I \cdot R$, la diferencia de potencial se mide como el producto de la corriente que circula por la resistencia. La resistencia del voltímetro es necesariamente grande, para amplificar aún pequeñas señales de corriente. De esta forma se introduce la idea de que es necesaria la circulación de corriente para poder medir una diferencia de potencial.

Se comienza comentando la experiencia de Galvani, presentada en un breve texto: “La primera persona que concibió la idea de que la electricidad estaba involucrada de alguna forma con la vida fue un doctor italiano, Luigi Galvani. Empezó siendo un anatomista y luego catedrático en la Academia de las Ciencias de Boloña. Fue ahí, mientras estaba haciendo unas disecciones en animales, que Galvani notó algo raro. Estaba trabajando con ranas muertas sobre una placa de metal. Cuando tocó con su bisturí [...] un largo nervio

en la pata de la rana, ésta saltó, como si hubiera revivido”. [5].

Galvani lo atribuyó a alguna clase de “propiedad” de la rana.

Durante la pandemia, los estudiantes trabajaron en su hogar, tratando de identificar las variables que Volta consideró para desarrollar su pila, a partir de las ideas de Galvani. [6].

Para lo cual recolectaron en sus hogares diferentes elementos metálicos (tornillos, monedas, clips, trocitos de caños de cortina y hasta de ánodos de termotanque), Fig.6.

Como primera aproximación, midieron la diferencia de potencial entre diversos metales y en todos los casos se obtiene el valor de cero Voltios.

Trabajando con un par de electrodos (objetos metálicos) de cobre y zinc (pila de Volta), los estudiantes intercalaron una tela de algodón (tipo “Ballerina”) entre ambos, humedecida con agua con sal (simulando la rana) y otros usaron limones como medio electrolítico (Fig. 7 y 8) En todos los casos se pudo obtener una diferencia de potencial cercana a 1 V, poniendo en evidencia la necesidad de un medio iónico conductor (el electrolito), y aquí se discute la necesidad de la conducción iónica para cerrar el circuito, y permitir el pasaje de corriente.

Se observa el ataque (disolución) del electrodo de cinc. Recordemos que en la pila de Volta el cobre se reduce y el cinc se oxida, proporcionando así los electrones que fluyen como corriente al armar un circuito serie y encender un led (Fig.9).

Algunos estudiantes disponían de magnesio en lugar de cinc, dando oportunidad de discutir la tabla de potenciales de reducción.

En clase presencial con la experiencia rediseñada, se comenta la experiencia de Galvani y a continuación se provee a los estudiantes (en grupos) de diferentes discos metálicos (algunos de distinto material y otros del mismo) y varias soluciones (algunas iónicas y otras no) en las que pueden embeber tela de algodón, que también se les entrega.

El docente presenta un diseño experimental en el cual se coloca la tela embebida entre dos metales. El presentador posee dos diseños de este tipo en los que procede a medir la diferencia de potencial entre los metales, dando como resultado que en uno se detecta y en el otro, no. Es importante en la presentación que los estudiantes no sepan cuál es la sustancia en la que está embebida la tela de algodón ni tampoco si los metales son o no del mismo tipo. La actividad ahora pasa a manos de los estudiantes que deben responder la pregunta de qué condiciones deben darse en dispositivos de este tipo para que se produzca una diferencia de potencial entre los metales.

El objetivo de la experiencia es que los estudiantes lleguen a formular el modelo básico de la pila de Volta. Una vez que se llega al modelo se recupera la experiencia de Galvani para que sea revisada a partir del modelo y se pide a los estudiantes que traten de explicar qué pudo haber ocurrido con la rana.

La experiencia puede ampliarse para acceder a nuevas conjeturas como la forma de obtener mayor diferencia de potencial o mayor intensidad de corriente mediante pilas elementales. En las aplicaciones previas algunos estudiantes avanzaron en esto intentando reproducir la pila de Volta, pero colocando los discos con el eje en forma horizontal, y no lograban formar un circuito en serie. Así reconocieron la importancia de un buen contacto entre materiales, y la justificación del apilamiento vertical.

Como la experiencia se hace desde la clase de química se vuelca la reflexión hacia el comportamiento de las soluciones electrolíticas.



Fig.6 Materiales necesarios

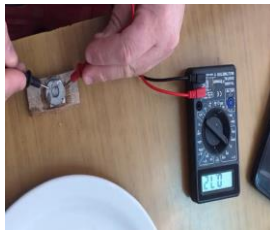


Fig.7 Midiendo la diferencia de potencial



Fig.8 Empleando limón como electrolito



Fig.9. Circuito serie con led.

UN BREVE ANÁLISIS

Las dos actividades cuyo diseño se presentó más arriba mantienen algunos elementos comunes.

El primer elemento en común es que los recursos y técnicas experimentales utilizadas coinciden con los de experiencias tradicionales: se utilizan los mismos recursos de recolección de datos, software de procesamiento y materiales. Los docentes requieren alguna capacitación, pero no compleja y que puede llevarse a cabo en una o dos reuniones.

Pero hay otros elementos más útiles que permiten pensar en un formato de reformulación de experiencias tradicionales que se desarrollan sobre la base de la enseñanza basada en la modelización. Hay una estructura común.

En primer lugar, cabe señalar que en ambas experiencias se busca que los alumnos establezcan modelos. En el caso del campo magnético, que puedan establecer modelos matemáticos del comportamiento del campo respecto de la posición y la corriente y luego que puedan llegar a un modelo de solenoide ideal infinito conjeturando su comportamiento. En el caso de la pila, se busca que los estudiantes establezcan el modelo básico de la pila. Una de las características de los modelos que se busca que los estudiantes generen es que son modelos ya conocidos por la ciencia que pueden surgir de modificación de modelos ya conocidos por los estudiantes o por abstracción de bajo rango entre lo experimental y el modelo, como es el caso del modelo básico de la pila.

Modelizar objetos, fenómenos, situaciones o aspectos del mundo requiere seleccionar o crear conceptos, caracterizar variables, establecer cuáles son directamente detectables y de qué manera, entre otras cosas. En las actividades mencionadas los estudiantes no tienen que llevar a cabo estos pasos, que suelen ser los más complejos de la modelización, sino que tienen disponibles los conceptos necesarios: campo, posición, intensidad, solenoide, tiempo en la primera actividad; tipo de metal, solución electrolítica, diferencia de potencial, intensidad en la segunda. También tienen caracterizadas las variables y constantes específicas y cómo detectarlas. El trabajo de los estudiantes consiste

en relacionar convenientemente los conceptos y establecer los valores relevantes de las variables para que el modelo se pueda aplicar. Es accesible para estudiantes que aún están recorriendo sus primeros pasos formativos en la universidad y en la modelización en particular.

Un último elemento a tener en cuenta, ahora no en común, es que del mismo tipo de actividad puede luego derivarse el análisis hacia otra disciplina de interés. En el caso de la pila, actividad desarrollada desde química, se deriva la atención hacia las soluciones electrolíticas y aplicaciones relacionadas como la prevención de corrosión, pero puede derivarse hacia circuitos lo que lleva a un problema de la física. En el caso del campo, el objeto central era el modelo físico expresado en lenguaje matemático pero el análisis puede derivarse hacia los recursos de representación matemática.

Para resumir, las actividades rediseñadas son propuestas de un tipo de actividad en las que los estudiantes deben avanzar en el desarrollo de modelos a partir de conceptos y variables conocidas y en algunos casos de modelos conocidos previamente.

CONCLUSIONES

La metodología detrás de esta propuesta está más cercana a la idea de 'enseñanza basada en modelización' que la de 'enseñanza basada en modelos', aunque se busque llegar a modelos ya desarrollados. Esta metodología requiere iniciativa y procesos de búsqueda por parte del estudiante y una tarea de orientador que no da directivas de pasos a seguir o propuestas de solución, por parte del docente.

El estudiante debe participar activamente, buscar información, aportar ideas, tomar decisiones, etc. De ahí que se aprecie una creciente convergencia entre estos enfoques y los de indagación. (Couso, 2014; Martínez Chico, López-Gay y Jiménez Liso, 2015; Domenech Casal, 2015) [7, 8 y 9].

A partir de las implementaciones parciales, hay indicios de un mayor interés de los estudiantes por los desafíos creativos involucrados tanto en el desarrollo del diseño experimental (que se llegó a hacer) como en el de la propuesta de modelos (que no se llegó a implementar por completo y está en vías de desarrollarse). El lenguaje en que se formulan las actividades sorprende un poco a los estudiantes, que vienen acostumbrados a los imperativos "Arme este diseño, mida tal magnitud, verifique tal ley", pero resulta atractivo por los términos de desafío en los que se plantea. Un detalle

importante en la presentación de las actividades es siempre dejar abierta la forma de resolución del problema, aunque acotando convenientemente conceptos y variables a utilizar y encauzando con sugerencias la recuperación de ciertas teorías que pueden resultar útiles.

Un último punto, no señalado en el diseño de actividades presentado antes pero que se busca incorporar en las actividades, es la discusión metacognitiva sobre lo realizado que quedaría plasmada en la puesta en común final. Allí se discuten las características del proceso de modelización y en qué parte eso se puso en juego al desarrollar la actividad (Fig.10).

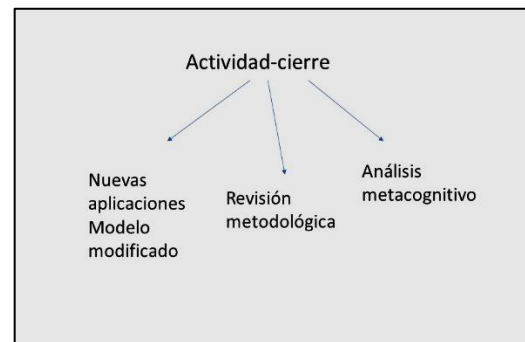


Fig.10. Mejoras sucesivas en la etapa de cierre de la actividad..

REFERENCIAS

- [1].JUSTI R. (2006). *La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos*, Enseñanza de las ciencias, 24, 173-184.
- [2].CONFEDI (2014). Competencias en Ingeniería. Recuperado de https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/Cuadernillo-de-Competencias-del-CONFEDI.pdf
- [3].Oliva,J. *Distintas acepciones para la idea de modelización en enseñanza de las Ciencias*. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 37-2 (2019),
- [4].Halloum, I.(2006) *Modeling Theory in Science Education* ...Springer. Berlin
- [5] Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/02/160201_descubrimiento_electricidad_cuerpos_finde_dv
- [6].Juanto,S.;Prado,G.; Mardones,L.(2021)

Dualidad enseñanza virtual-enseñanza presencial en Química. Memorias CIITA, pg112-126,, en www.memoriascinted.com

[7] Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *26EDCE. Investigación y Transferencia Para Una Educación En Ciencias: Un Reto Emocionante*, 1–28m

[8]. Martínez Chico, López-Gay y Jiménez Liso, (2015). *Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación* . Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias , ISSN-e 1697-011X, Vol. 12, N°. 1, 2015 , págs. 149-166

[9] Domènech Casal, J. *Eppur si muove: una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra* , Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias [12\(2\)](#), [Abril de 2015](#)